

Revista **GEOGRÁFICA VENEZOLANA**

/ISSNe 2244-8853

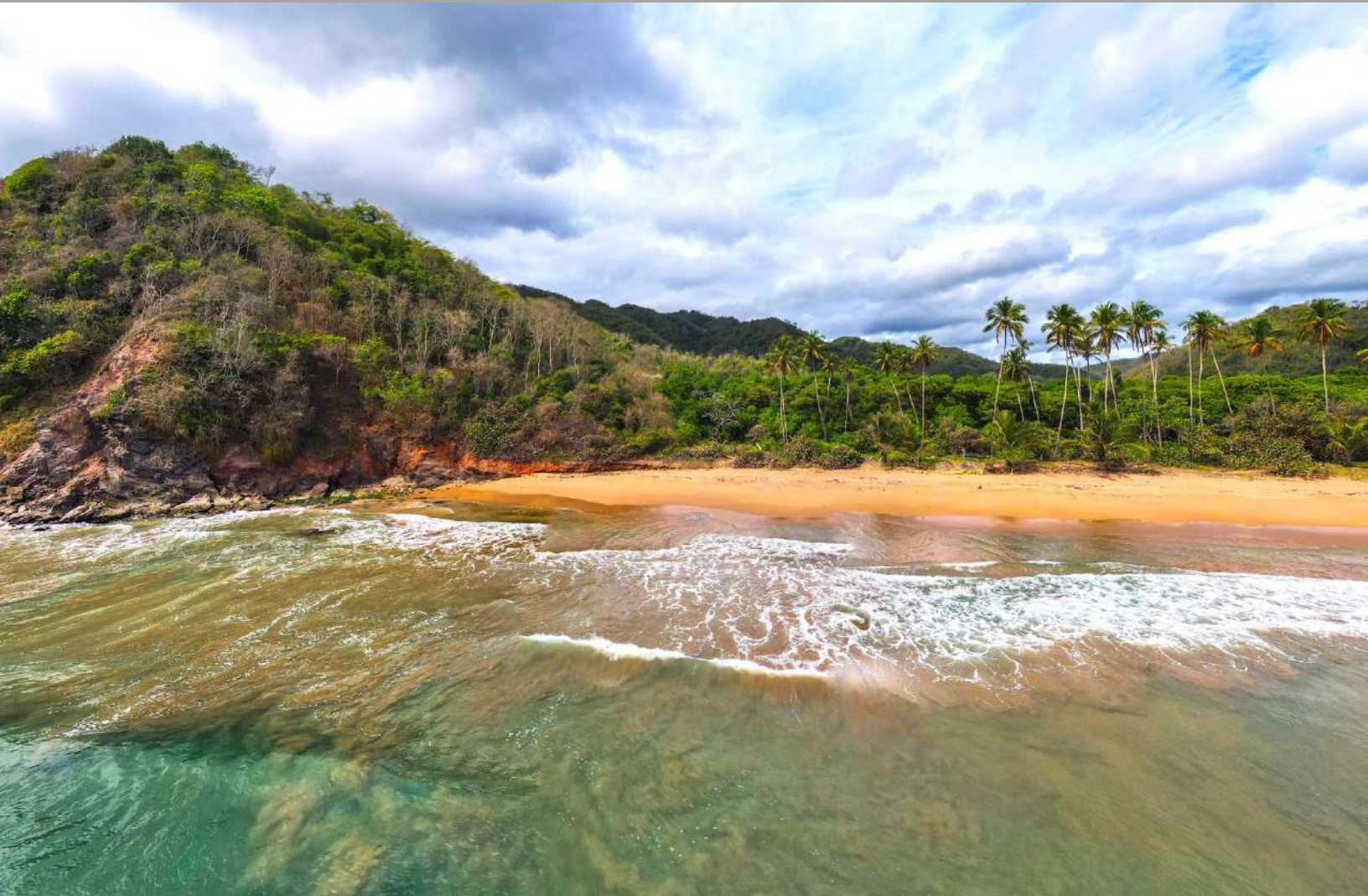
<https://doi.org/10.53766/RGV>



Volumen

67(1) 2026

enero-junio



**INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES
'ANTONIO LUIS CÁRDENAS COLMENTER'**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

MÉRIDA, VENEZUELA

AUTORIDADES

RECTOR

Mario Bonucci Rossini

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

Manuel Aranguren

VICERRECTORA ACADÉMICA

Patricia Rosenzweig

SECRETARIO

Manuel Morocoima (E)

DECANO FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Julio Quintero (E)

DIRECTOR INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Josué H. Araque Méndez

DIRECTORA ESCUELA DE GEOGRAFÍA

Angely Nathaly Molina Peña

EDITORA RESPONSABLE

Delfina Trinca Figuera (ULA-Ve)

EDITOR ASOCIADO

Enrique Gómez Acosta (ULA-Ve)

SECRETARIA EDITORIAL

Consuelo Vargas

IMAGEN DE PORTADA: Playa Chaguarama de Loero,
península de Paria, municipio Arismendi, estado Sucre.
Región Nororiental
Autor: Henry L. Ramírez R.

COMITÉ EDITORIAL

André-Louis Sanguin (Sorbona-Fr)

Andrés Rojas Salazar (ULA-Ve)

Blanca Ramírez Velázquez (UAM-Mx)

Daniel Hiernaux-Nicolas (UAQ-Mx)

Gustavo Buzai (UNLU-Ar)

Horacio Capel (UniB-Es)

Jhon W. Montoya (UNAL-Co)

Joaquín Farinós Dasi (UV-Es)

José Rojas López (ULA-Ve)

Lorenzo López Trigal (Unileon-Es)

Luis Felipe Cabrales Barajas (UDG-Mx)

María Laura Silveira (UBA-Ar)

María Adélia de Souza (USP-Br)

Mónica Colombara (ISFD41/DGCyE-Ar)

Nubis Pulido (ULA-Ve)

Raúl Estévez (ULA-VE)

Rogelio Altez (UCV-Ve)

MIEMBROS HONORARIOS

Luis Aguilar (ULA-Ve)

Ceres Boada Jiménez (ULA-Ve)

María Teresa Delgado de Bravo (ULA-Ve)

Rosa Estaba (UCV-Ve)

Irma Guillén (ULA-Ve)

Orlando Gutiérrez (ULA-Ve)

Carmen Rivero (UCV-Ve)

Elías Méndez (ULA-Ve)

Luisa Molina (ULA-Ve)

Carlos Muñoz (ULA-Ve)

Rosa Ramírez (ULA-Ve)

Jóvito Valbuena (ULA-Ve)

Todos los derechos reservados. El contenido de esta revista está protegido por la Ley. No puede ser reproducida, ni registrada o transmitida por cualquier medio de recuperación de información sin el permiso previo, por escrito, de los editores. © 2026. Universidad de Los Andes. <https://doi.org/10.53766/RGV>. ISSNp 1012-1617. Depósito legal [p] pp 195902ME658. ISSN e 2244-8853. Depósito legal [e] ppi 2012ME4104. La Revista Geográfica Venezolana, posee acreditación del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes. Universidad de Los Andes, Venezuela (CDCHTA-ULA). Este número ha sido publicado gracias al apoyo de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Todos los documentos publicados en esta revista se distribuyen bajo una Licencia Creative Commons Atribucion-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Todo el proceso editorial (envío, procesamiento y publicación) es gratuito.

Descripción. La *Revista Geográfica Venezolana* es el órgano divulgativo del Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. Publica investigaciones en todos los campos de la Geografía y ciencias afines, bajo la modalidad de artículos. En la sección de Notas y Documentos se presentan resultados parciales de investigaciones, informes técnicos, revisiones históricas, reflexiones y propuestas teóricas metodológicas de interés científico. Igualmente, en la sección Bibliografía Crítica, se ofrecen reseñas de obras consideradas de interés para los lectores. Todos los artículos (y documentos que así lo requieran) se someten a arbitraje bajo el sistema doble ciego y verificación por plagio. Las opiniones son responsabilidad de los autores. Esta revista está dirigida a profesionales (investigadores y docentes) del campo de la geografía y ciencias relacionadas. Se rige por los principios establecidos por la COPE.

Ventas Venta directa de cada número: desde el volumen VIII hasta el 55(1): 2.165,00 Bs.; desde el volumen 55(2) versión digital (CD Rom): 2.500,00 Bs.

Envío de trabajos. Información acerca de cómo elaborar artículos se ofrece en las páginas finales de cada número en el punto 'Instrucciones a los Autores'. También en: www.saber.ula.ve/regeoven. Los trabajos deberán ser enviados por correo electrónico a: regeoven@gmail.com. Contacto con Secretaría: E-mail: regeoven@ula.ve Teléfono: + 58 274 2401612.

Indización. La *Revista Geográfica Venezolana* está indizada en: Abstracts Journal (Referativnyi Zhurnal-Rusia), Academic OneFile, Dialnet; Emerging Sources Citation Index (ESCI); Geobase, Geodate Base, Geographical Abstracts (Human Geography and Physical Geography), Informe Académico, International Development Abstracts, Latindex-Catálogo V1.0, MIAR (Matriz de Información y Análisis de Revista), Periódica (UNAM, México), Redalyc, Revencyt (código RVR 005), Revistas Saber ULA, SCImago Journal Rank (Indicador de impacto de publicaciones periódicas), homologada en Publindex (Colombia), Scopus y WoS.

2026. VOLUMEN 67. DOS NÚMEROS POR AÑO

2026. VOLUME 67. DUAS EDIÇÕES POR ANO

2026. VOLUME 67. NUMBER OF ISSUES PER YEAR 2

<https://doi.org/10.53766/RGV>

www.saber.ula.ve/regeoven

Scope. The *Revista Geográfica Venezolana* is the official journal of the Institute of Geography and Natural Resources Conservation. The journal publishes high quality original research on all aspects of the geographical science and related fields. The topics covered include papers, notes or short communications and books review. All contributions are sent to at least two referees (peer review) and plagiarism check. The opinions are responsibility of the authors. Intended readership: Researchers and scientist in geography and related fields. Follow the principles established by COPE

Prices. Local prices: until volume 55(1): 2.165,00 Bs.; per issue until volume 55(2) CD Rom: 2.500,00 Bs.

Written submission. Information about written submission is available at each issue of the journal in Instructions to the Authors. All papers must be sent by email to: regeoven@gmail.com. Secretariat's contacts: E-mail: regeoven@ula.ve. Phone: + 58 274 2401612.

Indexation. The journal is abstracted and indexed in: Abstracts Journal (Referativnyi Zhurnal-Rusia), Academic OneFile, Dialnet; Emerging Sources Citation Index (ESCI); Geobase, Geodate Base, Geographical Abstracts (Human Geography and Physical Geography), Informe Académico, International Development Abstracts, Latindex-Catálogo V1.0, MIAR (Matriz de Información y Análisis de Revista), Periódica (UNAM, México), Redalyc, Revencyt (código RVR 005), Revistas Saber ULA, SCImago Journal Rank homologate in Publindex (Colombia), Scopus and WoS.

ARTÍCULOS *ARTIGOS / PAPERS*

-
- 12-35 **José Luis Sánchez-Cortez, Norma López-Castañeda, Kathleen Vélez-Macías y Bernardo Ortega-Díaz**
Diversidad de las morfologías kársticas del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta a microescala espacial, México
Diversidade de morfologias cársticas do Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta em escala microespacial, México
Diversity of karst morphologies in the UNESCO Mixteca Alta World Geopark at the microscale, México
-
- 36-51 **Bruno Ramos Mardini, Edgard Gutiérrez Salinas, Madeleine Guillén Gómez, Mauro Valdivia Bustamante y Armando Minaya Lizarraga**
Evaluación de riesgos geológicos al suroeste del volcán Misti, distrito Alto Selva Alegre, Arequipa, Perú
Avaliação de riscos geológicos a sudoeste do vulcão Misti, distrito de Alto Selva Alegre, Arequipa, Peru
Geological risk assessment Southwest of the Misti Volcano, Alto Selva Alegre District, Arequipa, Peru
-
- 52-66 **José Gerardo Cedeño Zambrano, Vladimir Aguilar Castro, Holanda Teresa Vivas Saltos y José Randy Cedeño Zambrano**
Políticas públicas locales de conservación ambiental, cordillera del Bálamo, cantón Sucre, provincia de Manabí, Ecuador
Políticas públicas locais de conservação ambiental, cordilheira do Balsamo, cantão Sucre, província de Manabí, Equador
Local public policies for environmental conservation, Bálamo mountain range, Sucre Canton, Manabí Province, Ecuador
-
- 67-82 **Antonella Baldeón, Wilmer Lozada, Jorge Manrique, Clifford Peña, Zarack Chacón y Fernando Méndez**
Servicios ecosistémicos del suelo en microcuencas alto-andinas de Mérida, Venezuela, mediante SIG: indicadores de una agricultura sostenible
Serviços ecossistêmicos do solo em microbacias das terras altas andinas de Mérida, Venezuela, por meio de SIG: indicadores para uma agricultura sustentável
Soil ecosystem services in high-Andean micro-watersheds of Mérida, Venezuela, using GIS: indicators for sustainable agriculture
-
- 83-98 **Maria Fernanda Garzón Félix, Blanca Enith Mendoza Mendoza, Consuelo Maribel Mejía Ramos y Simón David Sabando Loo**
Gestión y salvaguarda del patrimonio cultural inmaterial en Manabí, Ecuador: aplicación de indicadores UNESCO
Gestão e salvaguarda do patrimônio cultural imaterial em Manabí Equador: aplicação de indicadores da UNESCO
Management and safeguarding of intangible cultural heritage in Manabí, Ecuador: application of UNESCO indicators
-
- 99-113 **Brenda Pacheco Navarro, Rosa Cecilia González-Ríos y Ángel Arones-Cisneros**
Turismo de naturaleza y cultural: un análisis desde sus potencialidades, atractivos y oportunidades en Occochaca, Perú
Turismo de natureza e cultural: uma análise de seu potencial, atrações e oportunidades em Occochaca, Peru
Nature and cultural tourism: an analysis of its potential, attractions and opportunities in Occochaca, Peru
-
- 114-132 **Franklin Nuñez Ravelo y Rossany Calderón Castellanos**
Cuantificación del carbono azul en el manglar emplazado en la laguna de Tacarigua, estado Miranda, Venezuela
Quantificação do carbono azul na floresta de mangue localizado na lagoa Tacarigua, estado de Miranda, Venezuela
Quantification of blue carbon in the mangrove forest located in the Tacarigua lagoon, Miranda State, Venezuela
-
- 133-146 **Boris Orellana Alvear, Natalia Pacurucu-Cacerés y Fernando Pauta Calle**
Gentrificación: Desarrollo de un modelo predictivo aplicado en ciudades intermedias de Ecuador
Gentrificação: Desenvolvimento de um modelo preditivo aplicado em cidades intermediárias do Equador
Gentrification: Development of a predictive model applied to medium-sized cities in Ecuador
-

EDITORIAL

147-161 **Edgard Gutiérrez Salinas, Madeleine Guillén Gómez, Mauro Valdivia Bustamante, Armando Minaya Lizarraga y Gustavo Baptista**
Evaluación de la contaminación por drenaje ácido en la Cuesta de Hornillos, Yarabamba, Arequipa, Perú
Avaliação da contaminação por drenagem ácida na Cuesta de Hornillos, Arequipa, Perú
Assessment of acid drainage pollution in Cuesta de Hornillos, Yarabamba, Arequipa, Peru

162-179 **Jorge Ariel Franco-López, Juan Camilo Patiño-Vanegas y Jhoany Alejandro Valencia-Arias**
Potencial y grado de interés para obtener la denominación de origen protegida en dos subregiones productoras de lácteos em Antioquia, Colombia, como estrategia de competitividad
Potencial e grau de interesse em obter a denominação de origem protegida em duas subregiões produtoras de laticínios em Antioquia, Colômbia, como estratégia de competitividade
Potential and degree of interest in obtaining the protected designation of origin in two dairy-producing subregions in Antioquia, Colombia, as a competitiveness strategy

180-192 **Marina Fátima Vilela, Ivo Augusto Magalhães, Ana Clara Alves de Melo, Giovana Maranhão Bettiol, Lidiamar Barbosa de Albuquerque y Edson Eyji Sano**
Análise do Índice da Qualidade da Paisagem do Médio rio Cristalino, município de Cocalinho, Mato Grosso, Brasil
Análisis del Índice de Calidad del Paisaje del río Medio Cristalino, municipio de Cocalinho, Mato Grosso, Brasil
Analysis of the Landscape Quality Index of the Middle Cristalino River, Municipality of Cocalinho, Mato Grosso, Brazil

193-207 **Natalia Pacurucu-Cáceres, Lorena Vivanco Cruz, Villie Morocho, Rosario Achig, Verónica Viloria y Mónica González**
Criterios para localización de infraestructuras de telesalud/telemedicina, utilizando datos geoespaciales, Ecuador
Crítérios para localização de infraestruturas de telessaúde/telemedicina, utilizando dados geoespaciais, Equador
Criteria for locating telehealth/telemedicine infrastructure, using geospatial data, Ecuador

208-230 **Wendy Stefania Zambrano Loor, Rafael Cartay, Juan Carlos Ordoñez Piedra y Gary Eduardo Loor Escobar**
Viaje al interior del Viche, un plato icónico de Manabí, Ecuador
Viagem ao interior do Viche, um prato icônico de Manabí, Equador
Journey into the heart of Viche, an iconic dish from Manabí, Ecuador

NOTAS y DOCUMENTOS *NOTAS e DOCUMENTOS / NOTES and DOCUMENTS*

233-239 **Luis Eduardo Cortés Riera**
El semiárido larense venezolano como caja de resonancia cultural
O semiárido larense venezuelano como caixa de ressonância cultural
The Venezuelan semi-arid region of Lara as a cultural sounding board

BIBLIOGRAFÍA CRÍTICA *REVISÃO BIBLIOGRÁFICA / BOOKS REVIEW*

242-244 **Maria Andreina Salas-Bourgoin**
Miradas cruzadas sobre términos de Ordenamiento Territorial para Iberoamérica
Olhares cruzados sobre termos de Ordenamento do Território para Iberoamérica
Cross-cutting views on land-use planning terms for Iber-America

EDITORIAL



Geografía vs. Tecnología ¿Tema de nuestro tiempo?

Geografia vs. Tecnologia: Tema de nosso tempo?

Geography vs. Technology: Issue of our time?

Delfina Trinca Figuera Editora responsable <https://orcid.org/0000-0001-7878-3840>

Quien iba a decir que ya entrados en el siglo XXI, tan solo con nombrar la palabra Inteligencia Artificial (IA, como mejor se le conoce), todos saben de lo que se está hablando. Pero, si echamos un vistazo hacia atrás, nos percatamos de que hace escasamente 70 años que se menciona por primera vez a la IA. Esta denominación se presenta formalmente en la Conferencia "Proyecto de Investigación de Verano de Dartmouth sobre Inteligencia Artificial" en 1956, siendo sus autores McCarthy, Minsky y Shannon. Por tal razón, hay que mirar hacia el pasado para encontrar sus orígenes. Uno de sus principales precursores fue el matemático Alan Turing, quien ya en los años 50 del pasado siglo veinte, señalaba que si una máquina tiene un comportamiento inteligente en todos los aspectos, entonces es inteligente.

Los avances tecnológicos de la historia del presente han dado un salto cualitativo si se comparan con otros momentos de la historia de la humanidad. Pero el impacto de la tecnología de nuestro tiempo ha sido tal que todos, unos más otros menos, sentimos que todo está siendo alterado tan rápidamente que no estamos en capacidad de seguirle el ritmo. Estamos en el tiempo de la instantaneidad. No en balde, el internet se centra en la comunicación y el intercambio de información en tiempo real, pero la IA lo hace en la automatización y en la toma de decisiones. La IA está transformando nuestra forma de interactuar con la tecnología.

Hace unos cuantos miles de años, la forma básica de comunicación se centraba en la oralidad; el conocimiento y el andamiaje cultural se cimentaban y transmitían a través de la memoria de los individuos, es decir este mundo 'oral' es anterior a cualquier otra manifestación y distinción entre la escritura y la oralidad. En opinión de Vallejo (2023), la escritura, al igual que la informática, en sus inicios fue solo accesible a unos pocos; pero de manera progresiva, muy lentamente, esta técnica basada en el uso de signos, lo que no es más que un sistema de representación gráfica del lenguaje, se extiende por todo el mundo social. Así, mientras las computadoras y el Internet transitan esta senda histórica en tan solo pocas décadas, la escritura necesitó miles de años para hacerlo. El alfabeto simplificó la forma de transmitir la información, con lo cual se democratiza el conocimiento, relegando a un segundo plano a los escribas. Los libros se convierten en vehículos de expresión individual, pero sobre todo en recipientes que recogen tradiciones, valores sociales que no se dejan solo a los eruditos oradores; ahora ya no reposan en las fragilidades de la memoria.

Si la tecnología que representó -y representa- el alfabeto nos ayudó a expandir nuestra memoria, hoy día nadie es capaz de negar que el conocimiento disponible se ha disparado de manera exponencial, pero también que este se almacena 'fuera' de nuestra memoria. Ante esta avalancha indetenible, Vallejo (2023: 125, 126) se pregunta, con justa razón; *"¿Dónde queda el saber? ¿Somos en el fondo más ignorantes que nuestros memoriosos antepasados de los viejos tiempos de la oralidad?"* El alfabeto permite construir una memoria común, expandida y al alcance de todos, pero los libros nos abren las puertas a todo el conocimiento. Borges dijo: *"de los diversos instrumentos del hombre, el más asombroso es sin duda el libro. Los demás son extensiones de su cuerpo. El*

microscopio y el telescopio son extensiones de su vista; el teléfono es extensión de la voz; [...]. Pero el libro es otra cosa: el libro es una extensión de la memoria".

Si como hemos visto, las tecnologías asociadas con la escritura, facilitaron cambiar de manera irreversible las herramientas y procedimientos para transmitir el conocimiento, necesitando sin embargo, miles de años para imponerse, hoy día, las innovaciones tecnológicas no requieren sino un poco más de cinco a siete años para instalarse -y cada vez menos-, pero nuestro 'ajuste' a ellas está rezagado con relación a los tiempos iniciales que necesitó la escritura: va a demorar entre diez y quince años. Es alucinante la velocidad con la que se incorporan nuevas creaciones tecnológicas a nuestro cotidiano: cuando recién empezamos a asimilar lo 'nuevo', ya otra(s) se ha(n) instalado o están por hacerlo. Nuestras estructuras sociales, incluyendo las personales, no están en condiciones de seguirle el ritmo a la velocidad del cambio (Friedman, 2018).

Yann LeCun, conocido como uno de los tres padrinos de la IA, señaló en una entrevista reciente (2025), que no le interesa mucho los grandes modelos lingüísticos (ML) como los que impulsan los *chatbots*; opina que se están mejorando mucho aspectos menores, utilizando más datos y capacidad de procesamiento: los retos se centran en ayudar a las máquinas a comprender el mundo físico; dándoles una memoria que perdure; enseñándolas a razonar y a planificar; los ML son limitados para entender el mundo real, y piensa que los 'modelos del mundo', creados a partir de arquitecturas predictivas de incrustación conjunta (JEPA, siglas en inglés), aprenden ideas abstractas sobre el mundo (como imágenes o videos), y hacen predicciones en ese espacio abstracto. Los métodos actuales de razonamiento (ML) generan muchas secuencias de palabras y seleccionan la mejor. En su opinión esto es ineficiente y así no es como pensamos los seres humanos.

LeCun predice que entre 3 y 5 años, los modelos JEPA van a progresar a pequeña escala, pero luego lo harán hasta alcanzar la IA avanzada (AMI, siglas en inglés). Esto quiere decir que vamos a toparnos con máquinas capaces de razonar y planificar utilizando modelos abstractos del mundo, no solo palabras. Así es como piensan los seres humanos y los animales, sin depender del lenguaje. Vislumbra la IA como una herramienta para colaborar con los humanos no para reemplazarlos. Para quien suscribe este editorial, esta será la discusión del futuro, o ¿será que ya lo es?

Ante todo lo señalado cabe preguntarse ¿Cómo está impactando a la GEOGRAFÍA la realidad del momento actual? ¿Qué hacemos con el cuándo sin el dónde? La instantaneidad, en tanto que rasgo tipificador de la historia del presente, trasmite la ilusoria idea de que lo importante es el tiempo y no los lugares donde se desarrolla la vida.

Vale recordar que las innovaciones tecnológicas afectan a los lugares de manera desigual, por cuanto no todos ofrecen las mismas oportunidades para acoger a las variables definidoras de la historia del presente. Lo global no prescinde del lugar, aun cuando lo toque diferencialmente, y tendencialmente transforme su esencia, bien por coacción o admisión. La velocidad que caracteriza a nuestro tiempo permite que nos 'traslademos' de un lugar a otro, sin movernos realmente de donde vivimos, y en este proceso la multiescalaridad juega un rol central.

Para cualquier sociedad es imprescindible conocer su pasado para enfrentar los problemas del presente y proyectar su futuro; conocer la historia del cómo su territorio se ha construido y organizado su espacio es esencial para afrontar los retos del hoy y del mañana. La Geografía facilita

dar cuenta de la indisoluble unión que siempre ha existido entre los lugares en los que se desarrolla la vida y la historia del cómo quienes en ellos viven los han usado. Esto no hace más que reafirmar la estrecha relación que existe con el progreso técnico que le subyace a cada modernidad. No hay que olvidar que la IA es una creación de los seres humanos; es tanto humana como artificial, pero debemos aprender a tratarla; debemos saber cómo preguntar.

La aplicación de la IA en los estudios del territorio ha dado sin duda un salto cualitativo: ahora se puede analizar imágenes, datos climáticos, de relieve, con miras a identificar patrones, tendencias y relaciones; cuando ya apliquemos los modelos abstractos del mundo ¿cómo vamos a interpretar sus resultados? Si ya en la actualidad, con los modelos lingüísticos se está profundizando la especialización de la Geografía, ¿cómo queda esta ciencia cuando se incorporen los modelos abstractos del mundo? Nos preguntamos, ¿la Geografía está dando respuesta teórica y metodológicamente a este avance que viene arrollando la manera de aproximarnos al estudio del territorio? O, por el contrario, ¿la velocidad de los cambios favorece aún más priorizar la especialización y menos la reflexión epistemológica?

Ya en otras oportunidades hemos señalado que dejar de lado a la Geografía en tanto que ciencia para concentrarnos en sus especializaciones inclina la balanza a favor de la profundización de sus divisiones y sus cercanas y distintas aproximaciones metodológicas, de las que la herramienta IA es un claro ejemplo. Es importante seguir insistiendo en que la Geografía es el ancla de todas sus especializaciones; de no hacerlo, es muy fácil perderse en ellas, mucho más cuando el avance tecnológico exige de manera exponencial respuestas puntuales no solo de la Geografía, sino de todas las ciencias. No podemos dejar de lado la indisoluble unión que siempre ha existido entre los lugares en los que se desarrolla la vida y la historia del cómo quienes en ellos viven los han usado. Nuestro objeto de estudio (espacio geográfico) es un híbrido, simultáneamente humano y natural, por lo que el concepto de territorio usado es el que nos ayuda a comprender el cómo se resuelve la relación histórica entre el mundo social y el natural.

Estamos de acuerdo con LeCun cuando afirma que la IA y el Internet son tecnologías revolucionarias con el potencial de transformar el mundo. Aun cuando la IA se encuentra en sus primeras etapas, su impacto en la sociedad es cada vez más evidente y vertiginoso. Depende de nosotros adoptarla y garantizar que se utilice de forma que beneficie a todos. La Geografía debe también 'aprender' a utilizarla sin que afecte su unidad conceptual como ciencia.

Delfina Trinca Figuera
Editora responsable

<https://orcid.org/0000-0001-7878-3840>

Friedman, T. 2018. *Gracias por llegar tarde*. Editorial Planeta Colombiana, S. A. (2da edición). Bogotá, Colombia.

LeCun. 2025. *El futuro de la IA: perspectivas de Yann LeCun*. Disponible en:
https://www.youtube.com/watch?v=eyrDM3A_YFc

Vallejo, I. 2023. *El infinito en un junco*. Penguin Random House, Grupo Editorial, S. A. S. (10ma reimpresión). Bogotá, Colombia.



ARTÍCULOS

ARTIGOS/PAPERS

Diversidad de las morfologías kársticas del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta a microescala espacial, México

Diversidade de morfologias cársticas do Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta
em escala microespacial, México

Diversity of karst morphologies in the UNESCO Mixteca Alta World Geopark
at the microscale, Mexico

**José Luis Sánchez-Cortez¹, Norma López-Castañeda¹, Kathleen Vélez-Macías² y
Bernardo Ortega-Díaz³**

¹ Universidad Autónoma de México (UNAM), Instituto de Geografía,
Unidad Académica de Estudios Territoriales-Oaxaca, Oaxaca, México

² Universidad Autónoma de México (UNAM), Instituto de Geografía,
Postgrado en Geografía, Ciudad de México

³ Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, Yanhuitlán, Oaxaca, México

jsanchez@geografia.unam.mx; jssancor@gmail.com; normalc@geografia.unam.mx;
Kathleen_311297@hotmail.com; berot.medios@gmail.com

Sánchez: <https://orcid.org/0000-0002-1236-2848>

López: <https://orcid.org/0009-0008-8488-1170>

Vélez: <https://orcid.org/0009-0000-8732-3205>

Ortega: <https://orcid.org/0009-0000-7312-3085>

Resumen

Los paisajes kársticos se forman a partir de procesos fisicoquímicos que generan disoluciones y precipitaciones, influenciadas por factores geológicos y ambientales, produciendo una serie de morfologías características de estos sistemas. El actual estudio presenta un inventario de formas de origen kárstico a microescala espacial, en rocas calcáreas dentro del territorio del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, ubicado en estado de Oaxaca, México. Se realizaron observaciones de campo y descripciones específicas en seis sitios de muestreo, en donde se estableció la distribución de las morfologías en el territorio del geoparque, y la geodiversidad intrínseca de las formas kársticas. Aunque las tipologías de las morfologías kársticas no constituyeron números significativos, los rangos de geodiversidad mostraron valoraciones heterogéneas debido a los contrastes de las áreas de estudio. Se considera que estas caracterizaciones son valiosas herramientas para potenciar el geoturismo y la geoeducación, fortaleciendo el conocimiento sobre la geodiversidad y su conservación.

PALABRAS CLAVE: geodiversidad; kárstico; geoconservación; geoparques UNESCO.

Resumo

As paisagens cársticas são formadas por processos físico-químicos que geram dissolução e precipitação, influenciados por fatores geológicos e ambientais, produzindo uma série de morfologias características desses sistemas. O estudo atual apresenta um inventário de formas de relevo cárstico na microescala das rochas calcárias dentro do Geoparque Mundial da UNESCO Mixteca Alta, localizado no estado de Oaxaca, México. Foram realizadas observações de campo e descrições específicas em seis locais de amostragem, onde foram estabelecidas a distribuição das morfologias dentro do território do geoparque e a geodiversidade intrínseca das formas cársticas. Embora as tipologias de morfologias cársticas não tenham constituído números significativos, as faixas de geodiversidade apresentaram avaliações heterogêneas devido aos contrastes das áreas de estudo. Essas caracterizações são consideradas ferramentas valiosas para promover o geoturismo e a geoeducação, fortalecendo o conhecimento sobre a geodiversidade e sua conservação.

PALAVRAS-CHAVE: geodiversidade; cárstica; geoconservação; geoparques da UNESCO.

Abstract

Karst landscapes are formed from physicochemical processes that generate dissolution and precipitation, influenced by geological and environmental factors, producing a series of morphologies characteristic of these systems. The present study shows an inventory of karstic forms at the microspatial scale, in calcareous rocks within the territory of the Mixteca Alta UNESCO Global Geopark, located in the state of Oaxaca, Mexico. Field observations and specific descriptions were made in six sampling sites, where the distribution of morphologies in the geopark territory and the intrinsic geodiversity of karst forms were established. Although the typologies of the karst morphologies did not constitute significant numbers, the geodiversity ranges showed heterogeneous valuations due to the contrasts of the study areas. These characterizations are considered valuable tools to enhance geotourism and geoeducation, strengthening knowledge about geodiversity and its conservation.

KEYWORDS: geodiversity; karst; geoconservation; UNESCO geoparks.

1. Introducción

Los paisajes kársticos se caracterizan por una variedad de formas específicas originadas a partir de procesos químicos y físicos que favorecen la disolución de rocas solubles, y su evolución está influenciada por diversos factores, como el régimen hídrico, la composición litológica y las estructuras geológicas (Assaad y LaMoreaux, 2004; Carrasco-Velázquez *et al.*, 2004; Ford y Williams, 2007; Andreychouk, 2016; De Waele, 2017). Este tipo de relieve brinda numerosos servicios ambientales, que van desde el suministro de agua y la regulación térmica hasta la creación de hábitats y nichos ecológicos únicos, además de generar espacios de recreación (Reinhart *et al.*, 2023). En particular, el turismo en cuevas y cavernas representa una de las principales actividades ligadas al karst, con importantes repercusiones sociales y económicas en las comunidades (Cigna y Forti, 2013; Piano *et al.*, 2024). No obstante, debido a las presiones sobre los recursos vinculados a estos sistemas, su conservación y las amenazas que enfrentan han sido objeto de amplio análisis a nivel mundial (Nanni *et al.*, 2023).

Los sistemas kársticos son entornos naturales de gran complejidad y sensibilidad, formados mediante un proceso epigénico que, además de depender de las propiedades fisicoquímicas de las rocas, involucra factores como la vegetación, partículas en suspensión en las aguas que recorren estos paisajes, el grosor de los materiales de sobrecarga y la temperatura del agua y el aire (White, 1970; Bahtijarevic, 1996; North, 2007). Las diversas morfologías kársticas pueden clasificarse según su origen genético en exokarst, cuando se desarrollan en la superficie, y endokarst, cuando se forman en el subsuelo. Este criterio facilita su análisis y clasificación según su escala, aunque la presencia de morfologías poligénicas puede dificultar estas categorizaciones (Herak, 1990; Ford y Williams, 2007; Andreu *et al.*, 2016; Dubois *et al.*, 2022).

La configuración de estos paisajes únicos presenta una diversidad de morfologías a distintas escalas, que, según la geomorfología tradicional, pueden clasificarse con base en su dimensión espacial y temporal. En este sentido, las formaciones identificadas a microescala y mesoescala están vinculadas con el tiempo

necesario para su desarrollo en el entorno (De Boer, 1992; Carvajal Perico, 2012, Sánchez-Cortez *et al.*, 2024). Sin embargo, más allá de la escala utilizada, todos estos elementos conforman la geodiversidad kárstica de un territorio. Es fundamental considerar que el estudio de la diversidad geológica implica analizar la variedad, frecuencia y distribución de los componentes geológicos dentro de un área específica, siendo la geodiversidad intrínseca uno de sus principales valores (Serrano Cañadas y Ruiz Flaño, 2007; Brilha, 2016; Nieto, 2023; Sánchez-Cortez *et al.*, 2024).

En el presente trabajo se llevó a cabo un modelo para reconocer la diversidad de la morfología kárstica en las zonas de rocas calcáreas presentes al interior del territorio del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta (GMUMA), en el estado de Oaxaca, al sureste de México (Mixteca Alta Aspiring Geopark, 2015). El objeto del estudio fue el análisis y descripción de la geodiversidad intrínseca presente a microescala espacial, en este territorio de gran relevancia geológica y geomorfológica. La diversidad morfológica kárstica se observó y correlacionó entre todos los sitios destinados para el muestreo. Los resultados reflejaron una heterogeneidad en los valores de diversidad en los sitios evaluados, y se plantea que la caracterización de los elementos kársticos dentro del GMUMA podría constituir una herramienta clave para el desarrollo del geoturismo y los procesos geoeducativos.

2. Metodología

2.1 Área de estudio

El Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta abarca nueve municipios en la parte centro oeste de la Mixteca Alta, en Oaxaca. Su extensión es de 415 km² (Palacio-Prieto *et al.*, 2016) y alberga aproximadamente a 7.000 habitantes. Este territorio se caracteriza por un relieve montañoso con valles y lomeríos, y su altitud varía entre los 2.050 y 2.890 metros sobre el nivel del mar. Debido a su ubicación entre las provincias fisiográficas de la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre Oriental, presenta una gran diversidad geológica, con diferentes tipos de rocas que varían en edad y condiciones, además de estructuras tectónicas locales y regionales. En este territorio afloran

secuencias de rocas sedimentarias mesozoicas, pertenecientes a la cuenca Tlaxiaco, la cual reposa sobre un basamento metamórfico cristalino del proterozoico, conocido como Complejo Oaxaqueño. La cuenca Tlaxiaco incluye depósitos alternados de materiales

marinos en plataforma continental, seguidos por secuencias de rocas de origen fluvial continental del cenozoico (Mixteca Alta Aspiring Geopark, 2015; Santamaría-Díaz *et al.*, 2008), (FIGURA 1).

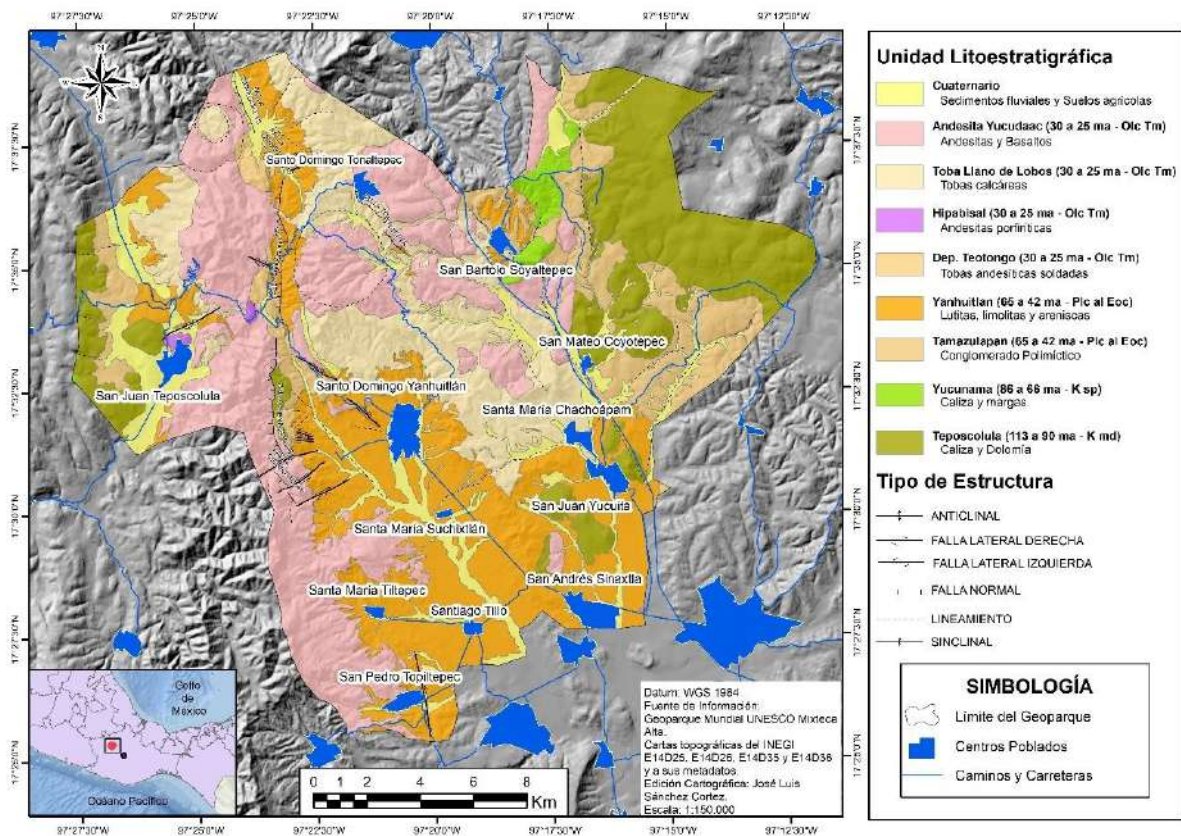


FIGURA 1. Mapa geológico del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta. Fuente: elaboración propia

2.2 Selección del área kárstica del GMUMA

La selección del área kárstica del GMUMA empleada en este estudio se realizó mediante teledetección, a través del empleo de bandas espectrales, para identificar las variables mineralógicas de los carbonatos presentes en las rocas calcáreas. Para lo cual se utilizaron dos imágenes satelitales ASTER L1T, con reducción de errores topográficos y 14 bandas, cuyas condiciones son adecuadas para la discriminación litológica (U.S. Geological Survey, 2020; Vargas-Gonzales, 2013). Para garantizar la precisión del proceso, se seleccionaron imágenes satelitales sin nubosidad, correspondientes a periodos de baja precipitación, con el fin de minimizar la vegetación presente. Además, considerando

que el sensor SWIR dejó de funcionar en 2008 (LP DAAC, 2009), se optó por imágenes de marzo de 2005, asegurando que esta elección no afectara los resultados del análisis de identificación litológica.

El procesamiento de las imágenes se llevó a cabo mediante el software ENVI 5.3, realizando una corrección radiométrica en los sensores VNIR y SWIR. Posteriormente, se generó un mosaico a partir de las dos imágenes y se aplicó el proceso *layer stacking* a los sensores VNIR y SWIR para efectuar la corrección atmosférica utilizando el método *Internal Average Relative Reflectance* (IAR). Finalmente, se aplicaron máscaras para excluir elementos no deseados en la identificación litológica. Se utilizó el índice

de vegetación ajustado al suelo (SAVI) para eliminar la vegetación en zonas áridas o semiáridas (Hartz *et al.*, 2006), junto con máscaras de sombras y cuerpos de agua, asegurando una mayor precisión en el análisis.

A las bandas necesarias, se le aplicó un análisis matemático de bandas con el objetivo de identificar las variables mineralógicas presentes en el GMUMA. Para ello, se empleó el índice de calcita, mediante la ecuación (1) propuesta por Ninomiya (2004), considerada una herramienta clave para la identificación de zonas mineralógicas dentro del GMUMA. El índice de calcita es una herramienta utilizada para identificar áreas con presencia de este mineral, lo que puede ser útil en la exploración geológica y minera. Este índice permite detectar alteraciones propilíticas asociadas a la presencia de minerales como la clorita, epidota, albita y carbonatos (Bagheri *et al.*, 2021; Pereira *et al.*, 2024).

$$CI_{SWIR} = (b6 * b9) / (b8 * b8) \quad (1)$$

Posterior a esto, se realizó un mapa con la distribución de las áreas con alteración propilítica (FIGURA 2), (carbonatos, clorita, epidota y albita). Sin embargo, para determinar las áreas con presencia de zonas de mineralización de carbonatos exclusivamente (áreas potencialmente kársticas), se tomó como base el mapa de distribución de las áreas con alteración propilítica y se complementó con observaciones macroscópicas de los rasgos litológicos y mineralógicos en once puntos de muestreo selectivo (TABLA 1), además se contrastó con el mapa Geológico del Geoparque Mixteca Alta. Una vez realizada esta comprobación de campo, se pudo obtener un mapa definitivo de la distribución de las zonas kársticas (FIGURA 3).

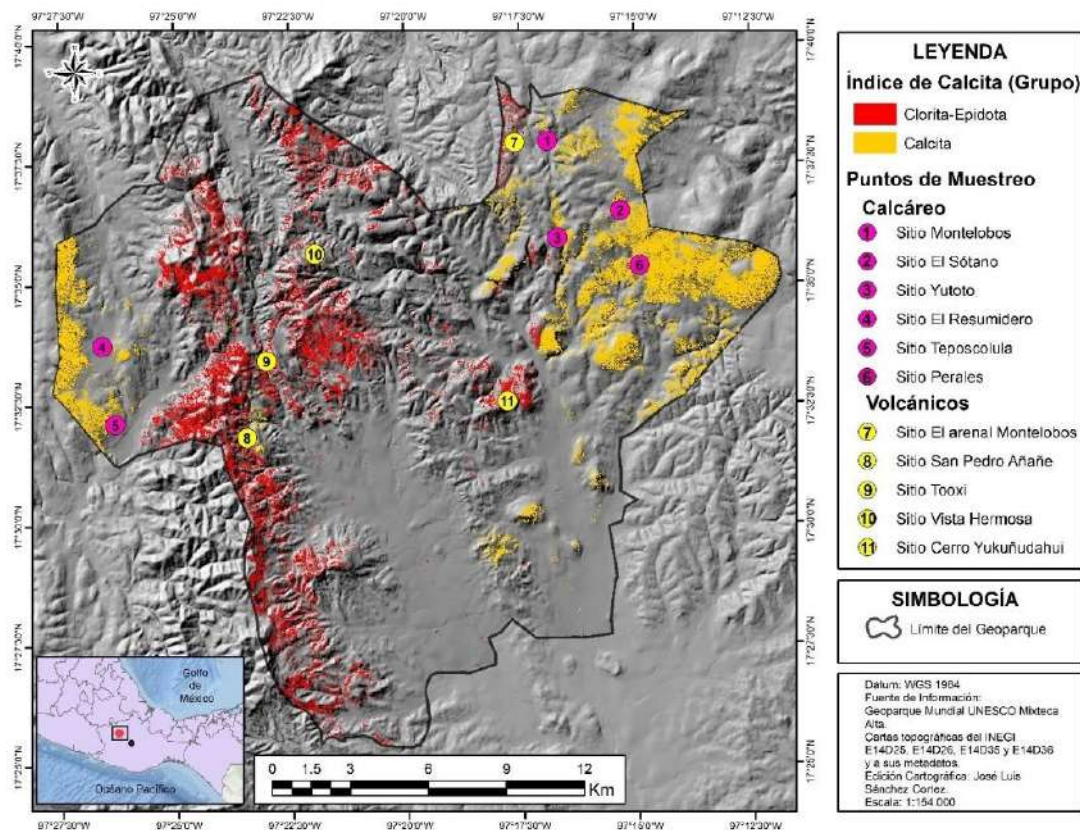


FIGURA 2. Mapa de distribución de las áreas con alteración propilítica. Fuente: elaboración propia

TABLA 1. Sitios destinados para el muestreo selectivo, para la verificación en campo de las áreas mineralizadas con alteración propilitica. Fuente: elaboración propia

NRO.	SITIOS	ALTITUD (msnm)	DESCRIPCIÓN
1	Montelobos	2.440	Calizas de la formación Teposcolula, con presencia de fósiles de bivalvos y gasterópodos
2	El Sótano	2.487	Calizas de la formación Teposcolula, con presencia de fósiles de bivalvos y gasterópodos
3	Yutoto	2.400	Calizas de la formación Teposcolula, importante presencia de gasterópodos
4	Resumidero	2.338	Calizas de la formación Teposcolula, presencia de clastos con minerales silíceos
5	Teposcolula	2.301	Calizas de la formación Teposcolula, presencia de clastos con minerales silíceos. Calizas con brechas de gran tamaño
6	Perales	2.452	Calizas de la formación Teposcolula, importante presencia de gasterópodos
7	El arenal Montelobos	2.471	Andesitas alteradas y areniscas con alto contenido de material calcáreo
8	San Pedro Añañe	2.394	Andesitas alteradas, cloritas, presencia de óxidos y epidotas en menor proporción
9	Tooxi	2.361	Andesitas poco alteradas con cloritización
10	Vista Hermosa	2.571	Andesitas con alteración clorítica y presencia de óxidos, albitas y epidotas en menor proporción
11	Cerro Yukuñudahui	2.367	Andesitas muy alteradas y presencia de epidota

2.3 Definición de morfologías kársticas y determinación de geodiversidad intrínseca en el área de estudio

Una vez delimitada el área de estudio (zona kárstica) dentro del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, se seleccionaron seis sitios de observación, en el cual se realizaron las percepciones detalladas de las geofomas kársticas: Montelobos, El Sótano, Yutoto, Resumidero, Teposcolula y Perales (TABLA 2, FIGURA 3). Se procedió con la realización de un mapeo geomorfológico selectivo, basado en la observación directa de las características de las morfologías kársticas del área (Lahe, 1985; Lugo Hubp, 1988), empleando el método de mapeo geológico transversal, también conocido como perfilado geológico (Coe *et al.*, 2010), a través de caminos terciarios y senderos dentro del GMUMA. Cada estructura identificada fue

enlistada, documentada y descrita en función de sus condiciones y particularidades específicas, con el fin de contabilizar las morfologías para la determinación de la geodiversidad intrínseca.

Para definir y describir las morfologías kársticas, se consideró las estructuras de microescala geomorfológica, es decir aquellas formas cuyas dimensiones sean centimétricas, o de pocos metros. Las microescalas geomorfológicas se asocian a pequeñas escalas temporales, por ende, los eventos de menor rango temporal dan como evidencia morfologías más pequeñas en cuanto a tamaño (Fernández, 2007; Carvajal Perico, 2012; Rivases, 2017).

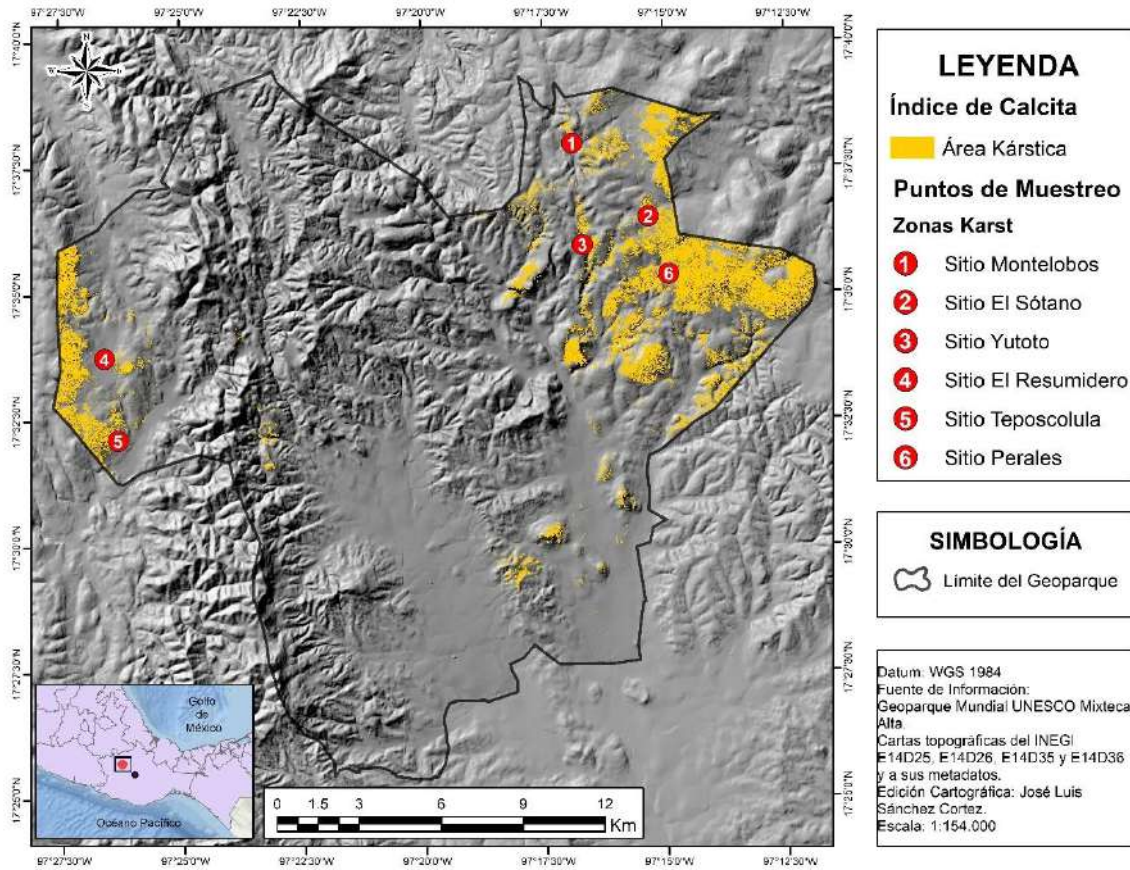


FIGURA 3. Mapa de ubicación de los sitios de muestreo de las morfologías kársticas y delimitación del área kárstica del GMUMA. Fuente: elaboración propia

TABLA 2. Principales características de los sitios de muestreo de las áreas kársticas del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta. Fuente: elaboración propia

NRO.	SITIOS	ALTITUD (msnm)	AREA (Ha)	LITOLÓGÍA
1	Montelobos	2.440	4,3	Calizas de la formación Teposcolula
2	El Sótano	2.487	4,59	Calizas de la formación Teposcolula
3	Yutoto	2.400	5,3	Calizas de la formación Teposcolula
4	Resumidero	2.338	4,88	Calizas de la formación Teposcolula
5	Teposcolula	2.301	3,23	Calizas de la formación Teposcolula
6	Perales	2.452	4,47	Calizas de la formación Teposcolula

Se generó una evaluación de la geodiversidad intrínseca en los seis sitios kársticos estudiados, a partir de la determinación del número total de entidades morfológicas observadas dentro de un área específica, según la ecuación (2), (Carcavilla, 2006; Carcavilla *et al.*, 2007). Siendo que, a mayor cantidad de morfologías kársticas observadas en una unidad de superficie, se estableció como un área más diversa

(Kubalíková *et al.*, 2023; Najwer *et al.*, 2023; Nieto, 2023). Se llevó a cabo una evaluación de la geodiversidad intrínseca y la presencia de formas kársticas con el propósito de identificar zonas con una mayor diversidad. La hectárea fue la unidad de área considerada para este estudio, considerando el tamaño relativamente pequeño de las parcelas o sitios de observación.

$$GI = M / A \quad (2)$$

Donde:

GI: Geodiversidad Intrínseca

M: número de morfologías

A: área.

3. Resultados y discusión

3.1 Determinación de las morfologías kársticas del GMUMA

Tal como se observa en la FIGURA 3, la distribución de las rocas calcáreas del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta tiene una preferente ubicación hacia el este y, en menor grado, hacia el oeste. Las áreas que albergan estas rocas solubles mantienen una notable diversidad de formaciones kársticas. Considerando sus condiciones, los sitios de muestreo incluidos en este estudio presentan diversos servicios ambientales y potencial turístico, considerando que sitios como Yutoto y El Sótano forman parte del Geosendero Yutoto, utilizado para prácticas académicas y lúdicas. Cabe destacar que las observaciones se realizaron en geosenderos, caminos comunitarios y puntos de observación

utilizados habitualmente por los guías locales del GMUMA. Si bien es cierto, las observaciones han sido realizadas en sitios puntuales, sugiriendo que la presencia de morfologías podría ser mucho mayor a las reportadas en este trabajo, al igual que la diversidad de estos.

Se identificaron diversas morfologías kársticas a microescalas en los sitios de Montelobos, El Sótano, Yutoto, Resumidero, Teposcolula y Perales (TABLAS 3 a la 8; FIGURAS 4 a la 9), en las cuales se reportaron un total de 51 tipos distintos observados durante la recolección de datos. La distribución porcentual de estas morfologías fue del 11,76% en Montelobos, 25,49% para El Sótano, 13,72% Yutoto, 17,65% en el Resumidero, y 15,69% tanto para Teposcolula, como para el sitio Perales. Es importante puntualizar que el mismo tipo de morfología pudo haber sido registrado en más de un sitio, contabilizándose en cada lugar de muestreo en el que aparezca. Además, no se contabilizó la cantidad de elementos pertenecientes a un mismo tipo, es decir, si se observaron 5 morfologías similares en un sitio, todas se consideraron como una única categoría.

TABLA 3. Principales morfologías kársticas identificadas y descritas en el sitio Montelobos. Fuente: elaboración propia

MORFOLOGÍA KÁRSTICA	DESCRIPCIÓN
Pozos de lluvia (<i>Rainpits</i>)	Pequeñas depresiones de pocos centímetros de diámetro (en este sitio, las estructuras no superan el centímetro). Suceden en las terrazas de corrosión, y pueden tener formas semicirculares
Terrazas de corrosión (<i>Corrosion Terraces</i>)	Morfologías horizontales y subhorizontales que afloran en roca desnuda, y aparecen ampliamente distribuidas en este sector. Sobre estas estructuras se desprenden el <i>rillenkarren</i> , <i>kluftkarren</i> , <i>trittkarren</i> , entre otros
Surcos agudos (<i>Rillenkarren</i>)	Pequeñas formas de disolución, con formas acanaladas, poco profundas y paralelas entre sí. Aparecen en paredes de rocas con altas pendientes. En este sector se observan estructuras centimétricas, que no exceden 50 cm
Estructuras meandriiformes (<i>Meanderkarren</i>)	Tipologías de disolución angostas y alargadas (no mayores de 5 metros), en forma de canchales sinuosos
Canales de disolución en grietas (<i>Kluftkarren</i>)	Estructuras en forma de grietas, aparecen en rocas fisuradas expuestas. Son frecuentes en paredes de roca con poca pendiente
Estructuras de huellas o pisadas (<i>Trittkarren</i>)	Estructuras con forma de pisadas, con un diámetro promedio de entre 3 y 5 cm en este sector. Aparecen en superficies con ángulos subhorizontales

TABLA 4. Principales morfologías kársticas identificadas y descritas en el sitio El Sótano.
Fuente: elaboración propia

MORFOLOGÍA KÁRSTICA	DESCRIPCIÓN
Pilares de roca (Pináculos)	Pequeña área con pináculos de rocas calizas enterrados y semienterrados. La altura de los pilares no sobrepasa los 5 metros de altura
Oquedades menores	Son pequeños agujeros ovalados verticales alojados en los pináculos de roca. No superan los 30 cm en sus diámetros mayores
Fisuras de cuevas	Fisuras por disolución expuestas en cantera de rocas ornamentales. Las fisuras exponen el proceso de formación incipiente de estructuras cavernarias, con un ancho promedio de 30 cm, su longitud varía de acuerdo con el tamaño del corte de la cantera, no obstante, algunas fisuras horizontales pueden llegar a una decena de metros
Pavimento kárstico (<i>Limestone pavements</i>)	Estructuras planas horizontales con un conjunto de fisuras que se generan por efecto de la disolución. Su extensión es variable, pero no superan la decena de metros
Canales (<i>Channels</i>)	Estructuras para transporte de agua de lluvia. Son suavizadas y siguen la pendiente. En Yutoto se observan estas estructuras con diferentes longitudes y ancho, pero no exceden los 5 m y 30 cm respectivamente
Pozos de lluvia (<i>Rainpits</i>)	Pequeñas depresiones de pocos centímetros de diámetro. En el sitio El Sótano no exceden los 3 cm. Se encuentran en las partes altas de las lapiaces y en el pavimento kárstico
Surcos agudos (<i>Rillenkarren</i>)	Pequeñas formas de disolución, con formas acanaladas, poco profundas y paralelas entre sí. Se observan en las paredes de rocas con altas pendientes. En este sector se observan estructuras centimétricas, que no exceden 50 cm
<i>Kamenitza</i>	Pequeñas cavidades en forma de olla, caracterizadas por sus formas cerradas, que se desarrollan por una mezcla de procesos de disolución y fricción. En el sitio El Sótano la dimensión de estas estructuras es variable y pueden promediar 15 cm diámetro
Estructuras meandriiformes (<i>Meanderkarren</i>)	Tipologías de disolución que forman canales con estructuras sinuosas, angostas y alargadas. En El Sótano, existen canales de diversos tamaños completos e incompletos, con promedio de longitud que no exceden los 5 m
Canales de disolución en grietas (<i>Kluftkarren</i>)	Estructuras en forma de grietas que aparecen en rocas fisuradas y expuestas. Son frecuentes en paredes de roca con poca pendiente, con diferentes longitudes
Karren del subsuelo (<i>subsoil karren</i>)	Estructuras que se desarrollan durante el periodo de enterramiento de las formas kársticas. Generan formas contrastantes y relativamente suavizadas en las rocas
Dolina de colapso (<i>Collapse doline</i>)	Gran estructura cuya presencia da nombre a este sitio (El Sótano). Se forma de manera repentina, debido a la caída de materiales desde el techo de una cavidad, el techo de la cavidad colapsa sobre el vacío subyacente. El sótano es una estructura de 20 metros de diámetros aproximadamente, y posee una profundidad similar
Lapiaces	Estructuras pequeñas en altura (no mayores de 1 m), y mayor desarrollo horizontal (hay estructuras de hasta 5 metros), separada por surcos y depósitos de suelo

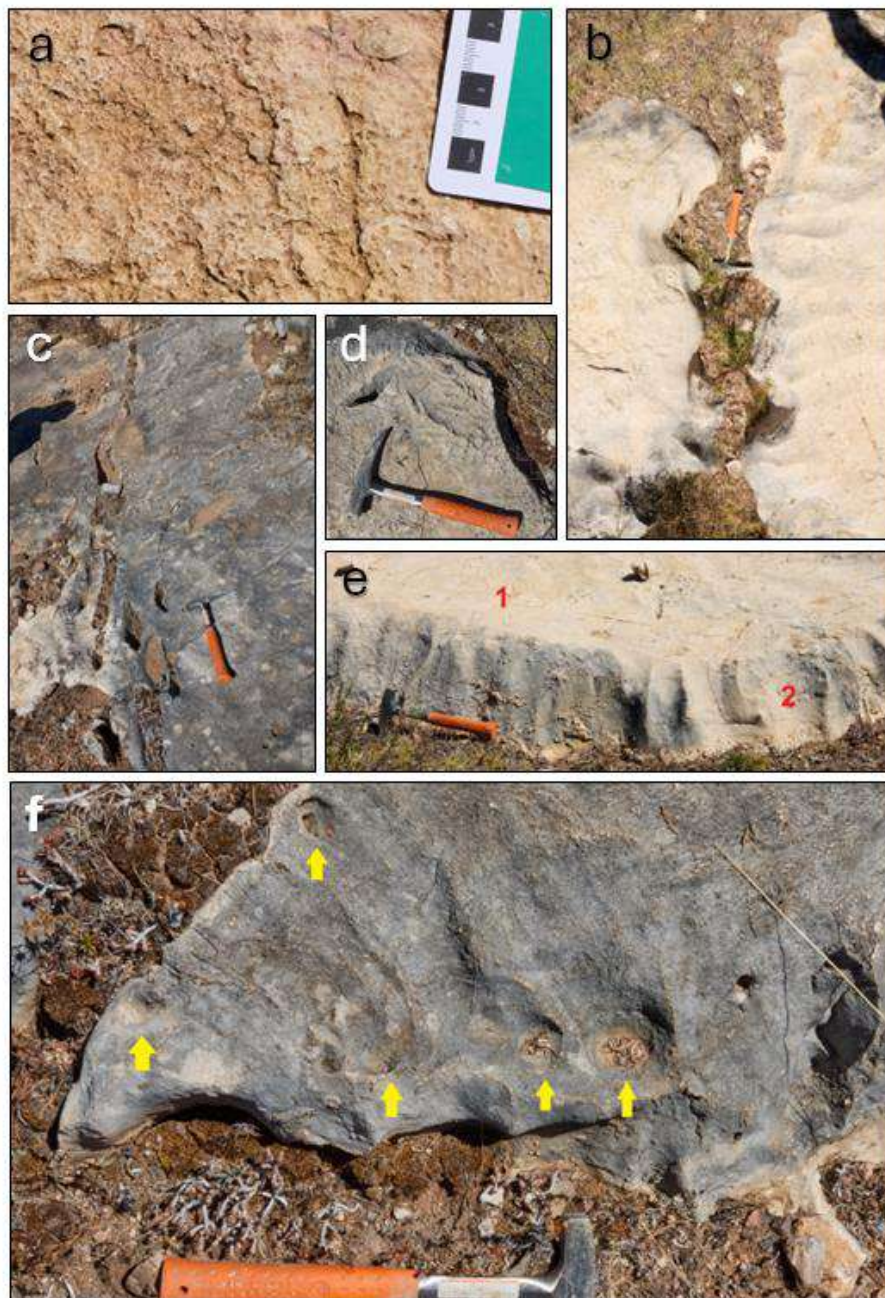


FIGURA 4. Sitio Montelobos. **a.** Pozos de lluvia (*Rainpits*) inferiores a 1 cm, distribuidos en toda la muestra. **b.** Estructuras meandriformes (*Meanderkarren*), junto a una terraza de corrosión. **c.** Canales de disolución en algunas fracturas de roca (*Kluftkarren*), estos canales tienen un ancho promedio de 10 cm, y una extensión no mayor de 5 metros. **d.** Pequeños surcos agudos de disolución (*Rillenkarren*), en etapa temprana, sobre la terraza de corrosión. **e.** Terraza de disolución (1) y surcos agudos de disolución (*Rillenkarren*) (2). **f.** Estructuras de huellas o pisadas (*Trittkarren*), con formas subredondeadas que no superan los 5 cm de diámetro. Fuente: elaboración propia

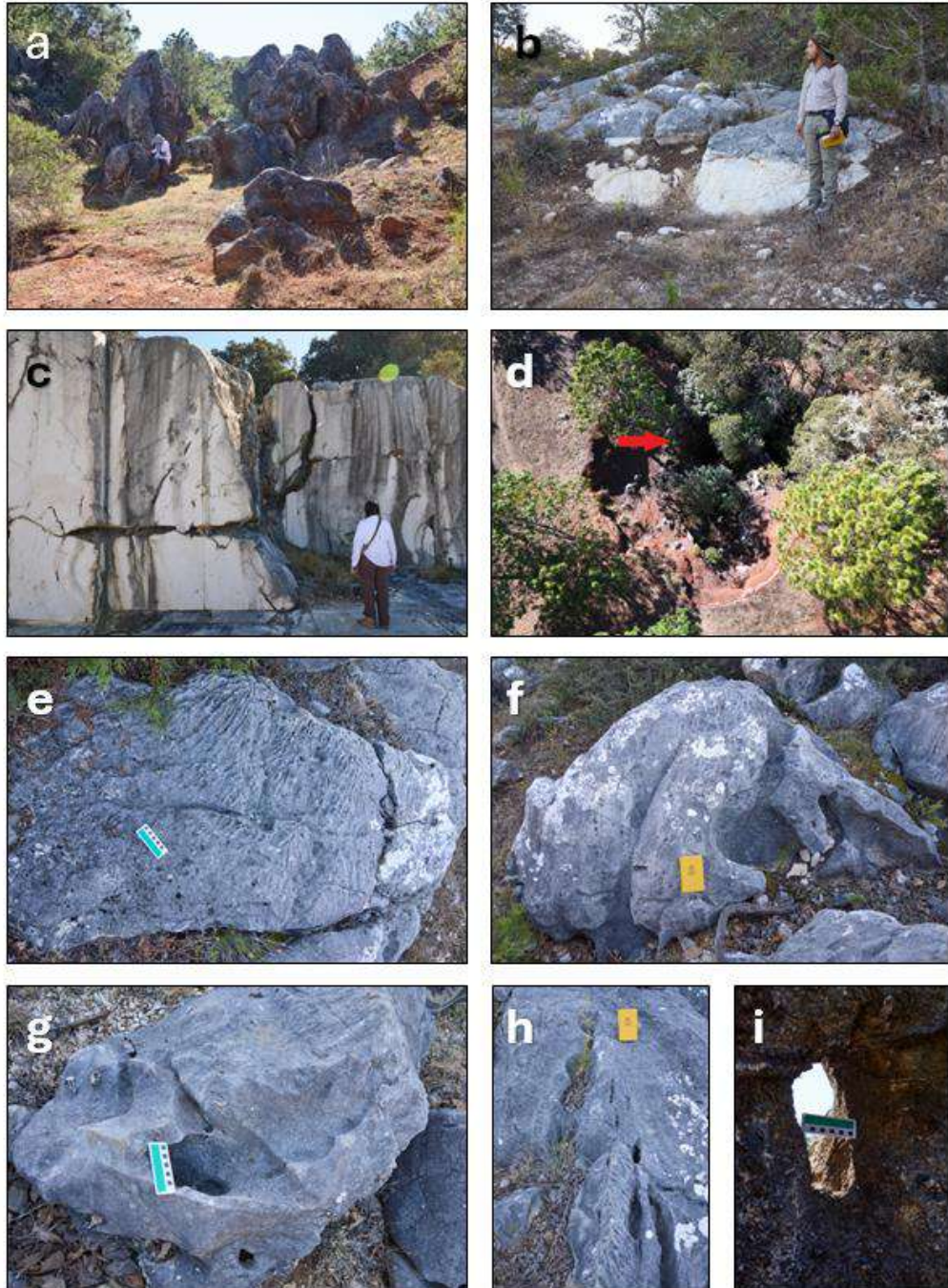


FIGURA 5. Sitio El Sótano. a) Pináculos en sitio El Sótano.

- b) morfologías de karren del subsuelo, nótese el contraste de tonalidades entre las morfologías de origen subaéreas y del subsuelo.
- c) Fisuras en las rocas calizas por acción de disolución, las cuales afloran justo en los cortes de una cantera de caliza. d) Dolina de Colapso. La flecha roja indica la ubicación del colapso denominado El Sótano.
- e) Surcos agudos (*Rillenkarren*) y Pozos de Lluvia (*Rainpits*).
- f) Lapiaz con estructuras de canales (*Channels*), Surcos agudos (*Rillenkarren*) y Pozos de Lluvia (*Rainpits*).
- g) *Kamenitzas* y estructuras meandriiformes (*Meanderkarren*).
- h) Canales de disolución en grietas (*Kluftkarren*) poco profundas.
- i) Oquedad menor, posada de forma horizontal en un pináculo de roca. Fuente: elaboración propia

TABLA 5. Principales morfologías kársticas identificadas y descritas en el sitio Yutoto.

Fuente: elaboración propia

MORFOLOGÍA KÁRSTICA	DESCRIPCIÓN
Canales de disolución en grietas (<i>Kluftkarren</i>)	Estructuras en forma de grietas, aparecen en rocas fisuradas expuestas. Aparecen en las paredes de roca con poca pendiente. Promedian una longitud no mayor de 2 m
Estructuras de huellas o pisadas (<i>Trittkarren</i>)	Estructuras con forma de pisadas. En este sector se observan estructuras más grandes que bordean 1 m, y se encuentran en estado inicial de desarrollo
Lapiaces	Estructuras pequeñas en altura (no mayores de 1 m), y mayor desarrollo horizontal (hay estructuras de hasta 5 metros), separada por surcos y depósitos de suelo
Surcos agudos (<i>Rillenkarren</i>)	Pequeñas formas de disolución, con formas acanaladas, poco profundas y paralelas entre sí. Aparecen en paredes de rocas con altas pendientes. En este sector se observan estructuras centimétricas, muy profundas y más alargadas
Canales (<i>Channels</i>)	Estructuras para transporte de agua de lluvia. Son suavizadas y siguen la pendiente. En Yutoto se observan estas estructuras con diferentes longitudes y ancho, pero no exceden los 5 m y 30 cm respectivamente
Pozos de lluvia (<i>Rainpits</i>)	Pequeñas depresiones de pocos centímetros de diámetro En Yutoto no exceden los 2 cm). Se encuentran en las partes altas de los lapiaces
<i>Kamenitza</i>	Pequeñas cavidades en forma de olla, caracterizadas por sus formas cerradas, que se desarrollan por una mezcla de procesos de disolución y fricción. En Yutoto no exceden los 5 cm de diámetro

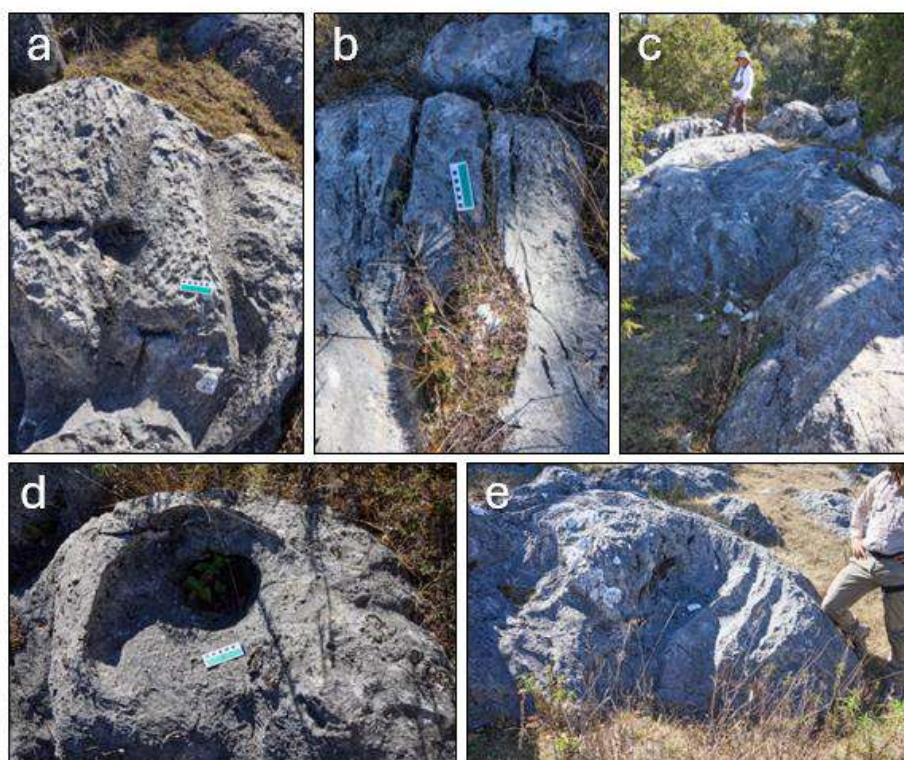


FIGURA 6. Sitio Yutoto. a) Pozos de lluvia (*Rainpits*) inferiores a 2 cm, y canales de drenaje suavizados, siguiendo la pendiente de la roca.
 b) Canales de disolución en fracturas de roca (*Kluftkarren*), con un ancho promedio de entre 5 y 10 cm, y una extensión no mayor de 2 metros.
 c) Lapiaz en forma de domo, cuyas extensiones no superan los 5 m. Se observan canales para drenaje.
 d) *Kamenitza* subredondeada con diámetro máximo de 20 cm.
 e) Lapiaz con canales de drenaje suavizados y Pozos de lluvia (*Rainpits*). Fuente: elaboración propia

TABLA 6. Principales morfologías kársticas identificadas y descritas en el sitio Resumidero.
Fuente: elaboración propia

MORFOLOGÍA KÁRSTICA	DESCRIPCIÓN
Estructuras por alteración biológica (<i>Biokarst</i>)	Estructuras de meteorización generadas por actividades biológicas sobre las rocas, principalmente plantas y microorganismos. Estas estructuras se sienten muy filosas y punzantes al tacto
Lapiaces	Estructuras pequeñas que no sobrepasan el metro de altura, y 2 metros de desarrollo horizontal. Se encuentran enterrados bajo gruesas capas de suelo
Canales de disolución en grietas (<i>Kluftkarren</i>)	Estructuras en forma de grietas que aparecen en rocas fisuradas y expuestas. Son frecuentes en paredes de roca con poca pendiente, poseen diferentes longitudes
Karren del subsuelo (<i>subsoil karren</i>)	Estructuras que se desarrollan durante el periodo de enterramiento de las formas kársticas. Generan formas contrastantes, relativamente suavizadas en las rocas
Pozos de lluvia (<i>Rainpits</i>)	Pequeñas depresiones de pocos centímetros de diámetro. En el sitio Resumidero no exceden los 3 cm. Se encuentran en los lapiaces principalmente
Perfiles de Terra rosa	En el sitio Resumidero se encuentran perfiles de suelo de Terra rosa, el cual corresponde a un tipo de suelo que posee minerales no solubles en agua, generados a partir de la meteorización de las rocas calcáreas
Dolina de colapso (<i>Collapse doline</i>)	Estructura de aproximadamente 10 metros de diámetro y 15 metros de profundidad, ubicada dentro de un campo agrícola. La dolina se genera a partir de la caída de materiales desde el techo de una cavidad, el techo de la cavidad colapsa sobre el vacío subyacente
<i>Kamenitza</i>	Pequeñas cavidades redondeadas y cerradas, en forma de olla. Se caracterizan por su génesis, la cual contempla una mezcla de procesos de disolución y fricción. En el sitio Resumidero los <i>kamenitzas</i> pueden variar de entre 10 y 20 cm de diámetro, y se encuentran rellenos de suelo y plantas
Surcos agudos (<i>Rillenkarren</i>)	Pequeñas estructuras de disolución, con formas acanaladas, poco profundas y paralelas entre sí. Se observan de forma escasa en las paredes de rocas. En Resumidero se observan estructuras centimétricas no mayores de 30 cm

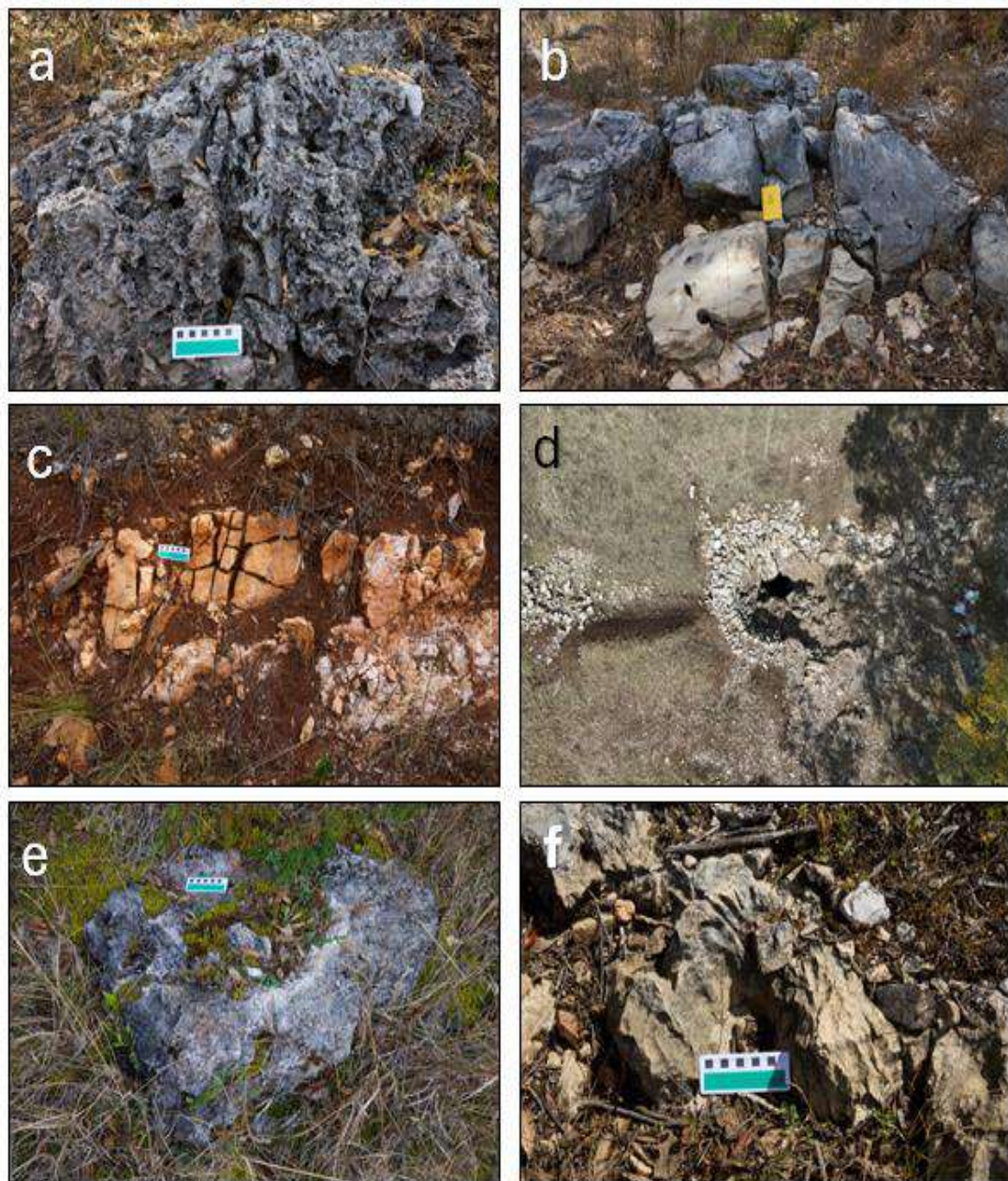


FIGURA 7. Sitio Resumidero. **a)** Estructuras de meteorización generadas por actividades biológicas (*biokarst*), principalmente plantas y microorganismos.
b) Canales de disolución en algunas fracturas de roca (*Kluftkarren*), tienen un ancho promedio de 10 cm.
c) Perfil de suelo tipo terra rosa, sobre rocas calizas.
d) Dolina de Colapso, agujero de 15 metros de profundidad.
e) *Kamenitza* de 20 cm de diámetro rellena con suelo y plantas.
f) Pequeños surcos agudos de disolución (*Rillenkarren*), sobre un lapiaz. Fuente: elaboración propia

TABLA 7. Principales morfologías kársticas identificadas y descritas en el sitio Teposcolula.
Fuente: elaboración propia

MORFOLOGÍA KÁRSTICA	DESCRIPCIÓN
Surcos agudos (<i>Rillenkarren</i>)	Pequeñas estructuras de disolución, con formas acanaladas, poco profundas y paralelas entre sí. Se observan en las paredes de rocas, siguiendo la pendiente. En el sitio Teposcolula se observan estructuras centimétricas no mayores de 30 cm
Estructuras de huellas o pisadas (<i>Trittkarren</i>)	Estructuras con forma de pisadas, con un diámetro promedio de 5 cm en este sector. Aparecen en superficies con ángulos subhorizontales
<i>Kamenitza</i>	Cavidades pequeñas redondeadas y cerradas, en forma de olla. Se caracterizan por su génesis, la cual contempla una mezcla de procesos de disolución y fricción. En el sitio Teposcolula los <i>kamenitzas</i> pueden tener entre 10 y 20 cm de diámetro
Canales de disolución en grietas (<i>Kluftkarren</i>)	Estructuras en forma de grietas que aparecen en rocas fisuradas y expuestas. Son frecuentes en paredes de roca con poca pendiente, poseen diferentes longitudes
Pozos de lluvia (<i>Rainpits</i>)	Pequeñas depresiones de pocos centímetros de diámetro. En el sitio Teposcolula no exceden el centímetro de diámetro. Se encuentran sobre el pavimento kárstico
Canales (<i>Channels</i>)	Estructuras para transporte de agua de lluvia. Son suavizadas y siguen la pendiente. En Teposcolula se observan estas estructuras son pequeñas, cercanas a 1 m
Pavimento kárstico (<i>Limestone pavements</i>)	Estructuras planas horizontales con un conjunto de fisuras que se generan por efecto de la disolución. El sitio Teposcolula se encuentra en un amplio sector de pavimento kárstico, cercano a los 100 metros cuadrados
Estructuras meandriiformes (<i>Meanderkarren</i>)	Tipologías de disolución que forman canales con estructuras sinuosas, angostas y alargadas

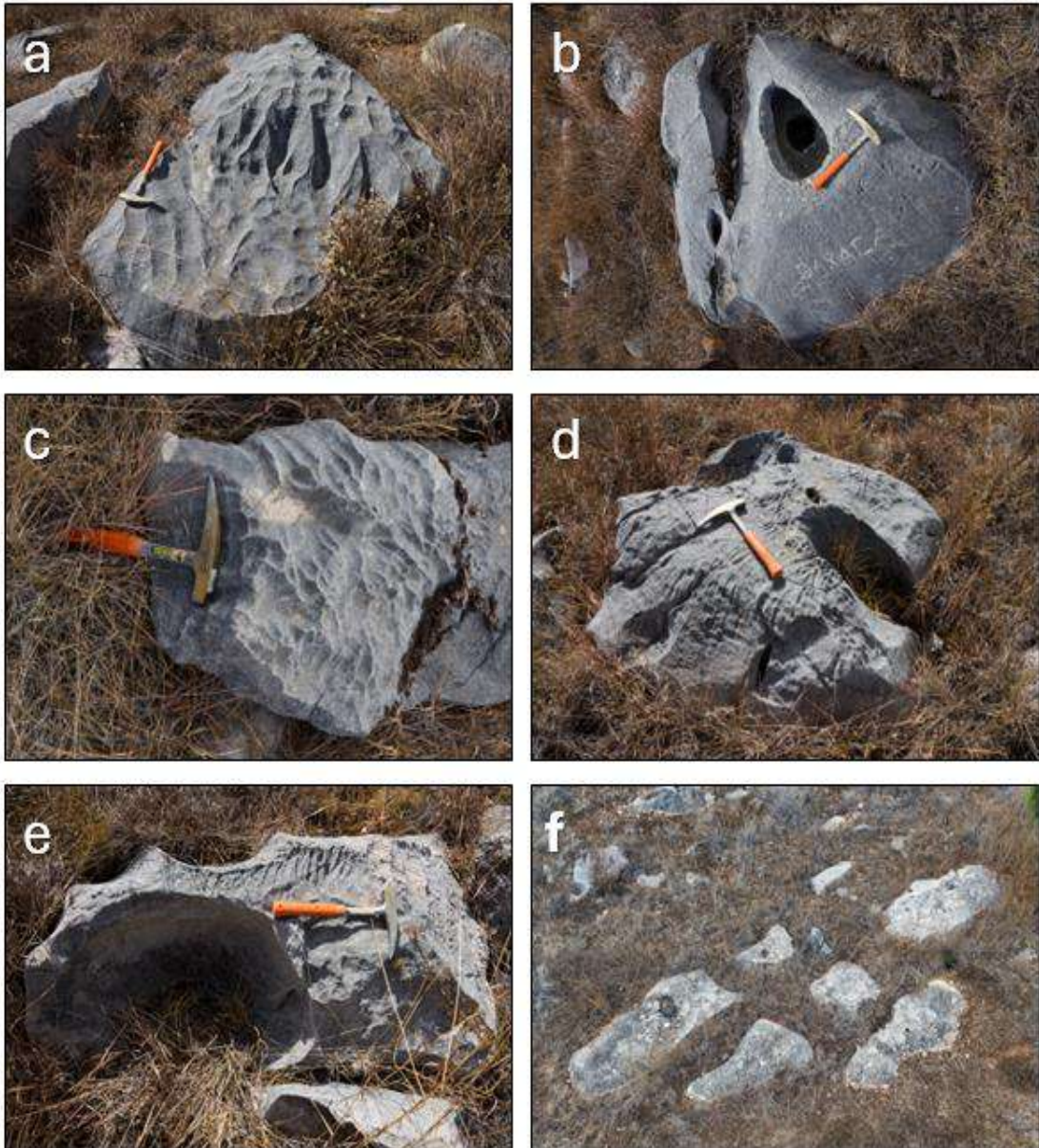


FIGURA 8. Sitio Teposcolula. **a)** Pequeños surcos agudos de disolución (*Rillenkarren*), y en la zona superior estructuras de huellas o pisadas (*Trittkarren*), sobre el pavimento kárstico.

b) *Kamenitza* subredondeada con diámetro máximo de 30 cm, junto a un canal de disolución en fractura de roca (*Kluftkarren*).

c) Surcos de disolución (*Trittkarren*) y pequeños pozos de lluvia (*Rainpits*).

d) Canales (*channels*), surcos agudos de disolución (*Rillenkarren*) y pozos de lluvia (*Rainpits*).

e) Estructuras sinuosas incompletas (*Meanderkarren*), junto con surcos de disolución (*Trittkarren*) en la parte superior.

f) Pequeña toma de parte del pavimento kárstico del sitio Teposcolula.

Fuente: elaboración propia

TABLA 8. Principales morfologías kársticas identificadas y descritas en el sitio Perales.
Fuente: elaboración propia

MORFOLOGÍA KÁRSTICA	DESCRIPCIÓN
Pavimento kárstico (<i>Limestone pavements</i>)	Estructuras planas horizontales con un conjunto de fisuras que se generan por efecto de la disolución. El sitio Perales comprende varias áreas pequeñas de pavimento kárstico, que no superan los 50 metros cuadrados
Surcos agudos (<i>Rillenkarren</i>)	Pequeñas estructuras de disolución, con formas acanaladas, poco profundas y paralelas entre sí. Se observan en las paredes de rocas, siguiendo la pendiente. En el sitio Perales se observan estructuras centimétricas no mayores de 50 cm
Pozos de lluvia (<i>Rainpits</i>)	Pequeñas depresiones de pocos centímetros de diámetro. En el sitio Perales no exceden de 2 cm de diámetro. Se encuentran sobre el pavimento kárstico
<i>Kamenitza</i>	Cavidades pequeñas redondeadas y cerradas, en forma de olla. En el sitio Perales, estas estructuras no sobre pasan los 30 cm de diámetro, y se encuentran rellenos con sedimentos y plantas
Canales (<i>Channels</i>)	Estructuras para transporte de agua de lluvia. Son suavizadas y siguen la pendiente. En Perales estas estructuras son minúsculas, alcanzando valores centimétricos
Canales de disolución en grietas (<i>Kluftkarren</i>)	Estructuras en forma de grietas que aparecen en rocas fisuradas y expuestas. Se encuentran sobre el pavimento kárstico, con longitudes no mayores de 3 metros, 50 cm de ancho
Karren del subsuelo (<i>subsoil karren</i>)	Estructuras que se desarrollan durante el periodo de enterramiento de las formas kársticas. Generan formas contrastantes y relativamente suavizadas en las rocas

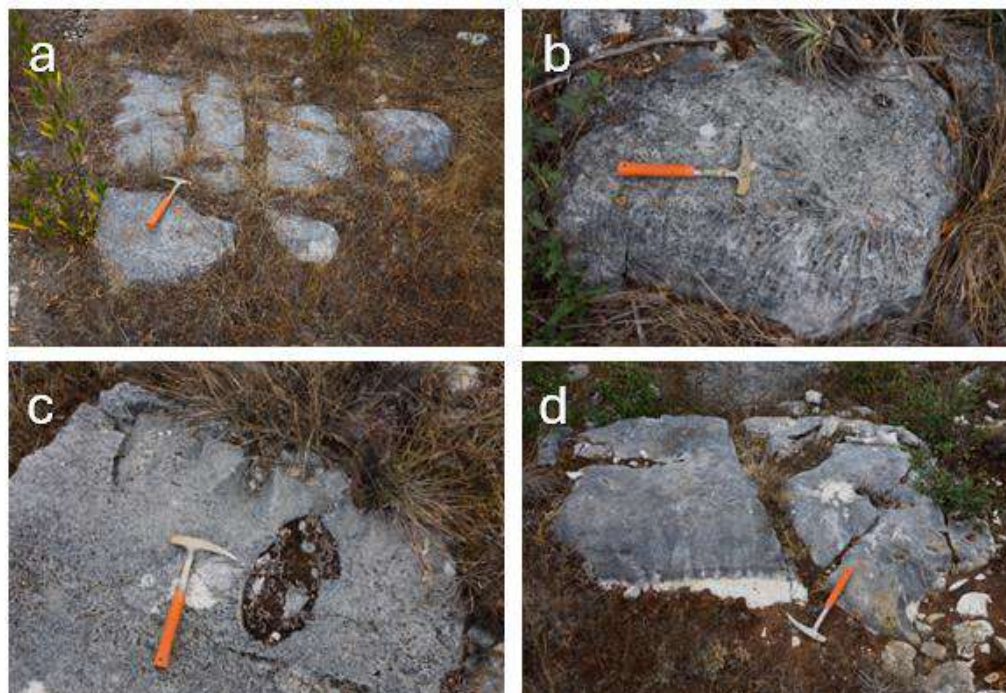


FIGURA 9. Sitio Perales. a) Segmento del pavimento kárstico del sitio Perales. Pináculos en sitio El Sótano.
b) Surcos agudos de disolución (*Rillenkarren*), y en la zona superior estructuras de huellas o pisadas (*Trittkarren*), sobre el pavimento kárstico.
c) *Kamenitza* subredondeada con diámetro máximo de 30 cm, hacia la parte superior de la imagen se observan pequeños canales (*channels*) y *rillenkarren*.
d) Fracturas de disolución en la roca (*Kluftkarren*), formando parte del pavimento kárstico, nótese el contraste de colores en la roca, lo cual está vinculado con morfologías de karren generadas en el subsuelo.

Fuente: elaboración propia

Durante la observación de las morfologías kársticas, se identificaron diversas particularidades y rasgos específicos del karst, y de manera general, se pudo constatar el limitado desarrollo de los sistemas kársticos en el área de estudio, basado en la clasificación que sugieren Waltham y Fookes (2003), lo cual sugiere la presencia de configuraciones evolutivas juveniles o jóvenes. Los sistemas kársticos experimentan una evolución que va desde etapas juveniles hasta fases maduras y seniles. Y estos procesos de madurez del karst, pueden estar relacionados con factores climáticos, siendo las zonas tropicales húmedas, más propicias que las zonas frías y secas (Palmer, 2012).

Durante los procesos previos de prospección, se pudo observar que las estructuras kársticas presentes en el área de trabajo se limitaron en un rango de longitud de decenas de centímetros a pocos metros, por lo cual se consideró centrar la búsqueda de morfología de este inventario, a microescala. Si se estima que las dimensiones espaciales están estrechamente relacionadas con las escalas temporales, la abundante presencia de morfologías de microescala confirma el carácter juvenil y joven de estos sistemas kársticos (Fookes y Hawkins, 1988). El limitado proceso evolutivo de los sistemas puede influir en la distribución de la diversidad morfológica (Sánchez-Cortez, 2024).

La presencia de materiales enterrados fue un factor común en todos los sitios estudiados, mostrando algunos depósitos de *terra rossa*, principalmente en el Resumidero. El enterramiento de las morfologías da paso a la formación de otros rasgos en el subsuelo, siendo exhumados por acción de los fenómenos erosivos locales. La morfogénesis kárstica se atribuye a factores físicos, químicos y biológicos en conjunto, no obstante, algún factor puede ser más funcional que otro, influenciado por las condiciones ambientales existentes (Febles-González *et al.*, 2021). Las marcas de enterramiento se asocian con formas típicas de erosión química, ya que el suelo puede ejercer intemperismo más activo, debido a sus altos niveles de acidez, incluso más altos que los niveles de acidez del agua. El biokarst y las bioturbaciones también marcan presencia en estos sitios, principalmente en Resumidero;

ocurre a consecuencia de la interacción biológica, ecológica y ambiental sobre la roca soluble (Ginés *et al.*, 2009). De igual forma, las estructuras endokársticas fueron casi inexistentes, tan solo los sitios El Sótano y Resumidero evidenciaron este tipo de elementos (dolinas de colapso).

3.2 Distribución de la geodiversidad intrínseca de las morfologías kársticas en el GMUMA

De acuerdo con Gray (2008, 2013), la geodiversidad se define como la variedad de procesos y características geológicas, geomorfológicas y edafológicas, así como ciertos fenómenos hidrológicos; además, posee valores excepcionales que pueden ser aprovechados por la sociedad (energía, turismo, ciencia, servicios ambientales). Al igual que en el caso de la biodiversidad, el estudio de la geodiversidad y sus diversas aplicaciones, promueven la gestión más eficiente de los recursos naturales, basado en su valor intrínseco o de existencia, considerando que todo elemento posee un valor al ser útil para el ser humano o al brindar servicios a la sociedad (Brilha, 2016).

La geodiversidad hace referencia a la cantidad y variedad de estructuras que conforman el sustrato de una región, incluyendo materiales sedimentarios, tectónicos, minerales, rocas, fósiles y suelos, sobre los cuales se desarrolla la actividad orgánica (Rojas López, 2005). El estudio de la geodiversidad se ha mostrado un tanto complejo, priorizando aspectos generales de la geología, tales como las unidades litológicas, la geomorfología y los suelos (Pereira *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2017; Carrión-Mero *et al.*, 2022); en este sentido, la diversidad kárstica involucra variables sincrónicas que coinciden con la evaluación de la distribución de la diversidad en un territorio.

La TABLA 9 presenta un resumen del número total de las morfologías observadas en cada uno de los sitios de muestreo, puntualizando que la tabla muestra las variables sobre los tipos o grupos de morfologías observadas, no se consideraron el número de ocurrencias del mismo tipo de morfologías, es decir, si se observan 10 *kamenitzas*, todas serán contabilizadas como uno. El área corresponde al valor total de las hectáreas de cada uno de

los sitios, y la geodiversidad intrínseca se obtiene aplicando la ecuación correspondiente. Al tenor de los resultados visualizados, los sitios El Sótano y Teposcolula muestran valores representativos con relación a las otras zonas. A pesar de que el sitio Resumidero tuvo un mayor número de morfologías inventariadas, la relación con el espacio del espacio no fue favorable, debido a la mayor superficie de distribución.

TABLA 9. Principales morfologías kársticas identificadas y descritas en los sitios de muestreo.

Fuente: elaboración propia

SITIO	TIPO DE MORFOLOGÍAS (M)	AREA EN Ha (A)	GEODIVERSIDAD INTRÍNSECA (IG = M/A)
Montelobos	6	4,3	1,40
El Sótano	13	4,59	2,83
Yutoto	7	5,3	1,32
Resumidero	9	4,88	1,84
Teposcolula	8	3,23	2,48
Perales	8	4,47	1,79

En la FIGURA 10 se aprecia la distribución de las áreas de geodiversidad intrínseca, a partir de la interpolación de las valoraciones obtenidas en cada sitio de muestreo, resaltando en tonalidad roja aquellos sitios con mayor valor relativo.

Es necesario puntualizar que todos los sitios poseen el mismo sustrato geológico: Formación

Teposcolula (FIGURA 1 y TABLA 1), por ende, las variables específicas que permitieron o dieron paso a la formación de las morfologías observadas, probablemente obedecen a factores particulares de para cada área en específico.

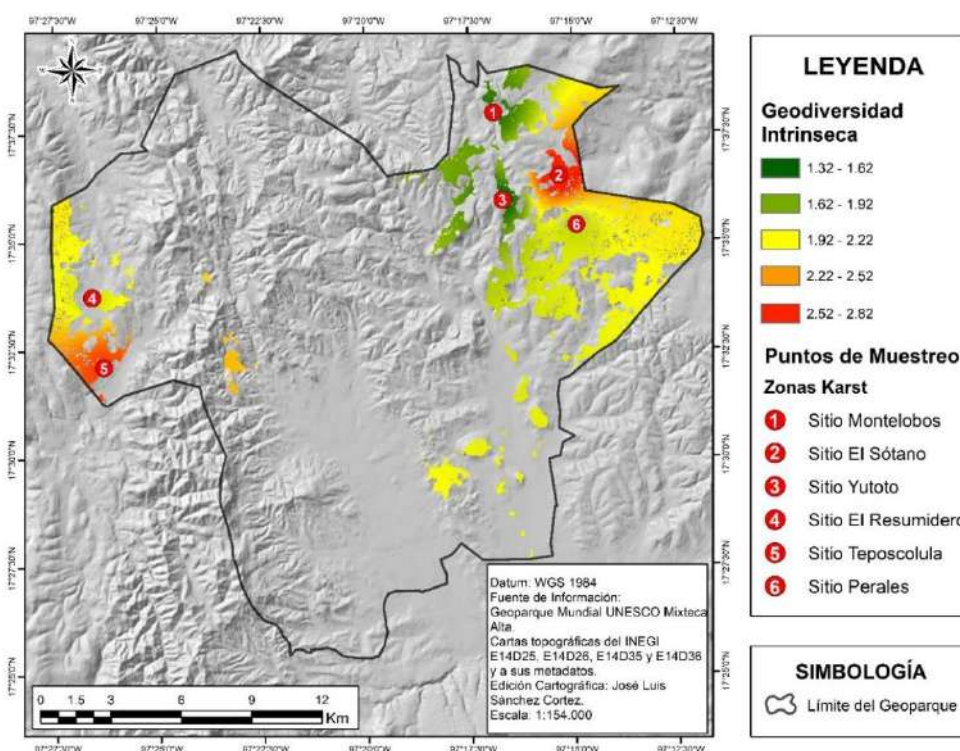


FIGURA 10. Mapa de geodiversidad intrínseca de las áreas kársticas, ubicadas en el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta. Fuente: elaboración propia

4. Conclusiones

Considerando que los Geoparques UNESCO son territorios destinados a promover procesos de conservación participativa, y en los cuales destaca su geopatrimonio, como elemento diferenciador de la geodiversidad, el presente estudio analítico de la distribución de estructuras kársticas a microescala espacial ha cumplido con el rol de visualizar como se exhibe la diversidad y heterogeneidad geológica y geomorfológica dentro de un área específica. Si bien es cierto, los valores de geodiversidad intrínseca no representan valoraciones absolutas, sino más bien patrones relativos entre cada área de muestreo, no obstante, estos parámetros proporcionan un referente de la variedad de procesos y formas existentes en áreas relativamente pequeñas.

Es importante resaltar que los valores estéticos de este tipo de morfologías representan un importante agregado al divulgar los procesos de modelado kárstico, lo cual está relacionado con el uso lúdico y

recreativo que se les otorga a estos sistemas, siendo un valioso atractivo para el geoturismo. Sin embargo, este tipo de evaluaciones no forman parte de esta investigación, aunque abren la posibilidad de su aplicación para futuros trabajos.

Sin lugar a duda, la caracterización y descripción de estas morfologías kársticas se consideran valiosas herramientas en el ámbito de desarrollar procesos geoeducativos, a partir del conocimiento de los eventos geológicos y geomorfológicos que generan el karst y sus formas, fortaleciendo el conocimiento sobre la geodiversidad y su potencial conservación. De igual forma, el uso de las dimensiones espaciotemporales y su aplicación didáctica en las rocas calizas del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, brindan la oportunidad de comprender los sucesos climáticos, ecológicos y ambientales, que alteran los sustratos geológicos en diferentes escalas.

5. Agradecimientos

Los autores extienden su agradecimiento a las comunidades locales que conforman el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, por el apoyo brindado en el presente trabajo, especialmente a las autoridades municipales y agrarias de los municipios de San Juan Teposcolula, San Bartolo Soyaltepec, San Juan Yucuita y Santa María Chachoapam, y de las Agencias Municipales de San Agustín Montelobos, Guadalupe Gavillera y San Isidro Tejocotal.

6. Referencias citadas

ANDREU, J. M.; CALAFORRA, J. M.; CAÑAVERAS, J. C.; CUEZVA, S.; DURÁN, J. J.; GARAY, P... & S. SÁNCHEZ-MORAL 2016. "Karst: un concepto muy diverso". *Enseñanzas de las Ciencias de la Tierra*, 24(1): 6-20.

ANDREYCHOUK, V. 2016. "The system nature of karst landscape and principles of cave protection resulting from it". *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementary Issues*, 60(2): 257-291. Disponible en: [DOI:10.1127/zfg_suppl/2016/00300](https://doi.org/10.1127/zfg_suppl/2016/00300).

ASSAAD, F. A. & P. E. LAMOREAUX. 2004. "Geology of indurated rocks, unconsolidated sedimentary deposits and karst terrains". En: T. H. HUGHES (Ed), *Field Methods for Geologists and Hydrogeologists*. Springer, Berlin, Heidelberg. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-662-05438-3_2.

BAGHERI, M.; ASHJA-ARDALAN, A.; GANGI, A.; HAKIMI ASIABAR, S. & M. ALI ARIAN. 2021. "Lithological Mapping and Identification of Argillic and Propylitic Alteration Zones at Anjerd Volcanic Terrain". *Revista Georaguia*, 11(1): 28-54.

BAHTIJAREVIC, A. 1996. *Karst Landforms in Florida: Geomorphological Analysis*. University of South Florida. Thesis.

- BRILHA, J. 2016. "Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: A review". *Geoheritage*, 8: 119-134. Disponible en: [DOI: 10.1007/s12371-014-0139-3](https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3).
- CARCAVILLA, L. 2006. *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos*. Universidad de Madrid, España. Tesis Doctoral..
- CARCAVILLA, L.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. y J. J. DURÁN. 2007. *Patrimonio geológico y geodiversidad: Investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos*. IGME, Madrid, España.
- CARRASCO-VELÁZQUEZ, B. E.; MORALES-PUENTE, P.; CIENFUEGOS-ALVARADO, E. y R. LOZANO- SANTACRUZ. 2004. "Geoquímica de las rocas asociadas al paleokarst cretácico en la plataforma de Actopan: evolución paleohidrológica". *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 21(3): 382-396.
- CARRIÓN-MERO, P.; DUEÑAS-TOVAR, J.; JAYA-MONTALVO, M.; BERREZUETA, E. & N. JIMÉNEZ-ORELLANA. 2022. "Geodiversity assessment to regional scale: Ecuador as a case study". *Environmental Science & Policy*, 136: 167-186. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.06.009>.
- CARVAJAL PERICO, J. H. 2012. "Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia". *Colección Guías y Manuales, Servicio Geológico Colombiano*. Bogotá, Colombia.
- CIGNA, A. & P. FORTI. 2013. "Caves: The most important geotouristic feature in the world". *Tourism and karst areas*, 6(1): 9-22.
- COE, A. 2010. *Geological field techniques*. Wiley-Blackwell Publishing Ltd. London, UK.
- DE BOER, D. H. 1992. "Hierarchies and spatial scale in process geomorphology: a review". *Geomorphology*, 4(5): 303-318. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(92\)90026-K](https://doi.org/10.1016/0169-555X(92)90026-K).
- DE WAELE, J. 2017. "Karst Processes and Landforms". En: D. RICHARDSON, N. CASTREE, M. F. GOODCHILD, A. KOBAYASHI, W. LIU, & R. A. MARSTON. (Eds), *The International Encyclopedia of Geography*. John Wiley & Sons, Hoboken. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg0968>.
- DUBOIS, C.; BINI, A. & Y. QUINIF. 2022. "Karst morphologies and ghostrock karstification". *Géomorphologie: Relief, Processus, Environnement*, 28(1). Disponible en: <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.16327>.
- FEBLES-GONZÁLEZ, J. M.; FEBLES-DÍAZ, J. M.; BRASIL DO AMARAL-SOBRINHO, N. M.; ZONTA, E. y A. V. MAURA-SANTIAGO. 2021. "Avance de los procesos kárstico-erosivos de los suelos en el polje San José de las Lajas". *Cultivos Tropicales*, 42(4): e07.
- FERNÁNDEZ, V. R. 2007. *Algunas consideraciones acerca de la escala geográfica y en geomorfología*. Centro de Geociencias Aplicadas. Facultad de Ingeniería, pp. 45-56. Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Argentina.

- FOOKES, P. G. & A. B. HAWKINS. 1988. "Limestone weathering: Its engineering significance and a proposed classification scheme". *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 21: 7-31.
- FORD, D. C. & P. WILLIAMS. 2007. *Karst hydrogeology and geomorphology*. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, UK.
- GINÉS, A.; KNEZ, M.; SLABE, T. & W. DREYBRODT. 2009 (Eds). *Karst rock features: Karren sculpturing*. Založba ZRC/ZRC Publishing, Ljubljana.
- GRAY, M. 2013. *Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature*. (2nd ed.). Wiley-Blackwell, Chichester. UK.
- GRAY, M. 2008. "Geodiversity: developing the paradigm". *Proceedings of the Geological Association*, 119: 287-298. Disponible en: [doi:10.1016/S0016-7878\(08\)80307-0](https://doi.org/10.1016/S0016-7878(08)80307-0).
- HARTZ, D.; PRASHAD, L.; HEDQUIST, B.; GOLDEN, J. & A. BRAZEL. 2006. "Linking satellite images and hand-held infrared thermography to observed neighborhood climate conditions". *Remote Sensing of Environment*, 104(02): 190-200. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.12.019>.
- HERAK, M. 1990. "Geotectonics, karst morphology, and environmental problems". *Environ. Geol. Water Sci* 15: 59-60. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF01704882>.
- KUBALÍKOVÁ, L.; CORATZA, P.; PÁL, M.; ZWOLIŃSKI, Z.; IRAPTA, P. N. & B. VAN WYK DE VRIES. 2023. "Visages of geodiversity and geoheritage: a multidisciplinary approach to valuing, conserving and managing abiotic nature". En: L. KUBALÍKOVÁ; P. CORATZA; M. PÁL; Z. ZWOLIŃSKI; P. N. IRAPTA & B. VAN WYK DE VRIES (Eds.), *Visages of Geodiversity and Geoheritage*. Geological Society, London, Special Publications, 530: 1-12. Disponible en: <https://doi.org/10.1144/SP530-2022-321>.
- LAHEE, F.H. 1985. *Geología Práctica*. Ed. Omega. España.
- LP DAAC. 2009. *ASTER User Advisory (updated: January 14, 2009)*. Disponible en: <https://lpdaac.usgs.gov/news/aster-user-advisory-updated-january-14-2009/> [Consulta: abril, 2024].
- LUGO HUBP, J. 1988. *Elementos de geomorfología aplicada (métodos cartográficos)*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- MIXTECA ALTA ASPIRING GEOPARK. 2015. *Application dossier for the Global Geopark Network*. Oaxaca, México.
- NANNI, V.; PIANO, E.; CARDOSO, P.; ISAIA, M. & S. MAMMOLA. 2023. "An expert-based global assessment of threats and conservation measures for subterranean ecosystems". *Biological Conservation*, 283. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110136>.
- NAJWER, A.; REYNARD, E. & Z. ZWOLIŃSKI. 2023. "Geodiversity assessment for geomorphosites management: Derborence and Illgraben, Swiss Alps". En: L. KUBALÍKOVÁ; P. CORATZA; M. PÁL; Z. ZWOLIŃSKI; P. N. IRAPTA & B. VAN WYK DE VRIES (Eds.), *Visages of Geodiversity and Geoheritage*. Geological Society, London, Special Publications, 530: 89-106. Disponible en: <https://doi.org/10.1144/SP530-2022-122>.

- NIETO, L. M. 2023. "Geodiversity as a tool for the Nature Conservation. Current perspectives on applied geomorphology". *IntechOpen*. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.109010>.
- NINOMIYA, Y. "2004. Lithologic mapping with multispectral ASTER TIR and SWIR data". *Sensors, Systems, and Next-Generation Satellites*, VII, 5234: 180-190. Disponible en: <https://doi.org/10.1117/12.511902>.
- NORTH, L. A. 2007. *Application and refinement of the karst disturbance index in west central Florida*. University of South Florida Master's thesis.
- PALACIO-PRIETO, J. L.; ROSADO-GONZÁLEZ, E.; RAMÍREZ-MIGUEL, X.; OROPEZA-OROZCO, O.; CRAM-HEYDRICH, S.; ORTIZ-PÉREZ, M.A.; ... & G. FERNÁNDEZ DE CASTRO-MARTÍNEZ. 2016. "Erosion, culture and geoheritage; the case of Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca, México". *Geoheritage*, 8: 359-369. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12371-016-0175-2>.
- PALMER, A. N. 2012. *Geología de Cuevas*. Dayton, Estados Unidos: Sociedad Espeleológica de Cuba, 502.
- PEREIRA, D. I.; PEREIRA, P.; BRILHA, J. & L. SANTOS. 2013. "Geodiversity assessment of Paraná State (Brazil): an innovative approach". *Environmental Management*, 52: 541-552. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00267-013-0100-2>.
- PEREIRA, M. L.; ZANON, V.; FERNANDES, I.; PAPPALARDO, L. & F. VIVEIROS. 2024. "Hydrothermal alteration and physical and mechanical properties of rocks in a volcanic environment: A review". *Earth-Science Reviews*, (252). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2024.104754>.
- PIANO, E.; MAMMOLA, S.; NICOLOSI, G. & M. ISAIA. 2024. "Advancing tourism sustainability in show caves". *Cell Reports Sustainability*, 1(3). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.crsus.2024.100057>.
- REINHART, H.; PUTRA, R. D. & M. R. RAFIDA. 2023. "Karst ecosystem services and their roles in the management of Gunung Sewu UNESCO global geopark". *Sustinere: Journal of Environment and Sustainability*, 7(3): 220-233. Disponible en: <https://doi.org/10.22515/sustinere.jes.v7i3.349>.
- RIVASES, J. 2017. *Geomorfología en la cabecera del vale de Río Esera, Benasque*. Degree in Geology. University of Zaragoza. 25. España.
- ROJAS LÓPEZ, J. R. 2005. "Los desafíos del estudio de la geodiversidad". *Revista Geográfica Venezolana*, 46(2): 143-152.
- SANCHEZ-CORTEZ, J. L.; VELEZ-MACIAS, K.; SIMBAÑA-TASIGUANO, M.; RODRIGUEZ-CALVOPIÑA, M.; FUENTES-CAMPUZANO, O. & C. FREIRE-GUERRERO. 2024. "Morphological characterization of karst geodiversity in Municipality of Archidona (Ecuador), Napo Sumaco Aspiring UNESCO Global Geopark". *Earth Sciences Research Journal*, 28(3): 305-323. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/esrj.v28n3.113933>.

- SANTAMARÍA-DÍAZ, A.; ALANIZ-ÁLVAREZ, S.A. y A. F. NIETO-SAMANIEGO. 2008. "Deformaciones cenozoicas en la cobertura de la falla Caltepec en la región de Tamazulapam, sur de México". *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 25 (3): 494-516.
- SANTOS, D. S.; MANSUR, K. L.; GONÇALVES, J. B.; ARRUDA JUNIOR, E. R. & F. C. MANOSSO. 2017. "Quantitative assessment of geodiversity and urban growth impacts in Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brazil". *Applied Geography*, 85: 184-195. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.03.009>.
- SERRANO CAÑADAS, E. y P. RUIZ FLAÑO. 2007. "Geodiversity: concept, assessment and territorial application. The case of Tiermes-Caracena (Soria)". *Boletín de la A.G.E.*, 45: 389-393.
- U.S. GEOLOGICAL SURVEY. 2020. *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Level 1 Precision Terrain Corrected Registered At-Sensor Radiance Product (AST_L1T)*. USGS EROS Data Center. Sioux Falls, Dakota del Sur, USA.
- VARGAS-GONZALES, C. 2013. "Identificación de depósitos utilizando el sensor Aster". *Geología Colombiana*, 38: 179-157.
- WALTHAM, A. C. & P. G. FOOKES. 2003. "Engineering classification of karst ground conditions". *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 3(2): 101-118. Disponible en: <https://doi.org/10.1144/1470-9236/2002-33>.
- WHITE, W. A. 1970. "The geomorphology of the Florida Peninsula". *Florida Bureau of Geology, Bulletin* 51:164.

Lugar y fecha de finalización del artículo:
Oaxaca de Juárez, México; mayo, 2025

Evaluación de riesgos geológicos al suroeste del volcán Misti,

distrito Alto Selva Alegre, Arequipa, Perú

Avaliação de riscos geológicos a sudoeste do vulcão Misti,
distrito de Alto Selva Alegre, Arequipa, Peru

Geological risk assessment Southwest of the Misti Volcano,
Alto Selva Alegre District, Arequipa, Peru

**Bruno Ramos Mardini, Edgard Gutiérrez Salinas, Madeleine Guillén Gómez,
Mauro Valdivia Bustamante y Armando Minaya Lizarraga**

Universidad Nacional de San Agustín
Facultad de Geología, Geofísica y Minas
Arequipa, Perú

bramosm@unsa.edu.pe; egutierrez@unsa.edu.pe; mguillen@unsa.edu.pe; pvaldiviab@unsa.edu.pe;
aminayal@unsa.edu.pe

Ramos: <https://orcid.org/0009-0005-7551-0720>
Gutiérrez: <https://orcid.org/0000-0003-2092-1459>
Guillén: <https://orcid.org/0000-0001-8181-8581>
Valdivia: <https://orcid.org/0000-0003-2345-2619>
Minaya: <https://orcid.org/0000-0001-5739-6315>

Resumen

El crecimiento poblacional de los asentamientos humanos en la ciudad de Arequipa, Perú no ha tenido una planificación urbanística adecuada, ya que gran parte de la población se estableció en laderas y suelos volcánicos no consolidados, exponiéndose a diversos peligros geológicos. El objetivo de esta investigación va en dos sentidos: estimar el crecimiento poblacional desde el año 2000 al 2019; y calcular el nivel de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo de los asentamientos humanos ante la ocurrencia de flujos de detritos y sismos. Para ello, se emplearon imágenes satelitales ASTER y PeruSAT-1, y se aplicó el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ), integrando datos geológicos, hidrometeorológicos y demográficos en un sistema de información geográfica (SIG). Los resultados muestran un incremento poblacional significativo en zonas de alto peligro, identificándose áreas críticas con riesgo muy alto, lo cual evidencia la necesidad de incorporar criterios geológicos en la planificación urbana.

PALABRAS CLAVE: riesgos geológicos; flujo de detritos; análisis jerárquico; crecimiento poblacional.

Resumo

O crescimento populacional dos assentamentos humanos na cidade de Arequipa, Peru, não seguiu um processo adequado de planejamento urbano, uma vez que grande parte da população se estabeleceu em encostas e em solos vulcânicos não consolidados, expondo-se a diversos perigos geológicos. O objetivo desta pesquisa é duplo: estimar o crescimento populacional no período de 2000 a 2019; e calcular os níveis de perigosidade, vulnerabilidade e risco dos assentamentos humanos diante da ocorrência de fluxos de detritos e sismos. Para isso, utilizaram-se imagens de satélite ASTER e PeruSAT-1, e aplicou-se o Processo de Análise Hierárquica (PAH), integrando dados geológicos, hidrometeorológicos e demográficos em um sistema de informação geográfica (SIG). Os resultados indicam um aumento populacional significativo em zonas de alto perigo, identificando áreas críticas com risco muito alto, o que evidencia a necessidade de incorporar critérios geológicos no planejamento urbano.

PALAVRAS-CHAVE: riscos geológicos; fluxo de detritos; análise hierárquica; crescimento populacional.

Abstract

The population growth of human settlements in the city of Arequipa, Peru, has not been adequate planning process, as a large part of the population settled on slopes and unconsolidated volcanic soils, exposing themselves to various geological hazards. The objective of this research is twofold: to estimate population growth from 2000 to 2019; and to calculate of the level of danger, vulnerability, and risk of the human settlements in the event of debris flows and earthquakes. For this purpose, ASTER and PeruSAT-1 satellite images were used, and the Hierarchy Analytic Process (AHP) was applied, integrating geological, hydrometeorological, and demographic data into a geographic information system (GIS). The results show a significant population increase in high-risk areas, identifying critical areas with very high risk, which highlights the need to incorporate geological criteria into urban planning.

KEYWORDS: geological risks; debris flow; hierarchical analysis; population growth.

1. Introducción

La ciudad de Arequipa (Perú) se ha caracterizado, en las últimas décadas, por un crecimiento poblacional acelerado y una inadecuada planificación territorial, lo que ha favorecido la consolidación de asentamientos humanos en zonas de alta susceptibilidad a fenómenos naturales, como las laderas de los volcanes Misti y Chachani. Estas áreas tienen características topográficas, geomorfológicas y geológicas que favorecen el desarrollo de diversos peligros naturales (Thouret *et al.*, 2013; 2014).

Los registros históricos y diversas evaluaciones confirman que Arequipa ha estado expuesta a terremotos, inundaciones, flujos de detritos y erupciones volcánicas (Delaite *et al.*, 2005; Cobeñas *et al.*, 2012). En particular, los asentamientos humanos del distrito de Alto Selva Alegre, ubicado al noroeste de la ciudad, presentan una alta vulnerabilidad debido a su localización en quebradas y suelos volcánicos no consolidados.

El riesgo que enfrenta una población está condicionado por la interacción entre el peligro, la exposición y la vulnerabilidad de los elementos en riesgo (Carreño *et al.*, 2004; 2006; Schneiderbauer y Ehrlich, 2004). El peligro se entiende como la manifestación de un fenómeno natural de determinada magnitud y frecuencia (Thouret *et al.*, 2013), mientras que la vulnerabilidad se refiere a la probabilidad de sufrir daños frente a dicho fenómeno (Birkmann, 2006; Künzler *et al.*, 2012). En este contexto, los flujos de detritos asociados a lluvias intensas entre diciembre y marzo (Martelli, 2011; Sandri *et al.*, 2014) y los sismos vinculados a la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, con una convergencia de 8 as por -10 cm/año (Giovanni *et al.*, 2002) representan las principales amenazas en la zona de estudio.

En este sentido, la investigación se orientó a dos propósitos principales: (i) estimar el crecimiento poblacional de los asentamientos humanos de Alto Selva Alegre desde el año 2000 hasta el 2019, mediante el análisis de imágenes satelitales ASTER y PeruSAT-1; y (ii) calcular el

nivel de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo de dichos asentamientos frente a la ocurrencia de flujos de detritos y sismos, utilizando el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ), (Saaty, 1980) e integrando información geológica, hidrometeorológica y demográfica en un sistema de información geográfica (SIG). Los resultados obtenidos permiten identificar áreas críticas de riesgo muy alto, cuya delimitación constituye un insumo esencial para la planificación urbana y la gestión del riesgo en la ciudad de Arequipa.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio La zona de estudio está ubicada en el departamento de Arequipa, Perú, distrito de Alto Selva Alegre en la parte sur occidental del volcán Misti, comprometiendo a cinco asentamientos humanos (FIGURA 1) con un área de $3,57$ km². Por su ubicación en el extremo occidental de Sudamérica, presenta un clima templado con temperaturas entre 11°C a 22°C , con una humedad relativa promedio anual de 12% y una precipitación media anual de 95mm y donde los vientos poseen una dirección predominante de este y oeste (Castro *et al.*, 2020).

2.2 Método empleado Se integraron datos geofísicos, geotécnicos, geológicos, fisiográficos y satelitales, obteniéndose seis capas temáticas. La geología, geomorfología y pendientes se cartografiaron a una escala $1:10.000$. El mapa de densidad de suelos se obtuvo interpolando datos de densidad de 12 calcatas y de 8 líneas geofísicas (refracción sísmica). Los datos estructurales de las viviendas (material predominante de pared y estado de conservación de la vivienda), se obtuvieron por medio de encuestas a nivel de manzanas. Mientras que los datos económicos y sociales se consiguieron de la Plataforma Nacional de Datos Georreferenciados de Geo Perú. Lográndose adquirir un conjunto de datos que conforman factores condicionantes del terreno para la evaluación del peligro y datos demográficos para

la evaluación de la vulnerabilidad, los cuales fueron organizados, clasificados y trabajados en formato vectorial en el software ArcGIS 10.5 a una escala 1:10.000.

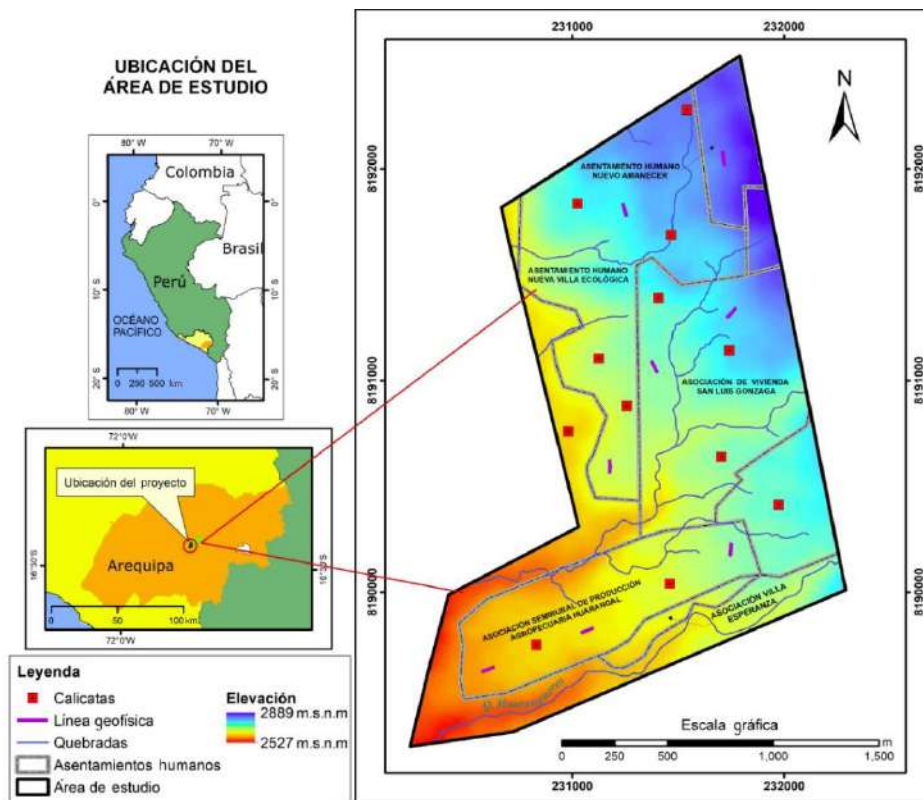


FIGURA 1. Ubicación del área de estudio. Se muestra los asentamientos humanos y la distribución espacial de las líneas geofísicas y de las calicatas. Fuente: elaboración propia

2.3 Crecimiento poblacional

Se analizó el crecimiento urbano de Arequipa entre 2000-2019 usando imágenes satelitales ASTER para aquellos años y PerúSAT-1 (2019). Los archivos VNIR y SWIR se descargaron del portal *Earth Explorer* del *United States Geological Survey* (USGS), y la imagen PerúSAT-1 se obtuvo de la Agencia Espacial del Perú CONIDA. Las imágenes se corrigieron radiométrica, geométrica y atmosféricamente con ENVI V.5.3 y ATCOR4 para determinar el Factor de Reflectividad Hemisférica Direccional (HDRF). Se aplicó a una región de interés (ROI) para eliminar distorsiones en los bordes de las imágenes ASTER.

Los datos se importaron a QGIS 3.10.0 para corrección radiométrica usando el método *Dark*

Object Subtraction Keys (Chávez, 1996) utilizando el Plugin de Clasificación Semi-Automática (SCP). Las imágenes ASTER de 2000_coratm y 2019_coratm se procesaron en QGIS 3.10 con corrección atmosférica y composición RGB 2-3-1 para resaltar la vegetación. Se aplicó la calculadora ráster para restar la banda 1 de la imagen 2000_coratm. Se cambió el estilo de capas a pseudocolor monobanda y se aplicó la desviación media estándar 2,00, con la finalidad de separar las dos imágenes. Se hizo un *subset* a la imagen ASTER aplicando el *density slice*, dividiendo el rango de brillo en intervalos y asignando colores para mejorar la interpretación de los datos.

2.4 Análisis multicriterio

El Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ), desarrollado por Saaty (1980), es una metodología de apoyo a la toma de decisiones que permite jerarquizar factores y asignarles un peso relativo en función de su importancia.

En el ámbito de la gestión del riesgo de desastres, ha sido adoptado por el CENEPRED (2014) como herramienta para integrar variables físicas, sociales y ambientales en la estimación de peligro, vulnerabilidad y riesgo.

Para calcular los pesos ponderados de los descriptores, se utilizó el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ) (Saaty, 1980), que incluye: (i) separar el problema en factores, (ii) ordenar los componentes por importancia, (iii) asignar valores numéricos según una escala (TABLA 1), (iv) preparar una matriz de comparación y (v) calcular el vector de priorización. Las inconsistencias en la comparación de pares se detectan y corrigen mediante los índices de consistencia (TABLA 2). Los pesos ponderados determinan los valores de peligro, vulnerabilidad y riesgo, clasificados en cuatro niveles: muy alto, alto, medio y bajo.

TABLA 1. Escala numérica de comparación de pares del análisis jerárquico. Fuente: Saaty, 1997

Escala numérica	Escala verbal
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que...
7	Muchísimo más importante o preferido que...
5	Más importante o preferido que...
3	Ligeramente más importante o preferido que...
1	Igual o diferente a ...
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que...
1/5	Menos importante o preferido que...
1/7	Muchísimo menos importante o preferido que...
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que...
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores

TABLA 2. Índices de relación de consistencia para matrices de 3x3 hasta 16x16. Fuente: Saaty, 1980

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I	0,52	0,88	1,1	1,25	1,34	1,40	1,45	1,48	1,51	1,53	1,55	1,57	1,58	1,59
A	5	2	5	2	1	4	2	4	3	5	5	0	3	5

2.5 Adquisición de datos geotécnico

Se realizó un análisis geotécnico para determinar las propiedades y clasificación del suelo, mediante actividades de campo y laboratorio. Estos procedimientos permitieron caracterizar las propiedades físicas y clasificar el suelo conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). El área de estudio está compuesta por arena mal graduada con gravas y 40% de bolonería volcánica, proveniente de material

aluvial y fluvioglacial. La capacidad portante promedio es de 1,43kg/cm².

2.6 Adquisición de datos geofísicos

Se utilizó la refracción sísmica para determinar las velocidades de onda de compresión, el espesor y la consistencia de los estratos, evaluando la viabilidad de la construcción de viviendas. Se realizaron 8 ensayos con tendidos de 75 m (FIGURA 1), usando el Equipo Geode de 24 canales según

la norma ASTM D5777 (2000). Se emplearon geófonos de 14Hz, un martillo de 25 lb y una placa metálica, con un intervalo de muestreo de 0,5 m y un tiempo de registro de 0,2 segundos, obteniendo datos de tiempo en 5 posiciones a lo largo de cada línea.

2.7 Determinación del peligro

El peligro se determinó en función de la susceptibilidad y del parámetro de evaluación del fenómeno. La susceptibilidad se calculó a partir de los factores condicionantes y desencadenantes del terreno. Para los flujos de detritos, los factores condicionantes fueron la geología, geomorfología, pendiente y distancia entre drenajes, mientras que el factor desencadenante correspondió a precipitaciones máximas de 33 a 35 mm con un periodo de retorno de 20 años. En el caso de la sismicidad, se consideraron como factores condicionantes la densidad, pendiente, geología y geomorfología; la magnitud del evento se tomó como factor desencadenante y la intensidad como parámetro de evaluación, con valores mayores a 8,0 Mw y una intensidad entre IX y X.

2.8 Factores condicionantes

2.8.1 Geología

La información geológica se obtuvo mediante la interpretación de cartografía oficial a escala 1:10 000, complementada con revisión bibliográfica y verificación en campo. Las unidades litológicas identificadas se integraron en el SIG para su análisis con las variables de peligro y vulnerabilidad (FIGURA 2A).

2.8.2 Geomorfología

El análisis geomorfológico se efectuó mediante la interpretación de modelos digitales de elevación (MDE) e imágenes ASTER y PeruSAT-1, delimitando unidades morfoestructurales, tipos de pendiente y zonas de acumulación o erosión.

Estas se cartografiaron y clasificaron según su morfodinámica en ArcGIS 10.5 (FIGURA 2B).

2.8.3 Pendiente

El plano de pendientes se elaboró mediante un mapeo netamente interpretativo. En vista que una mayor pendiente incrementa el peligro ante un flujo y un sismo, se realizó una clasificación general de pendientes (FIGURA 2C).

2.8.4 Densidad El mapa de densidad se obtuvo mediante interpolación de datos geofísicos y geotécnicos con *kriging* ordinario en ArcGIS 10.5, clasificando los resultados en cinco intervalos de densidad para su posterior análisis espacial.

2.8.5 Distancia entre quebradas

El plano se generó con geoprocésamiento en ArcGIS 10.5 usando la herramienta *Euclidean Distance*. Las quebradas se mapearon con la imagen satelital PeruSAT-1 y las distancias se clasificaron en rangos de 0 a 50 m, 50 a 100 m, 100 a 150 m, 150 a 250 m y más de 250 m.

2.9 Factores desencadenantes Los factores desencadenantes que se consideraron fueron: precipitación máxima para flujo de detritos y magnitud para sismos. Las cinco precipitaciones máximas fueron registradas por la estación La Pampilla (TABLA 3) entre 1981 y 2019. La magnitud se clasificó según CENEPRED en cinco descriptores: Mayor a 8,0 Mw, 7,9 a 6,0 Mw, 4,5 a 5,9 Mw, y 3,5 a 4,4 Mw.

2.10 Parámetros de evaluación del fenómeno

Los parámetros de evaluación incluyen el periodo de retorno e intensidad para flujo de detritos y sismos. El tiempo de retorno se calculó con la fórmula de Weibull (Chow, 1964) para las cinco precipitaciones máximas (TABLA 3). La intensidad sísmica se clasificó según CENEPRED en: XI – XII, IX – X, VII – VIII, V – VI y II – IV.

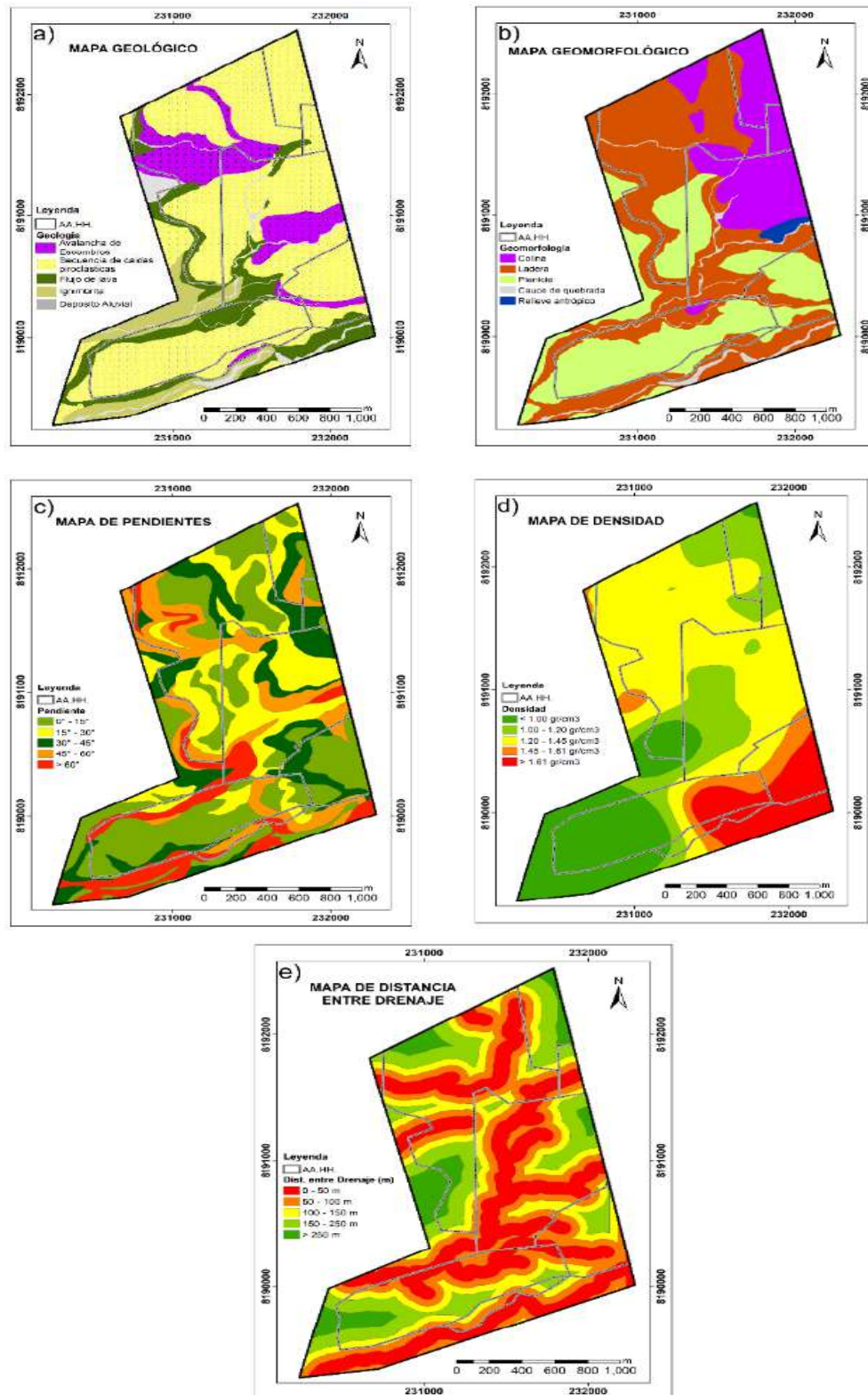


FIGURA 2. (a) Geológico; (b) Geomorfológico; (c) pendientes; (d) densidad, y (e) distancia entre drenajes. Fuente: elaboración propia

TABLA 3. Precipitaciones máximas y tiempos de retorno. Fuente: elaboración propia

Año	P Máx. (mm)	Periodo de retorno (años)
1997	26	10
2008	35	40
2012	23	5
2015	42	50
2016	33	20

2.11 Determinación de la vulnerabilidad

Se evaluaron las dimensiones económica y social de 378 manzanas de los asentamientos humanos, considerando los componentes de exposición, fragilidad y resiliencia. La vulnerabilidad económica se relaciona con las actividades e infraestructuras expuestas a fenómenos naturales, que afectan tanto la economía de la población como la del Estado; mientras que la vulnerabilidad social se centra en la población directamente expuesta. Para esta evaluación se recopiló información sobre las características físicas de las viviendas y de la población, organizadas en diez parámetros.

2.12 Determinación del riesgo

El riesgo se calcula en función del peligro y la vulnerabilidad, representado por la ecuación:

$$Rie | t = f(P_i, V_e) | t$$

Donde:

R = Riesgo

f = En función

P_i = Peligro con la intensidad mayor o igual a *i* durante un período de exposición *t*

V_e = Vulnerabilidad de un elemento expuesto

Esta ecuación está adaptada a la Ley N°29664, que crea el CENEPRED. La clasificación del nivel de riesgo utiliza una matriz de doble entrada: grado de peligro y grado de vulnerabilidad.

3. Resultados

Al procesar las imágenes ASTER y restar la banda 1 (región verde) de la imagen del año 2000, se obtuvo una composición en tonos de gris con valores entre -0,129938 y 0,320827. Posteriormente, se aplicó pseudocolor

monobanda con una desviación estándar de 2,00, obteniendo nuevos valores mínimos (-0,0418483) y máximos (0,552912) y generando cuatro clases con el color magma. El histograma se ajustó mediante la media \pm 2 desviaciones estándar, donde los valores cercanos a la media representan píxeles sin cambios, los negativos indican áreas que existían en el 2000 pero desaparecieron en 2019, y los positivos, zonas nuevas ocupadas por población, destacadas en amarillo.

Al comparar las imágenes, se observa que en el año 2000 no existían asentamientos humanos (AA.HH.), mientras que en 2019 se evidencia un crecimiento poblacional hacia las laderas del volcán Misti (FIGURA 3A). El *density slice* de la imagen ASTER muestra las zonas de población asentada en amarillo, corroboradas con la imagen PeruSAT-1 (FIGURA 3B). Las áreas verdes corresponden a lomas redondeadas y los tonos azules a laderas empinadas o zonas deprimidas (FIGURA 3C).

3.1 Niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo

Se calculó el peligro de flujo de detritos (FIGURA 4A) y sismos (FIGURA 4B), considerando factores condicionantes, desencadenantes y de evaluación. Los pesos ponderados se calcularon con matrices de (Saaty, 2008), (TABLA 4; TABLA 5). El peligro por flujo de detritos se clasificó en cuatro niveles: muy alto, alto, medio y bajo. Las zonas de muy alta peligrosidad corresponden a cauces de quebradas y laderas abruptas. Este peligro afecta menos a los asentamientos humanos, ya que están en zonas de pendientes moderadas a llanas. La peligrosidad se clasificó según los rangos que se observan en la TABLA 6.

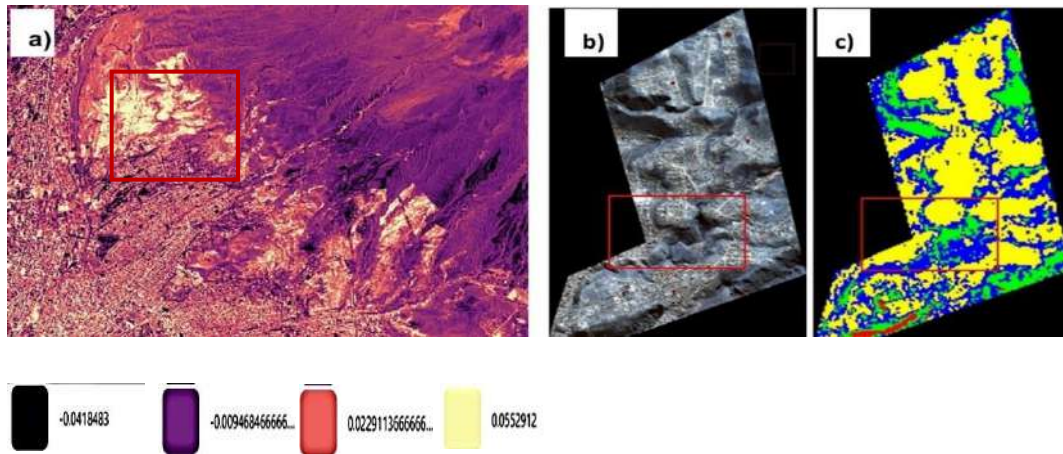


FIGURA 3. (a) Imagen generada con pseudocolor, y la rampa de color magma; (b) Imagen PeruSAT-1 y (c) density slice

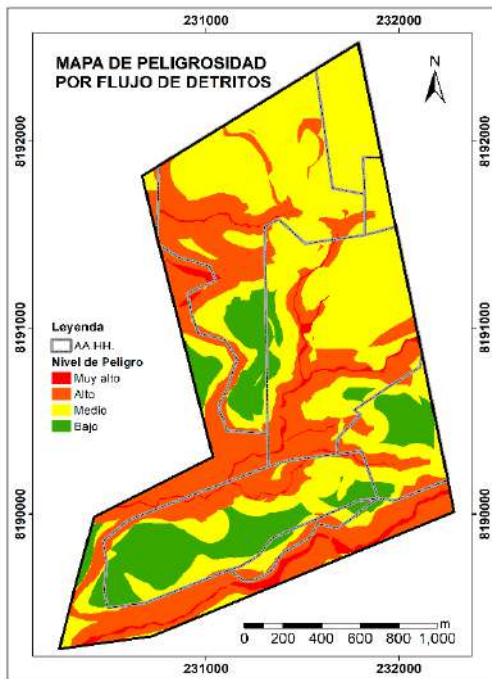


FIGURA 4a. Peligrosidad por flujo de detritos. Fuente: elaboración propia

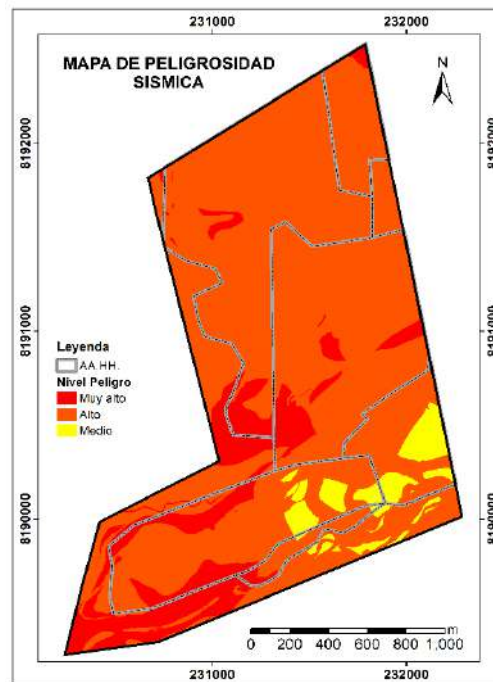


FIGURA 4b. Peligrosidad por sismos. Fuente: elaboración propia

La peligrosidad sísmica se clasificó en tres niveles: muy alta, alta y media. El nivel muy alto se focaliza en flujos de lava andesíticos, que están muy fracturados y podrían generar caída de rocas en un evento sísmico. El nivel alto se extiende por casi toda la zona, especialmente al norte, mientras que el sureste presenta un nivel medio debido a la alta densidad del suelo.

TABLA 4. Pesos ponderados para la evaluación del peligro sísmico. Fuente elaboración propia

Peligrosidad	Peso	Factores	Peso	Factores	Peso	Factores	Descriptor	Peso
	0,2	Parámetro de Evaluación	1	Parámetro de Evaluación	1,000	Periodo de retorno	cada 5 años	0,478
							cada 10 años	0,253
							cada 20 años	0,146
							cada 40 años	0,080
							cada 50 años	0,044
	0,8		0,8		0,455	Geología	Deposito aluvial	0,469
							Secuencia de caídas piroclásticas	0,267
							Depósito de avalancha de escombros	0,133
							Ignimbrita	0,088
							Flujo de lava andesítica	0,042
					0,289	Geomorfología	Cauce de quebrada	0,363
							Laderas	0,293
							Relieve antrópico	0,183
							Colina	0,109
							Planicie	0,052
	0,8		0,8		0,175	Pendiente	> 60°	0,477
							45° - 60°	0,224
							30° - 45°	0,169
							15° - 30°	0,088
							0° - 15°	0,043
					0,081	Distancia entre drenajes	0 a 50 m	0,471
							50 a 100 m	0,244
							100 a 150 m	0,152
							150 a 250 m	0,088
							Mayor a 250 m	0,044

TABLA 5. Pesos ponderados para la evaluación del peligro a flujo de detritos. Fuente: elaboración propia

Peligrosidad	Peso	Factores	Peso	Factores	Peso	Factores	Descriptor	Peso
	Peligrosidad	0,2		1		1,000		Entre XI – XII
Entre IX – X								0,292
Entre VII – VIII								0,152
Entre V – VI								0,077
Entre III – IV								0,051
	0,8		0,8		0,496	Densidad	< 1.0	0,414
							1.0 - 1.2	0,290
							1.20 - 1.45	0,161
							1.45 - 1.61	0,087
							> 1.6	0,048
					0,278	Pendiente	>60°	0,480
							45° - 60°	0,226
							30° - 45°	0,161
							15° - 30°	0,089
							0° - 15°	0,045
					0,155	Geología	Secuencia de caídas piroclásticas	0,448
							Depósito de avalancha de escombros	0,240
							Depósito aluvial	0,180
							Ignimbrita	0,088
							Flujo de lava andesítico	0,044
					0,071	Geomorfología	Laderas	0,439
							Relieve antrópico	0,280
							Colina	0,143
							Planicies	0,097
							Cauce de quebrada	0,042
	Susceptibilidad		0,2	Factor desencadenante	1,000	Magnitud	Mayor a 8.0	0,401
							7.9 a 6.0	0,304
							4.5 a 5.9	0,147
							3.5 a 4.4	0,086
							Menor a 3.4	0,062

TABLA 6. Niveles de peligrosidad a flujo de detritos y sismos. Fuente: elaboración propia

Nivel de peligro	Rangos de peligrosidad a flujos de detritos			Rangos de peligrosidad ante sismo		
Muy alto	0,46	< P ≤	0,262	0,431	< P ≤	0,276
Alto	0,262	< P ≤	0,148	0,276	< P ≤	0,158
Medio	0,148	< P ≤	0,087	0,158	< P ≤	0,086
Bajo	0,087	< P ≤	0,044	0,086	< P ≤	0,05

Se evaluó la vulnerabilidad a flujo de detritos (FIGURA 5a) y sismos (FIGURA 5b), cuyos pesos de la dimensión económica se consideraron iguales. Para el caso del flujo de detritos se obtuvieron tres niveles de vulnerabilidad: alta, media y baja. Las manzanas con alta vulnerabilidad se concentran en el asentamiento humano de Huarangal, solo el 6,08% de las viviendas presentan un nivel bajo de vulnerabilidad. Dentro de los resultados, el factor exposición (peso 0,633) muestra que el parámetro grupo etario (peso 1,00) asigna los valores más altos a los grupos de 65 años y más (0,432) y de 0 a 14 años (0,295). En este mismo factor, el parámetro sin abastecimiento de agua (peso 0,619) alcanza su mayor peso en el rango de 80 a 100% (0,439). En cuanto al factor fragilidad (peso 0,26), el parámetro sin abastecimiento de luz (peso 0,284) registra un valor máximo de 0,409 en el rango de 80 a 100%, mientras que el parámetro sin desagüe (peso 0,096) también resulta más crítico en ese mismo rango (0,413).

Por otro lado, en el factor resiliencia (peso 0,106), el parámetro acceso a seguro (peso 1,00) alcanza un valor de 0,474 en los hogares con un acceso de 80 a 100%. En la dimensión económica (peso 0,45) se evaluaron tres factores: exposición, fragilidad y resiliencia. El factor exposición (0,633) considera el número de viviendas, donde más de 35 viviendas tienen un valor de 0,503, entre 25 y 35 viviendas 0,26, de 16 a 25 viviendas 0,134, de 6 a 15 viviendas 0,068 y de 1 a 6 viviendas 0,035. Además, se incluye el estado de conservación de las viviendas (peso 0,260), con valores de 0,4 para estado muy malo, 0,302 para malo, 0,165 para regular, 0,094 para bueno y 0,038 para muy bueno. El factor fragilidad (0,260) considera el material predominante de las paredes: madera (0,416), sillar (0,306), varios materiales (0,155), bloqueta (0,081) y ladrillo (0,043). Finalmente, la resiliencia (0,106) se analiza en función de la PEA, con valores de 0 a 19,9% (0,502), 20 a 39,9% (0,254), 40 a 59,9% (0,119), 60 a 79,9% (0,076) y 80 a 100% (0,049).

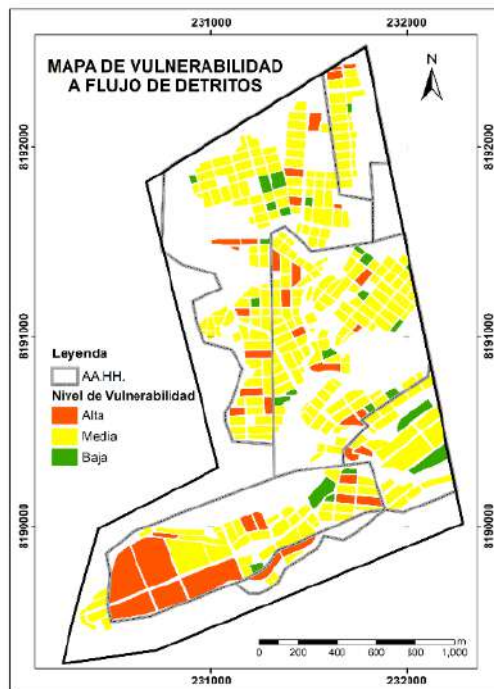


FIGURA 5a. Vulnerabilidad a flujo de detritos.
Fuente: elaboración propia

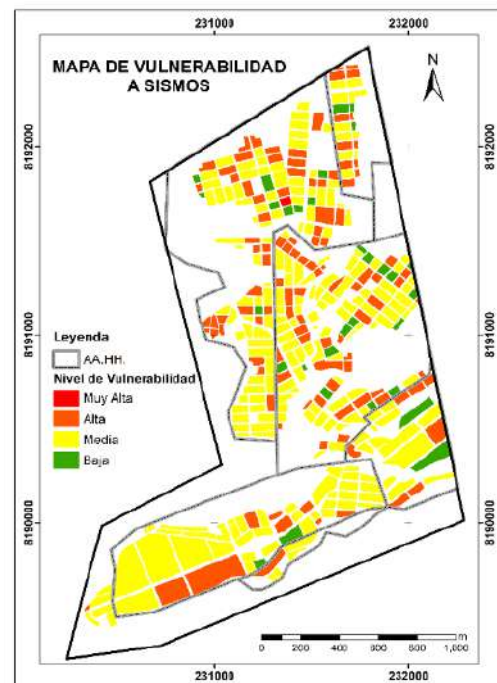


FIGURA 5b. Vulnerabilidad a sismos.
Fuente: elaboración propia

Finalmente, se obtuvieron dos mapas de riesgo: flujo de detritos (FIGURA 6a) y sismos (FIGURA 6b). El primero afecta a las manzanas ubicadas en

Sin embargo, para el sismo se tiene que la mayoría de las manzanas presentan un nivel de riesgo alto, presentándose con más incidencia en los asentamientos humanos de Huarangal, Nueva

quebradas o zonas cercanas, mientras que la mayoría de la población está en áreas no expuestas a este peligro.

Villa Ecológica y Nuevo Amanecer. La clasificación del riesgo se realizó tomando en cuenta los rangos obtenidos en el análisis multicriterio (TABLA 7).

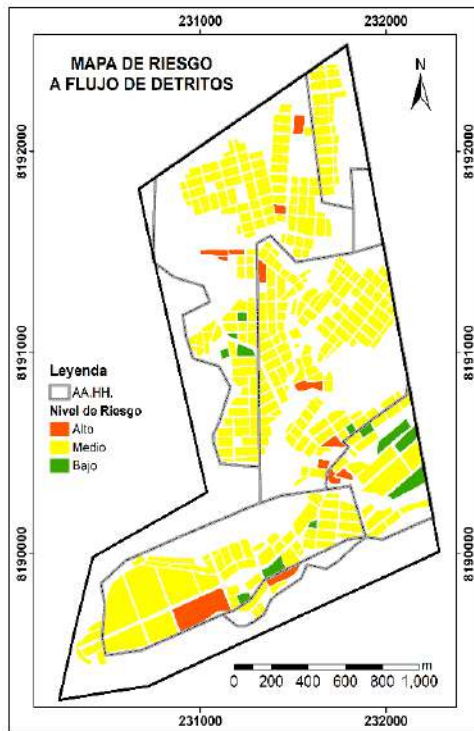


FIGURA 6a. Riesgo a flujo de detritos
Fuente: elaboración propia

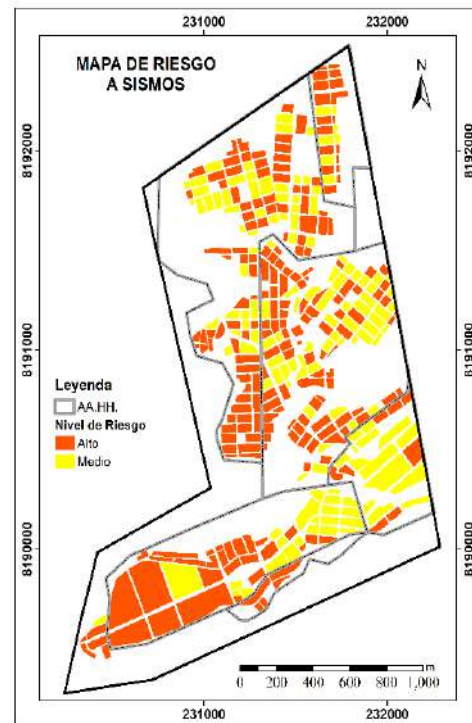


FIGURA 6b. Riesgo a sismos.
Fuente: elaboración propia

TABLA 7. Niveles de riesgo a flujo de detritos y a sismos. Fuente: elaboración propia

Nivel de riesgo	Rangos a riesgo por flujo de detritos	Rangos a riesgo sísmico
Muy alta	0,074 <R≤ 0,209	0,074 <R≤ 0,209
Alta	0,021 <R≤ 0,074	0,021 <R≤ 0,074
Media	0,007 <R≤ 0,021	0,007 <R≤ 0,021
Baja	0,002 <R≤ 0,007	0,002 <R≤ 0,007

4. Discusión

Los resultados obtenidos muestran que el peligro sísmico representa la principal amenaza para los asentamientos humanos del distrito de Alto Selva Alegre, debido a la presencia de suelos poco consolidados con densidades inferiores a $1,2 \text{ g/cm}^3$. Esta característica favorece la amplificación de las ondas sísmicas, lo que incrementa la probabilidad de daños estructurales, en concordancia con lo señalado por Martelli (2011) y CENEPRED (2014), quienes destacan la influencia de la geotecnia local en la severidad de los impactos sísmicos.

En cuanto a los flujos de detritos, su ocurrencia está directamente asociada a las precipitaciones intensas del verano austral y a la morfología del terreno, especialmente en las quebradas activas y laderas con pendientes pronunciadas. Este patrón coincide con los resultados obtenidos por Delaite *et al.* (2005) y Sandri *et al.* (2014), quienes demostraron que la acumulación de material piroclástico y la falta de infraestructura de drenaje son factores que aumentan la susceptibilidad a este tipo de eventos.

Por otro lado, la alta vulnerabilidad estructural y social de la población incrementa el nivel de riesgo general. Las edificaciones precarias, la carencia de servicios básicos y la ocupación de zonas inestables reflejan un proceso de crecimiento urbano desordenado, similar al observado en otras ciudades andinas (Birkmann, 2006; Carreño *et al.*, 2006).

5. Conclusión

En el presente trabajo, se obtuvieron los niveles de riesgo a flujo de detritos y sísmicos. El peligro sísmico puede afectar más a los asentamientos humanos, ya que los estudios geofísicos y geotécnicos demuestran que los suelos no son consolidados y, en su mayoría, presentan densidades menores a $1,2 \text{ gr/cm}^3$. Los flujos de detritos se desencadenan principalmente en los cauces de quebradas y en laderas abruptas, afectando a manzanas ubicadas en el mismo cauce. El riesgo sísmico muestra que la mayoría de las manzanas presentan un riesgo alto.

6. Agradecimientos

Agradecimiento especial a la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa por el financiamiento del proyecto de investigación IBAIB-01-2018-UNSA, por ceder el tiempo para la culminación de este estudio, como producción académica derivada de la labor docente.

7. Referencias citadas

- ASTM D5777-00. 2000. *Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation*. Disponible en: [DOI: 10.1520/D5777-18](https://doi.org/10.1520/D5777-18).
- BIRKMANN, J. 2006. *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies*. United Nations University Press. Bonn, Alemania. ISBN 92-808-1135-5.
- CARREÑO, M.; CARDONA, O. y A. BARBAT. 2006. *Sistemas de indicadores para la evaluación de riesgos*. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE), MIS51. ISBN: 84-95999-70-6. Barcelona, España.

- CARREÑO, M.; CARDONA, O. y A. BARBAT. 2004. *Metodología para la evaluación del desempeño de la gestión de riesgo*. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE), MIS51. ISBN: 84-95999-66-8. Barcelona, España.
- CASTRO, A.; CORREA, K.; AVALOS, G.; PORRAS, P.; CASTRO, V.; RODRÍGUEZ, L.; QUISPE, N. y K. QUISPE. 2020. *Informe Técnico: análisis del periodo lluvioso 2019/2020 a nivel nacional*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12542/519>.
- CENEPRED. 2014. *Manual para evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales*. Vol. 2. Lima, Perú.
- CHÁVEZ, P. S. 1996. "Image-Based Atmospheric Corrections – Revisited and Improved". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62(9): 1.025-1.036. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/236769129_ImageBased_Atmospheric_Corrections_-_Revisited_and_Improved.
- CHOW, V. T. 1964. *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill Book Company. New York, Estados Unidos.
- COBEÑAS, G.; THOURET, J. C.; BONADONNA, C. & P. BOIVIN. 2012. "The c. 2030 yr. BP-old Plinian eruption of El Misti, Peru: characteristics of the fallout and pyroclastic flows, and eruption dynamics". *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 241-242: 106-120. Disponible en: [doi:10.1016/j.jvolgeores.2012.06.006](https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2012.06.006).
- DELAITE, G.; THOURET, J. C.; SHERIDAN, M.; LABAZUY, PH.; STINTON, A.; SOURIOT, T. & C. VAN WESTEN. 2005. "Assessment of volcanic hazards of El Misti and in the city of Arequipa, Peru, based on GIS and simulations, with emphasis on lahars". *Zeitschrift für Geomorphologie, Neue Folge*, 140: 209-231.
- GIOVANNI, M. K.; BECK, S. L. & L. WAGNER. 2002. "Geophysical Research Letters". *Geophysical Research Letters*, 29(21): 2018. Disponible en: [doi:10.1029/2002GL015774](https://doi.org/10.1029/2002GL015774).
- KÜNZLER, M.; HUGGEL, C. & J. M. RAMÍREZ. 2012. "A risk analysis for floods and lahars: case study in the Cordillera Central of Colombia". *Natural Hazards*, 64: 767-796. Springer. Disponible en: [doi:10.1007/s11069-012-0271-9](https://doi.org/10.1007/s11069-012-0271-9).
- MARTELLI, K. M. 2011. *The physical vulnerability of urban areas facing the threat of inundation from lahars and floods: application to the city of Arequipa, Peru*. Laboratoire Magmas et Volcans, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, Francia. Tesis de Doctorado (inédita).
- SAATY, T. 2008. "Decision making with the analytic hierarchy process". *International Journal of Services Sciences*, 1(1): 83-98. Disponible en: [doi:10.1504/IJSSCI.2008.017590](https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590).
- SAATY, T. 1980. *The Analytical Hierarchy Process*. McGraw-Hill. New York, Estados Unidos.

- SAATY, T. 1997. *Toma de decisiones para líderes: El Proceso Analítico Jerárquico en la toma de decisiones en un mundo complejo*. Traducción de Mauricio Escude y, Eduardo Martínez y Luis Vargas. RWS Publications. Pittsburgh, Estados Unidos.
- SANDRI, L.; THOURET, J. C.; CONSTANTINESCU, R.; BIASS, S. & R. TONINI. 2014. "Long-term multi-hazard assessment for El Misti volcano (Peru)". *Bulletin of Volcanology*, 76: 1-26. Disponible en: [doi:10.1007/s00445-013-0771-9](https://doi.org/10.1007/s00445-013-0771-9).
- SCHNEIDERBAUER, S. & D. EHRLICH. 2004. *Risk, hazard, and people's vulnerability to natural hazards: a review of definitions, concepts and data*". Joint Research Centre, European Commission, EUR21410.
- THOURET, J. C.; ETTINGER, S.; GUITTON, M.; MARTELLI, K.; SANTONI, O.; MAGILL, C.; REVILLA, V. y J. A. CHARCA. 2014. "Assessing physical vulnerability in large cities exposed to debris flows and flash floods: the Arequipa (Peru) case study". *Natural Hazards*, 73(3): 1771-1815. Disponible en: [doi:10.1007/s11069-014-1172-x](https://doi.org/10.1007/s11069-014-1172-x).
- THOURET, J. C.; ENJOLRAS, G.; MARTELLI, K.; SANTONI, O.; LUQUE, J. A.; NAGATA, M.; ARGUEDAS, A. y L. MACEDO. 2013. "Combining criteria for delineating lahar- and flash-flood-prone hazard and risk zones for the city of Arequipa, Peru". *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13: 339-360. Disponible en: [doi:10.5194/nhess-13-339-2013](https://doi.org/10.5194/nhess-13-339-2013).

Lugar y fecha de finalización del artículo:
Arequipa-Perú; octubre, 2025
Revisión: octubre, 2025

Políticas públicas locales de conservación ambiental, cordillera del Bálsamo, cantón Sucre, provincia de Manabí, Ecuador

Políticas públicas locais de conservação ambiental, cordilheira do Bálsamo,
cantão Sucre, província de Manabí, Equador

Local public policies for environmental conservation, Bálsamo mountain range,
Sucre Canton, Manabí Province, Ecuador

**José Gerardo Cedeño Zambrano¹, Vladimir Aguilar Castro²,
Holanda Teresa Vivas Saltos³ y José Randy Cedeño Zambrano⁴**

¹ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador

² Universidad de Los Andes, Grupo de Trabajo sobre Asuntos Indígenas (GTAI), Mérida, Venezuela

³ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador

⁴ Universidad Laica Ely Alfaro, Manabí, Ecuador

jgcedeno@espm.edu.ec; gerceza@gmail.com; vaguilarula@gmail.com; teresa.vivas@espm.edu.ec;
joser.cedeno@uleam.edu.ec

Cedeño J. G.: <https://orcid.org/0000-0002-9669-3539>

Aguilar: <https://orcid.org/0000-0003-3794-8709>

Vivas: <https://orcid.org/0000-0003-3544-443X>

Cedeño J. R.: <https://orcid.org/0000-0001-8770-1579>

Resumen

El artículo tiene como objetivo proponer lineamientos de políticas públicas locales para fortalecer la conservación ambiental de la cordillera del Bálsamo. Se adoptó un enfoque mixto combinando la recolección de datos cuantitativos y cualitativos. Se realizó un diagnóstico de los componentes socioeconómicos y ambientales de la zona, considerando los aspectos físicos, biológicos y la situación socioeconómica de la población en la zona de influencia. La información ambiental se recabó a través de fuentes primarias y secundarias. Se analizó la normativa vigente que rigen la conservación de la cordillera del Bálsamo. Finalmente, se propusieron cuatro lineamientos de políticas públicas locales orientados a fortalecer la conservación de este espacio natural.

PALABRAS CLAVE: conservación; desarrollo sostenible; lineamientos; políticas públicas.

Resumo

O artigo tem como objetivo propor diretrizes de políticas públicas locais para fortalecer a conservação ambiental na Cordilheira do Bálsamo. Foi adotada uma abordagem mista, combinando coleta de dados quantitativos e qualitativos. Foi realizado um diagnóstico dos componentes socioeconômicos e ambientais da área, considerando os aspectos físicos e biológicos, bem como a situação socioeconômica da população da área de influência. As informações ambientais foram coletadas por meio de fontes primárias e secundárias. Foram analisadas as normas vigentes que regem a conservação da cordilheira do Bálsamo. Finalmente, foram propostas quatro diretrizes de políticas públicas locais para fortalecer a conservação deste espaço natural.

PALAVRAS-CHAVE: conservação; desenvolvimento sustentável; diretrizes; políticas públicas.

Abstract

This article aims to propose local public policy guidelines to strengthen environmental conservation in the Balsamo cordillera. A mixed approach was adopted, combining quantitative and qualitative data collection. A diagnosis of the area's socioeconomic and environmental components was conducted, considering the physical and biological aspects, as well as the socioeconomic status of the population in the area of influence. Environmental information was collected through primary and secondary sources. Current regulations governing the conservation of the Balsamo cordillera were analyzed. Finally, four local public policy guidelines were proposed to strengthen the conservation of this natural space.

KEYWORDS: conservation; sustainable development; guidelines; public policies.

1. Introducción

A escala planetaria los sistemas económicos, socio-culturales y políticos están deteriorando con sus acciones al medio ambiente del planeta (Avellán, 2019). La naturaleza está siendo afectada a un ritmo sin precedentes, debido a que el 75% del medio ambiente terrestre a nivel mundial está severamente alterado por las acciones humanas. Si bien las áreas protegidas sostienen el 7% de los mares y el 15% de los ambientes terrestre, incluidos los ecosistemas de agua dulce, tan solo cubren parcialmente áreas importantes de diversidad biológica [Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas (IPBES), 2019].

Bax y Francesconi (2019) exteriorizan que en el mundo se identifican alrededor de veinticinco áreas consideradas como puntos de importancia de biodiversidad. A razón de que en *"el 1,4% del territorio del planeta se encuentran el 44% de las plantas y el 35% de animales vertebrados terrestres."* (Torrescano *et al.*, 2018: 66).

Ecuador es considerado un punto de concentración debido a que un pequeño territorio reúne una enorme biodiversidad, distribuida en sus cuatro regiones: Sierra (cordillera de los Andes), Costa, con varias playas, Amazonia, con importante presencia de selvas, e Insular, conformada por las conocidas islas Galápagos. En la región Costa se observan algunos de los mayores bosques secos tropicales del mundo [The Nature Conservancy (TNC), 2023]; está dividida políticamente en siete provincias y cuenta con 24 áreas protegidas que reúnen una gran cantidad de taxones nativos y endémicos (Rosete *et al.*, 2023).

En la provincia de Manabí existe un área conocida como la cordillera del Bálsamo, que posee un remanente de bosque dentro del corredor Choco-Manabí, con una superficie de 8.512 hectáreas, formado de bosque tropical seco, muy seco o seco espinoso. Estas tres clasificaciones pertenecen a los 91 tipos de ecosistemas registrados en el Ecuador Continental (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013). En esta área se concentra algo más de 100 especies de aves y un gran número

de especies de flora y fauna endémicas (BirdLife International, 2024).

Cabe mencionar que la cordillera del Bálsamo está fraccionada en varios terrenos privados, donde algunos propietarios participan en temas de conservación, y otros están degradando parte de este ecosistema por el avance de sus actividades antropogénicas. Los proyectos extractivos comunes, como la explotación de madera, asentamientos humanos y la expansión de la frontera agrícola, han incidido directamente sobre la diversidad biológica (Puentestar, 2015).

Por lo señalado, la conservación de las áreas naturales ha aumentado en los últimos años y, por tal razón, Ecuador se sitúa como el séptimo país con mayor superficie dedicada a la conservación de áreas protegidas en América Latina. Actualmente cuenta con 49 áreas protegidas, que representan el 19% del territorio nacional (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, s/f).

Además, es importante mencionar que la provincia de Manabí cuenta con el Sistema de Áreas de Conservación Provincial (SACP), cuya finalidad es *"conservar los recursos naturales a través de la gestión integral y sistémica del patrimonio natural, la diversidad biológica, sus componentes, y los bienes y servicios ambientales que generan, en la Provincia de Manabí."* (Gobierno Provincial de Manabí, 2014).

Según el Instituto Nacional de Biodiversidad (2019), existen zonas con potencial de conservación provincial o comunitaria, que no cuenta con alguna categoría de protección o clasificación establecida por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Lo antes mencionado representa la problemática ambiental de la cordillera del Bálsamo, debido a que esta área no cuenta con un respaldo normativo que regule este espacio natural.

Esta problemática se podría reducir formalizando leyes para la conservación de esta área natural. Barragán (2108), menciona que, si bien la normativa ecuatoriana cuenta con el desarrollo político e institucional que busca generar soluciones a los diversos retos de la

gestión ambiental, siguen existiendo problemas relacionados con la aplicación de estos marcos.

Los factores de amenaza que enfrentan las áreas de conservación ambiental representan un problema de vulnerabilidad para el ecosistema, el cual se ve debilitado por un manejo ambiental inadecuado. Esta situación genera ineficiencias en la formulación y aplicación de políticas públicas destinadas a proteger los recursos bajo régimen de administración especial (Cadena y Escobar, 2022). La degradación del área de la cordillera del Bálsamo se debe al avance de las actividades antropogénicas, complementada por la ausencia de la aplicación de políticas públicas por parte de los gobiernos sectoriales. De ahí que esta investigación se haya centrado en proponer lineamientos de políticas públicas locales para fortalecer la conservación ambiental en la cordillera del Bálsamo del cantón Sucre, provincia de Manabí.

2. Materiales y métodos

Se adoptó un enfoque mixto, integrando datos cuantitativos y cualitativos para analizar los componentes socioambientales del área de estudio y el marco legal de conservación. Fue de tipo descriptivo, basada en investigación de campo y revisión documental, lo que permitió caracterizar la población y su entorno. Además, se aplicó investigación-acción para proponer lineamientos que orienten la formulación de políticas locales vinculadas a la declaratoria del Área de Conservación de la Cordillera del Bálsamo.

2.1 Área de estudio

La investigación se desarrolló en el Área de Conservación Cordillera del Bálsamo, ubicada entre las parroquias Bahía de Caráquez, Leónidas Plaza y Charapotó, en el cantón Sucre, provincia

de Manabí. Esta zona presenta una temperatura media de 24°C y una precipitación anual promedio de 184 mm. El cantón exhibe una geomorfología alomada, de tipo premontañoso, con altitudes que no superan los 200 msnm (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Sucre, 2020). La cordillera del Bálsamo abarca una superficie de 8.750,12 hectáreas, y su acceso puede realizarse tanto por vía terrestre como acuática (FIGURA 1), y se distribuye de la siguiente manera: 7.151,71 ha se corresponden con la zona de protección; 769,80 ha con la zona de recuperación; 733,56 ha a la zona de uso sostenible; 74,34 ha se destinan a uso público, turismo y recreación y 20, 71 son de manejo comunitario de áreas protegidas marino-costeras.

2.2 Población y muestra

Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2023), el cantón Sucre cuenta con una población total de 62.841 habitantes, de los cuales 50.645 residen en las parroquias de Bahía de Caráquez y Charapotó, áreas de interés para esta investigación debido a que la cordillera del Bálsamo se extiende entre ambas y su conservación repercute indirectamente en sus pobladores. Para la determinación de la muestra se consideró únicamente a la población mayor de 18 años, que asciende a 35.578 personas según el Censo de Población y Vivienda de 2022. Dado que durante las salidas de campo se constató que una parte de la población no estuvo dispuesta a proporcionar información, se optó por aplicar un margen de error del 9,5%, superior al estándar del 5%, con un nivel de confianza del 95% ($Z=1.96$). Como resultado, se aplicaron 105 encuestas en las zonas pobladas de las parroquias mencionadas, a fin de recopilar datos representativos para el análisis.

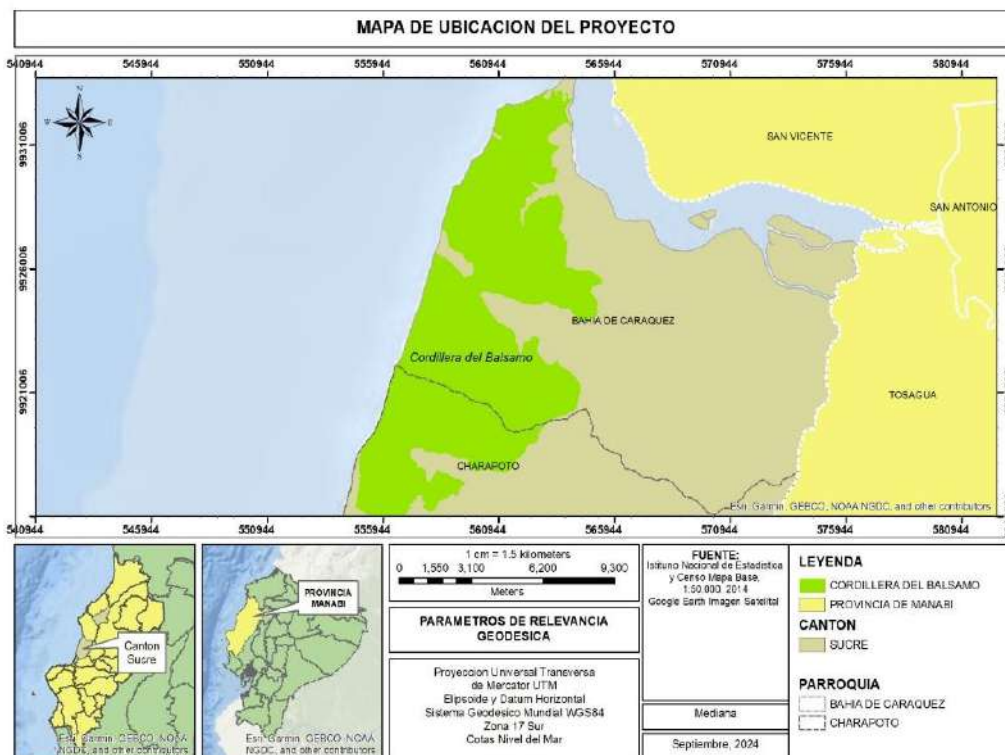


FIGURA 1. Localización de la cordillera del Bálamo

2.3 Procedimiento

2.3.1 Área de Conservación Cordillera del Bálamo

✓ Caracterización socioeconómica

El análisis socioeconómico se realizó con la población que habita en el área referencial del área de estudio (Soto *et al.*, 2020). Para la ejecución de la encuesta, se seleccionaron personas cuya edad es mayor a 18 años, intuyendo que son económicamente independientes, capaces de tener coherencia sobre la protección del ambiente. Adicional, se incluyó la percepción y conocimiento sobre los recursos naturales considerando como preguntas básicas: ¿Conoce que es la cordillera del Bálamo? ¿Estaría dispuesto a realizar o participar de acciones para proteger la cordillera del bálamo? ¿Qué acciones estaría dispuesto a realizar para la conservación de la cordillera del Bálamo? (Ramos *et al.*, 2021).

Por otra parte, se obtuvo información general sobre edad, sexo, estado civil y nivel de escolaridad actual. Se incluye la consulta sobre de la actividad económica del jefe de hogar, sobre el suministro de servicios básicos (agua, energía, tratamiento de la basura, servicio y sanitario) y el material y estado de las paredes exteriores, techo y piso (Aarón *et al.*, 2018).

La encuesta se ejecutó en varios sectores de las parroquia Charapotó y Bahía de Caráquez.

✓ Caracterización ambiental

Consistió en el análisis de variables físicas y biológicas, algunas provenientes de la fase de recopilación de información y otras obtenidas a través del trabajo de campo (Aguiló *et al.*, 2014). La información secundaria fue recopilada y revisada mediante bibliografía relevante sobre el componente físico y biótico, obtenida de

publicaciones e informes técnicos disponibles en el municipio de Sucre, el Gobierno Provincial de Manabí, el Ministerio del Ambiente y otras fuentes (Vélez y Coello, 2017).

La selección de la información se llevó a cabo considerando tres criterios principales: a) pertinencia temática, lo que permitió obtener datos específicos sobre las variables descritas; b) fiabilidad, privilegiando publicaciones de fuentes oficiales, académicas o técnicas reconocidas; y c) cobertura geográfica, priorizando datos relacionados con el área de estudio, especialmente del municipio de Sucre y la provincia de Manabí. Las variables, subvariables y características fueron obtenidas de la "Guía para el estudio del medio físico y biológico" propuesta por Aguiló *et al.* (2014).

2.3.2 Cordillera del Bálsamo. Análisis de los instrumentos de políticas públicas orientados a su conservación

Se ejecutó una revisión de la normativa, consultándose el tipo de reserva a la que corresponde la cordillera del Bálsamo, cuándo y cuáles entidades la declararon. Adicionalmente, se registró el estado del proceso legal del Plan de Manejo Ambiental (Ramos *et al.*, 2021). Seguidamente, se analizó la necesidad de implementación de política pública mediante un análisis FODA, el cual constituye un instrumento de planificación estratégica que suministra directrices mediante la identificación de la misma, donde se representan las fortalezas y debilidades internas, así como también las oportunidades y amenazas de los factores externos, dependientes de las tendencias del entorno para su cambio (Oña y Vega, 2018).

2.3.3 Cordillera del Bálsamo. Diseño de lineamientos de políticas públicas locales para fortalecer su conservación ambiental

Se llevó a cabo una revisión de los 'Lineamientos para la creación y gestión de Áreas de Conservación y Uso Sustentable Autónomas Descentralizadas, Comunitarias y Privadas', emitidos por el Ministerio del Ambiente de Ecuador (2017), con el objetivo de identificar aquellos lineamientos más pertinentes para su

aplicación en el Área de Conservación Cordillera del Bálsamo. Esta revisión permitió enfocar los lineamientos de políticas públicas en la creación, gestión y seguimiento de áreas de conservación, además del fortalecimiento de la protección y sostenibilidad ecológica de la cordillera del Bálsamo. A partir de este análisis, se definieron los objetivos de las políticas públicas propuestas, orientadas a transformar problemáticas identificadas y aprovechar las oportunidades para el desarrollo y conservación de esta área estratégica (Cedeño, 2025).

3. Resultados y discusión

3.1 Área de Conservación Cordillera del Bálsamo. Caracterización socioeconómica y ambiental

La población encuestada fue de 105 personas. En cuanto al género, se evidencia una disparidad en la muestra: el 75,23% corresponde al género masculino, mientras que el 24,75% al femenino. El grupo etario más representado fue el de 40 a 54 años, con un 44,77% de participación. Asimismo, el 91,43% de los encuestados pertenece a la Población Económicamente Activa (PEA), cuyo grupo se encuentra conformado por personas de 15 años y más, y el 58,10% cuenta con un nivel educativo superior a la educación básica.

En términos de ocupación, la principal actividad económica es el transporte terrestre de pasajeros (20,00%), seguida de la construcción (16,19%) y la pesca (13,33%), entre otras. Respecto a las características de las viviendas, el 77,14% son de propiedad de los encuestados, y el 81,90% corresponde al tipo casa o villa. La mayoría posee dos dormitorios (49,52%) y techos de zinc (56,19%), cuyo estado es calificado como bueno por el 80,95% de los encuestados. El piso predominante es de ladrillo o cemento (47,62%) y el estado del mismo es considerado bueno en el 86,66% de los hogares. Las paredes son mayoritariamente de ladrillo (42,86%), y el 88,57% señala que su estado es bueno.

En relación con los servicios básicos, el 100% de las viviendas dispone de energía eléctrica, el 95,24% cuenta con agua potable a través de la red pública, y el 97,14% tiene conexión a internet. El 88,57% posee servicio de alcantarillado,

mientras que el resto utiliza letrinas o fosas sépticas. Solo el 3,81% cuenta con telefonía fija; el 2,85% accede al agua mediante tanquero y un 1,90% no dispone de este servicio.

Los resultados también muestran que el 69,52% de la población no conoce la cordillera del Bálsamo ni los servicios ambientales que esta ofrece, lo cual se asocia con un desconocimiento sobre la gestión de políticas públicas en el área. No obstante, el 85,71% considera importante aplicar políticas de protección ambiental, y el 91,43% manifestó disposición a participar en acciones de conservación.

Considerando la caracterización ambiental, la cordillera del Bálsamo posee una superficie de 8.750,12 ha, constituida geológicamente por formaciones diversas. Las características climáticas entre el periodo 2017-2022 determina una temperatura máxima de $\pm 27^{\circ}\text{C}$ y mínima de $\pm 25^{\circ}\text{C}$. La humedad relativa es variada, se reportan datos entre un rango del 83% al 85%. En cuanto a la precipitación, se remarcan los meses de la época seca y húmeda; esta última inicia en diciembre y finaliza en mayo. Se reportan máximas precipitaciones mensuales de 226 mm a 130 mm; en la época seca se reflejan valores cercanos a cero mililitros.

La flora de la cordillera del Bálsamo está compuesta por 94 especies, distribuidas en 20 especímenes de árboles, 20 definidas como árboles o arbustos, y el estrato herbáceo con 24

especies que cuentan con endemismo que se encuentran el peligro según el Libro Rojo de la UICN. La cordillera del Bálsamo, durante el período 2020 al 2022, perdió 104,31 ha. de bosque nativo. Alrededor de 157 especies de fauna están presente en el área de conservación, 102 son aves, 31 mamíferos y 24 reptiles o anfibios.

3.2 Cordillera del Bálsamo. Análisis de los instrumentos de políticas públicas relativos a su conservación

Los instrumentos de políticas públicas inherentes a la conservación de la cordillera del Bálsamo se muestran en la TABLA 1. De acuerdo con lo establecido, este territorio se reconoce como un área de conservación de la biodiversidad, enmarcada dentro de la categoría de servidumbres ecológicas, tanto voluntarias como obligatorias. De acuerdo con la normativa vigente, el Gobierno Provincial de Manabí es la entidad competente para declarar esta categoría de conservación y ha iniciado el proceso de elaboración del Plan de Manejo del Área de Conservación Cordillera del Bálsamo. Sin embargo, hasta la fecha no se ha emitido ni aprobado la Ordenanza que oficialice la declaratoria del área de conservación, motivo por el cual no fue posible evaluar dicho instrumento jurídico.

TABLA 1. Normativa aplicable al tipo de área de conservación de la cordillera del Bálsamo

Normativa	Registro oficial	Artículo
Código Orgánico Ambiental	Registro Oficial Suplemento 983 de 12/abr, 2017	Art. 26, 27, 28, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61
Código Orgánico De Organización Territorial	Registro Oficial Suplemento 303 de 19-oct.-2010. Última modificación: 31-dic.-2019	Art. 41, 42, 54, 64, 65, 136
Código Orgánico Integral Penal	Suplemento del Registro Oficial No. 180 de 10 de febrero de 2014	Art. 245, 247
Reglamento Del Código Orgánico Ambiental	Registro Oficial No. 752 12 de junio de 2019	Art. 83, 142, 751
Ordenanza Provincial que Establece El Sistema De Áreas de Conservación del Gobierno Provincial de Manabí	En vigencia desde su sanción el 28 de marzo de 2014	Art. 1, 2, 3

Con el propósito de sustentar la necesidad de implementar una política pública, en la **TABLA 2** se presenta un análisis FODA que identifica cinco fortalezas, seis debilidades, cuatro oportunidades y cinco amenazas relevantes para la conservación de la cordillera del Bálsamo.

TABLA 2. Análisis FODA inherentes a la conservación de la cordillera del Bálsamo

Fortalezas		Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Superficies con geología, morfología y pendiente estable • Clima agradable y consistente en el tiempo • Amplia biodiversidad de flora y fauna • Normativa ambiental que regula los aspectos básicos de las áreas de conservación • Zonificación del área de conservación 		<ul style="list-style-type: none"> • Personas comprometidas con la conservación de la cordillera del Bálsamo • Se pueden desarrollar varias actividades en las diferentes zonas del área de conservación • Conservación del área natural, con la oportunidad de declarar zona de extracción de carbono • Una vez ejecutado el plan de manejo, se puede considerar autosustentable económicamente
FODA		
Debilidades		Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Flujo de agua intermitente • Desconocimiento de la existencia del área de conservación • Impericia de los servicios ambientales que oferta el área de conservación • Falta de difusión de medios de comunicación masiva sobre esta área de conservación • Inexistencia de política pública que regule las actividades presentes en el área de conservación • Ausencia de la aplicación del Plan de Manejo del área de conservación 		<ul style="list-style-type: none"> • Movimiento de masa en las costas del área de conservación • Áreas propensas a inundación y tsunamis. • Afectación a la fauna silvestre • Pérdida de la cobertura vegetal • Actividades extractivas no reguladas

3.3 Diseño de lineamientos de políticas públicas locales para fortalecer la conservación ambiental en la cordillera del Bálsamo

La **TABLA 3** detalla los lineamientos de políticas públicas orientados a la creación, gestión y seguimiento del Área de Conservación de la Cordillera del Bálsamo. Estos lineamientos se estructuran a partir de criterios institucionales y

normativos, definiendo las competencias de los gobiernos autónomos descentralizados (GAD) provinciales, cantonales y parroquiales, así como el rol de los propietarios privados, con el objetivo de establecer un marco de gobernanza que garantice el uso sustentable, la protección de la biodiversidad y la eficacia en la implementación del plan de manejo del área.

TABLA 3. Lineamientos de la creación y gestión de áreas de conservación

Criterio	Lineamiento	Descripción
El GAD provincial poseerá atribuciones para crear libre y voluntariamente ACUS autónomas descentralizadas en su competencia territorial de conformidad con lo determinado en la legislación	Reconocimiento legal del área de conservación y uso sustentable del área	El Gobierno Provincial de Manabí en conformidad a sus atribuciones conferida por los diferentes cuerpos normativos del Ecuador es la encargada en declarar el área de conservación
Los Gobiernos Autónomos Descentralizados en conjunto con los propietarios privados tendrán plena potestad para administrar y gestionar las áreas de conservación	Administración de áreas de conservación	<p>Gobierno Provincial de Manabí Conforme a las competencias establecidas al GAD Provincial de Manabí deberá administrar el ACUS, capitalizarán el sostenimiento económico, gestión, y control de la misma, con recursos propios o financiamiento tanto a nivel nacional como internacional. Será responsable de ejecutar los mecanismos de seguimiento, con el objeto de garantizar el cumplimiento del plan de manejo</p> <p>Propietarios Privados Coordinaran las actividades a ser implementadas para el cumplimiento al plan de manejo del área de conservación</p>
	Gestión de áreas de conservación	<p>Gobierno Provincial de Manabí Generará “planes, programas y proyectos para la protección, manejo, restauración, investigación, prevención incendios forestales y riesgos que afectan a bosques y vegetación natural o bosques plantados.”</p> <p>Gobierno Municipal de Sucre Elaborará planes, de forestación y reforestación y de manejo de vida silvestre.</p> <p>Gobierno Parroquial de Bahía de Caráquez y Charapotó Tomará medidas de educación ambiental, y vigilancia ciudadana</p> <p>Propietarios privados Son los responsables de la ejecución de las actividades del plan de manejo, esto conlleva a la relación multilateral con los gobiernos autónomos en sus diferentes niveles</p>
Los gobiernos autónomos descentralizados realizarán el seguimiento y evaluación del área de conservación	Del seguimiento y evaluación a la implementación de las actividades	En conformidad con el cronograma valorado el GPM realizara la evaluación periódica con el objetivo de evidenciar la eficiencia de la gestión del área, y con eso dar seguimiento al cumplimiento de los objetivos y metas de conservación

La TABLA 4 presenta los objetivos de las políticas públicas propuestas para la conservación de la cordillera del Bálsamo. Estos buscan garantizar una gestión ambiental integral y sostenible del área, mediante el establecimiento de un marco

legal, técnico y participativo que permita proteger su biodiversidad, regular el uso del territorio y orientar las actividades humanas hacia prácticas de bajo impacto ecológico.

TABLA 4. Objetivos de la política pública

Objetivos de la política pública	Alternativa de Acción
Regularizar el Área de Conservación Cordillera del Bálsamo	Reconocimiento legal del área de conservación
	Proponer la política pública que regule las actividades presentes en el área de conservación
	Priorización de zonas, medidas de conservación más severas en los puntos de concentración de flora y fauna autóctona; se deben desarrollar actividades de bajo impacto hacia los componentes biológicos del área de conservación
Impulsar las potencialidades del Área de Conservación Cordillera del Bálsamo	Promocionar las actividades que generen recursos económicos
	Difusión de las cualidades del área de conservación mediante (redes sociales, tv u otros)
Coordinar actividades de protección del medio ambiente	Mingas comunitarias con la población comprometida
	Forestar las riberas con manglar y/o caña guadua, que permitirá la protección del flujo y la disminución del riesgo de inundación
	Forestación en curvas de nivel de áreas susceptibles a deslizamientos, o demarcar como áreas de acceso limitado
	Aumentar el volumen de captura de carbono mediante la reforestación

4. Discusión

La caracterización del medio físico indica que la cordillera del bálsamo cuenta con una geología basada principalmente en tres formaciones de rocas (limolitas, areniscas y depósitos limo arcillosos); que a su vez forman relieves litorales sedimentarios, fluvio-marinos, estructurales, colinados terciarios, y medio aluvial; con presencia de pendientes de medianas (12-25) a fuertes (25-50), donde se evidencia un grado de amenaza de deslizamiento de masa de medio a bajo.

Continuando con lo anterior, se evidencian relieves que dan la formación de laderas, cárcavas y cauces mismos que tienen un bajo a nulo riesgo de movimiento de masa; sin embargo, existe la amenaza de inundaciones en la época húmeda, debido a la ocurrencia de precipitaciones de hasta 226 mm. El clima es agradable, con

temperaturas que oscilan entre $\pm 27^{\circ}\text{C}$ a $\pm 25^{\circ}\text{C}$, influenciadas por las corrientes marinas, presencia de flora y época del año. El medio físico de la cordillera del Bálsamo limita algunas actividades antropogénicas frecuentes en la zona como la agricultura, ganadería, silvicultura y acuicultura, lo cual ayuda a preservar este sistema ambiental, definido por Martínez y Robles (2018) como el conjunto de elementos de la naturaleza que sustentan la vida del ser humano a través de sus componentes fundamentales biodiversidad, el agua, el suelo y el aire.

La biodiversidad de la cordillera del Bálsamo presenta 25 especies de flora y fauna endémicas importantes según lo indica la WWF (2021), por motivo que estas habitan de manera natural en un solo espacio determinado, esto puede ser en

un continente, un país, una isla o zona en particular y también en una región con límites administrativos o biogeográficos. Además, se evidencia alrededor de nueve (9) especies amenazadas, de ellas cuatro (4) especies están en situación de vulnerabilidad (VU), cuatro (4) están en peligro (EP), y una (1) está en peligro crítico (CR). Esta situación define la necesidad de conservación de la cordillera del Bálsamo, lo cual concuerda con los resultados de Rosete *et al.* (2023), en los que evalúa la biodiversidad amenazada de interés para el turismo en la región litoral, y señala que 17 especies son vulnerables (VU), 21 en peligro (EN) y una (1) en peligro crítico (CR).

Se puede resaltar que la cordillera del Bálsamo alberga aproximadamente el 23% de las especies amenazadas de la región litoral. Se resalta la interrogante de la representación socioeconómica, donde se consultó a la población sobre la importancia de la creación de políticas públicas que propicien la conservación de la cordillera del Bálsamo, evidenciándose que un 85,71% respondió positivamente. Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2020), la política pública ambiental es un lineamiento de planeación, protección, prevención y control de los recursos naturales como resultado de intereses, decisiones, acciones, acuerdos e instrumentos político económico y social.

Lasso *et al.* (2021), indica que se evidenció un notable interés entre las comunidades y los gobiernos locales por impulsar actividades relacionadas con el ecoturismo. Sin embargo, a pesar de que el Ministerio de Turismo tiene la autoridad para promover estas iniciativas, se observó una falta de interés en oficializar estas alternativas. En la cordillera del Bálsamo, esta situación provoca que el avance de las actividades antropogénicas ocasione reducción de su biodiversidad, fragmentando el área y generando un efecto barrero entre poblaciones de especies, lo que puede conducir a su desaparición.

Doumet y Rivera (2018) enfatizan que el marco normativo de Ecuador sobre la conservación demuestra que sólo existe

cobertura muy generalista y laxa del manejo sostenible de los espacios naturales protegidos, sin que exista una diferenciación sustantiva por tipologías tanto en la Constitución de la República (2008) como en las diversas leyes sectoriales de medio ambiente y biodiversidad.

De conformidad con la normativa ambiental ecuatoriana, el Área de Conservación Cordillera del Bálsamo tiene características para ser considerado un área especial para la conservación de la biodiversidad en la subdivisión de las servidumbres ecológicas voluntarias y obligatorias, debido a que esta área de conservación está dividida entre varios productores privados quienes voluntariamente están dando seguimiento a la declaratoria del área de conservación, la cual está a cargo del Gobierno Provincial de Manabí, que cuenta con el Plan de Manejo del área de Conservación, no obstante, no ha elaborado la Ordenanza que oficialice el mismo. Cadena y Escobar (2022), en su investigación, indican que un plan de manejo debe detallar las actividades y programas necesarios para cumplir objetivos de conservación. Dichas medidas funcionales permiten conservar los recursos naturales, la biodiversidad y también los servicios ecosistémicos que ofrecen a la población todas las áreas protegidas.

La Secretaría Nacional de Planificación (2022) destaca que la participación ciudadana se aplica en todo el ciclo de la política pública. En la fase de formulación crea condiciones de participación, colaboración y deliberación; en las de coordinación e implementación asegura que los mandatos ciudadanos se reflejen en los instrumentos de planificación. Por ese motivo, los lineamientos seleccionados para la cordillera del Bálsamo se basan en el desempeño que tienen los diferentes actores en el proceso de creación y gestión de Áreas de Conservación, por una parte, los gobiernos autónomos descentralizados en sus diferentes niveles (Provincial, cantonal y parroquial) y, por la otra, con base en la propiedad del área se seleccionaron los lineamientos para la gestión de áreas de conservación y uso sustentables privadas, las

cuales se desarrollan sobre la administración, gestión y evaluación.

Por las características de la cordillera del Bálsamo se propone una política pública de participación activa de los actores tanto políticos, como miembros de comunidades junto a sectores privados, con objetivos definidos, y a través de la materialización de estrategias medibles mediante indicadores.

5. Conclusiones

La caracterización socioeconómica reveló una población mayoritariamente activa, con acceso a servicios básicos y buenas condiciones de vivienda, aunque con escaso conocimiento sobre la cordillera del Bálsamo. A nivel ambiental, el área alberga una alta biodiversidad, incluyendo especies endémicas y amenazadas, pero enfrenta pérdida de cobertura boscosa. Estos hallazgos destacan la urgencia de fortalecer la educación ambiental y la gestión participativa para su conservación.

La normativa ecuatoriana establece las bases y competencias necesarias para la formulación de políticas públicas, al igual que el Plan de Manejo, que define la organización y las variables

esenciales para la conservación de la cordillera del Bálsamo. Sin embargo, su implementación ha sido limitada debido a la ausencia de una ordenanza que respalde dichas acciones, lo que constituye una de las principales debilidades que deben ser atendidas y fortalecidas.

Los lineamientos de políticas públicas propuestos constituyen una base estratégica para fortalecer la gobernanza ambiental de la cordillera del Bálsamo, al definir claramente las competencias y responsabilidades de los gobiernos autónomos descentralizados y de los propietarios privados. Esta propuesta busca establecer un marco legal y técnico que garantice la creación, gestión y seguimiento efectivo del área de conservación, promoviendo un uso sustentable del territorio, la protección de la biodiversidad y la articulación interinstitucional. Asimismo, los objetivos planteados orientan las acciones hacia la regularización del área, la implementación de prácticas de bajo impacto ecológico, la promoción de actividades productivas sostenibles y la participación activa de la comunidad local en tareas de conservación, restauración y vigilancia ambiental

6. Referencias citadas

- AARÓN, M.; SOLANO, A.; CHOLÉS, P. y R. CUESTA. 2018. "Caracterización socioeconómica de la Comunidad Indígena Wayuu de Manzana en Colombia: Un aporte desde la Ingeniería Social". *Información Tecnológica*, 29(5): 3-12.
- AGUILÓ, M.; ALBLADEJO, J.; ARAMBURU, M.; CARRAZCO, R.; CASTILLO, V.; CEÑAL, M.; ... y F. VALERO. 2014. *Guía para la elaboración de estudios del medio físico*. Fundación Conde del Valle de Salazar (E.T.S.I de Montes). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España.
- AVELLÁN, N. 2019. "Contabilidad ambiental y la responsabilidad social empresarial dentro del panorama mundial del desarrollo sostenible". *ECA Sinergia*, 10(2): 105-115.
- BARRAGÁN, D. 2018. "Gobernanza forestal en Colombia y Ecuador: Retos para fortalecer la democracia ambiental en la gestión sostenible de los recursos forestales". *Revista de Derecho Ambiental*, 1(9): 93-117.
- BAX, V. y W. FRANCESCONI. 2019. "Brechas y prioridades de conservación en el hotspot de biodiversidad de los Andes tropicales: Implicaciones para la expansión de áreas protegidas". *Journal of Environmental Management*, 232: 387-396.

- BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2024. *Hoja informativa sobre Áreas Importantes para las Aves: Cordillera El Bálsamo (Ecuador)*. Disponible en: <https://datazone.birdlife.org/site/factsheet/cordillera-el-b%C3%A1lsamo-iba-ecuador>. [Consulta: noviembre, 2024].
- CADENA, M. y W. ESCOBAR. 2022. "Políticas públicas ambientales para la conservación de la reserva ecológica "El Ángel", en la provincia del Carchi". *Sathir*, 18(1).
- CEDEÑO, G. 2025. *Lineamientos de políticas públicas locales para fortalecer la conservación ambiental Cordillera del Bálsamo del cantón Sucre, provincia de Manabí*. Universidad Técnica Estatal del Carchi. Tulcán, Ecuador. Trabajo de Grado.
- CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. 2008. *Registro Oficial 449*. Montecristi Manabí, lunes 20 de octubre de 2008.
- DOUMET, N. y M. RIVERA. 2018. "El turismo como instrumento para la conservación y desarrollo sostenible de los humedales en Ecuador: Fundamentos jurídicos y teóricos para su planificación y gestión". *Polo del Conocimiento*, 3(24): 53-84.
- GOBIERNO PROVINCIAL DE MANABÍ, 2014. *Ordenanza sobre el Sistema de Áreas de Conservación*. Gaceta de la provincia de Manabí. Portoviejo Manabí. Jueves 27 de febrero del 2014.
- GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN SUCRE. 2020. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial [PDYOT]*. Disponible en: <https://drive.google.com/uc?id=15Th4G2uJwjKAXG9E3NzAbWYKO4uB9xKq&export=media>. [Consulta: noviembre, 2024].
- INSTITUTO NACIONAL DE BIODIVERSIDAD. 2019. *Metas AICHI*. Disponible en: <http://inabio.biodiversidad.gob.ec/>. [Consulta: noviembre, 2024].
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA y CENSOS (INEC). 2023. *Censo Ecuador 2022*. Disponible en: <https://cubos.inec.gob.ec/AppCensoEcuador/>. [Consulta: noviembre, 2024].
- LASSO, S.; RODRÍGUEZ, L. y M. VERA. 2021. "La Ruta de Aviturismo del Biocorredor Estuario del Río Chone – La Segua – Cordillera El Bálsamo". *Revista de Investigación de la Ciencia Turística RICIT*, 1(15): 101-143
- MARTÍNEZ, C. y M. ROBLES. 2018. *Lineamientos para fortalecer la gestión del patrimonio natural en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Disponible en: https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/photos/l/i/Lineamientos_PN_PDyOTs.pdf. [Consulta: noviembre, 2024].
- MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. 2017. *Lineamientos para la creación y gestión de Áreas de Conservación y Uso Sustentable Autónomas Descentralizadas, Comunitarias y Privadas*. Disponible en: <https://info.undp.org/docs/pdc/>. [Consulta: noviembre, 2024].

- MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. 2013. *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural*. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/>. [Consulta: noviembre, 2024].
- MINISTERIO DEL AMBIENTE, AGUA y TRANSICIÓN ECOLÓGICA. s. f. *Ecuador, a la vanguardia en la conservación de Áreas Protegidas en Suramérica*. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/>. [Consulta: noviembre, 2024].
- MINISTERIO DE AMBIENTE y DESARROLLO SOSTENIBLE. 2020. *Políticas Públicas Ambientales*. Disponible en: <https://n9.cl/9yarh8>. [Consulta: noviembre, 2024].
- OÑA, A. y R. VEGA. 2018. "Importancia del análisis FODA para la elaboración de estrategias en organizaciones americanas, una revisión de la última década". *Revista Digital Tambara*, (3): 436-447.
- PLATAFORMA INTERGUBERNAMENTAL SOBRE BIODIVERSIDAD y SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS [IPBES]. 2019. *El informe de la evaluación mundial sobre la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas*. IPBES secretariat. Bonn, Germany.
- PUENTESTAR, P. 2015. *La problemática ambiental y el deterioro de los recursos naturales en el Ecuador. Una perspectiva desde la geografía*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. Examen completo.
- RAMOS, M.; LARQUÉ, B.; HERNÁNDEZ, J.; MONROY, R. y Z. HERNÁNDEZ. 2021. "Valoración económica para la conservación del bosque de la cuenca de Tecocomulco, Hidalgo". *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 7(15): 1.558-1.570.
- ROSETE, S.; SALTOS, G.; SÁENZ, R. y A. JIMÉNEZ. 2023. "Biodiversidad amenazada de interés para el turismo en la región litoral, Ecuador". *Revista UNESUM-Ciencias*, 7(1): 131-143.
- SECRETARÍA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN. 2022. *Guía Metodológica para la Formulación de Política Pública*. Disponible en: <https://www.planificacion.gob.ec/>. [Consulta: noviembre, 2024].
- SOTO, A.; PANIMBOZA, P.; ILIBAY, C.; VALVERDE, C. y K. DIÉGUEZ. 2020. "Impacto ambiental de la operación del centro de faenamiento de la ciudad de Puyo", Pastaza, Ecuador. *Prospectiva*, 18(1): 60-68.
- THE NATURE CONSERVANCY [TNC]. (2023). *Ecuador un tesoro natural en el centro de nuestro planeta*. Disponible en: https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/latin-america/Ecuador_FactSheet_0523_V6.pdf. [Consulta: noviembre, 2024].
- TORRESCANO, N.; PRADO, Á.; MENDOZA, N.; TRUEBA, S.; CEDEÑO, R. y A. MENDOZA. 2018. "Percepción comunitaria de las áreas protegidas, a más de 30 años de su creación en Ecuador". *Trace*, 1(74): 60-91.

VÉLEZ, E. y L. COELLO. 2017. Impactos ambientales producidos por la construcción de vivienda a gran escala en la ciudad de Guayaquil. *Dominio de las Ciencias*, 3(3): 1.066-1.085.

WWF. 2021. *Nativo, Endémico y Exótico: Tres importantes conceptos que debes conocer*. Disponible en: <https://www.wwf.org.ec/?367212/Nativo-Endemico-y-Exotico-tres-importantes-conceptos-que-debes-conocer>. [Consulta: noviembre, 2024]

Lugar y fecha de finalización del artículo:
Quito, Ecuador; mayo, 2025

Servicios ecosistémicos del suelo en microcuencas alto-andinas de Mérida, Venezuela, mediante SIG: indicadores para una agricultura sostenible

Serviços ecossistêmicos do solo em microbacias das terras altas andinas de Mérida, Venezuela, por meio de SIG: indicadores para uma agricultura sustentável

Soil ecosystem services in high Andean micro-basins of Mérida, Venezuela, using GIS: indicators for sustainable agriculture

**Antonela Baldeón¹, Wilmer Lozada¹, Jorge Manrique¹, Clifford Pena¹,
Zarack Chacon² y Fernando Mendez³**

¹ Universidad de Los Andes Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales

Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales, Laboratorio de Suelos

² Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología

³ Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Lab. de Espectroscopia Molecular, Depto. de Química
Mérida, Venezuela

antonellabaldeon@gmail.com; lozadawa@gmail.com; jorgemanriqueviana@gmail.com;
clifford.suelos@gmail.com; zarack5272@gmail.com; mendezpfj@gmail.com

Baldeón: <https://orcid.org/0009-0004-1834-4677>

Lozada: <https://orcid.org/0009-0008-4053-2825>

Manrique: <https://orcid.org/0009-0009-2679-3954>

Peña: <https://orcid.org/0009-0007-0570-556X>

Méndez: <https://orcid.org/0009-0004-5427-6384>

Resumen

Este estudio propone una evaluación integrada de los servicios ecosistémicos del suelo (SES) en dos microcuencas del estado Mérida, Venezuela, empleando sistemas de información geográfica (SIG) como herramienta clave. El objetivo fue analizar la capacidad de estos ecosistemas para proveer servicios esenciales (fertilidad, retención de agua y biodiversidad) y su relación con las prácticas agrícolas locales. Mediante técnicas geoespaciales, se caracterizaron factores físicos, químicos y biológicos del suelo, integrando datos ambientales y socioeconómicos para identificar áreas prioritarias de conservación y manejo sostenible. Los resultados buscan ofrecer bases científicas que promuevan una agricultura resiliente, equilibrando productividad y preservación de los recursos naturales. La investigación contribuirá a la planificación territorial, proponiendo estrategias adaptadas al contexto andino venezolano, donde la presión agrícola y el cambio climático amenazan la sostenibilidad de los suelos. Este enfoque multidisciplinario pretende ser un modelo replicable en regiones similares, integrando tecnología SIG con conocimientos ecológicos y agrónomos para la toma de decisiones.

PALABRAS CLAVE: potencial de la tierra; planificación territorial; conservación de suelos.

Resumo

Este estudo propõe uma avaliação integrada dos serviços ecossistêmicos do solo (SES) em duas microbacias hidrográficas no estado de Mérida, Venezuela, por meio de sistemas de informação geográfica (SIG) como ferramenta fundamental. O objetivo foi analisar a capacidade desses ecossistemas de fornecer serviços essenciais (fertilidade, retenção de água e biodiversidade) e sua relação com as práticas agrícolas locais. Utilizando técnicas geoespaciais, foram caracterizados fatores físicos, químicos e biológicos do solo, integrando dados ambientais e socioeconômicos para identificar áreas prioritárias para conservação e manejo sustentável. Os resultados buscam fornecer bases científicas que promovam uma agricultura resiliente, equilibrando a produtividade e a preservação dos recursos naturais. A pesquisa contribuirá para o planejamento territorial, propondo estratégias adaptadas ao contexto andino venezuelano, onde a pressão agrícola e as mudanças climáticas ameaçam a sustentabilidade do solo. Essa abordagem multidisciplinar visa ser um modelo replicável em regiões semelhantes, integrando a tecnologia SIG com o conhecimento ecológico e agrônomo para a tomada de decisões.

PALAVRAS-CHAVE: potencial da terra; planejamento territorial; conservação do solo.

Abstract

This study proposes an integrated assessment of soil ecosystem services (SES) in two micro-watersheds in the state of Mérida, Venezuela, using geographic information systems (GIS) as a key tool. The objective was to analyze the capacity of these ecosystems to provide essential services (fertility, water retention, and biodiversity) and their relationship with local agricultural practices. Using geospatial techniques, physical, chemical, and biological soil factors will be characterized, integrating environmental and socioeconomic data to identify priority areas for conservation and sustainable management. The results seek to provide scientific foundations that promote resilient agriculture, balancing productivity and preservation of natural resources. The research will contribute to territorial planning, proposing strategies adapted to the Venezuelan Andean context, where agricultural pressure and climate change threaten soil sustainability. This multidisciplinary approach aims to be a replicable model in similar regions, integrating GIS technology with ecological and agronomic knowledge for decision-making.

KEYWORDS: land potential; territorial planning; soil conservation.

1. Introducción

El suelo desempeña un papel crucial como regulador natural de procesos que son esenciales para la vida en la Tierra. Su capacidad de albergar biota, contribuir con el ciclo de nutrientes, almacenar agua, controlar la erosión y garantizar la fertilidad agrícola, constituyen servicios ecosistémicos (SE) que promueven la sostenibilidad ambiental y el bienestar humano.

Como parte de los ecosistemas terrestres, los suelos cumplen varios SE, siendo el más conocido el soporte y suministro de nutrimentos a las plantas, de ahí que su degradación se considere como el mayor problema ambiental que amenaza la producción alimentos en el mundo, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2000).

En sintonía con el señalamiento anterior, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020), señaló que del suelo depende el 95% de la producción mundial de alimentos, con la enorme presión de suplir una demanda creciente de alimentos que, acorde con proyecciones realizadas a 2050, se incrementará en un 60% para suplir a una población de 9.000 millones de personas.

Sin embargo, a pesar de la importancia que reviste este recurso natural, los suelos están altamente sujetos a la degradación, afectando considerablemente no solo la eficiencia de la agricultura (Nachtergaele *et al.*, 2011), sino que también a los SE (Robinson *et al.*, 2013).

Entre los ecosistemas terrestres, los sistemas agrícolas son probablemente los más afectados por estas amenazas (Fossey *et al.*, 2020). Por ello, su gestión eficiente es clave para garantizar la seguridad agroalimentaria, y mitigar los impactos del cambio climático frente a su variabilidad.

En regiones montañosas como las del estado Mérida (Venezuela), donde predomina una actividad agrícola intensiva basada en el cultivo de hortalizas de altura (clave para sostener economías locales), resulta indispensable aplicar enfoques holísticos que garanticen la gestión

sostenible de los agroecosistemas presentes. Esta gestión debe abordarse desde la perspectiva de los SES, definidos por *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005) y Dominati *et al.* (2010) como los beneficios que las personas obtienen de este recurso. Incorporar estos servicios en la planificación agrícola en microcuencas es fundamental para contrarrestar los impactos de la intensificación y preservar la funcionalidad del suelo a largo plazo.

El enfoque de SE resalta el valor integral de los ecosistemas gestionados, particularmente en contextos agrícolas. Al manejar agroecosistemas, es imperativo considerar dos objetivos fundamentales: (1) la producción de bienes socioeconómicos (alimentos, combustible y fibra), y (2) el mantenimiento de la infraestructura ecológica que garantiza la provisión continua de servicios ecosistémicos esenciales (Dominati, 2013). Esta dualidad subraya la necesidad de equilibrar las demandas productivas con la conservación de procesos ecológicos clave que sustentan la resiliencia del sistema.

Cabe destacar que el estudio de SE desde hace décadas se ha consolidado como un marco conceptual clave para la gestión territorial y la toma de decisiones debido a su capacidad integradora, que articula dimensiones ecológicas y socioeconómicas (Banwart, 2011).

En este contexto, esta investigación buscó evaluar los SES en microcuencas alto-andinas merideñas mediante un enfoque integrador que combina sistemas de información geográfica (SIG) y análisis multicriterio. El estudio no solo aportará información acerca de la distribución espacial de los SES, sino que también generará insumos para la planificación territorial sostenible en zonas de alta fragilidad ecológica. Los resultados permitirán identificar áreas prioritarias de manejo, optimizando así la resiliencia de los agroecosistemas frente a la presión antrópica y climática, en línea con los desafíos globales de seguridad alimentaria y sostenibilidad.

2. Materiales y métodos

2.1 Características del área de estudio

El área de estudio comprende tres microcuencas (FIGURA 1). Las dos primeras (quebrada La Barrotera y La Batallera), cuyas extensiones son 1.290 ha, localizadas en el municipio Rivas Dávila, y sus coordenadas son: 186.082 mE y 916.832 mN y 192,138 mE y 921.302 mN. Por su parte, la microcuenca quebrada del Barro, ubicada en el municipio Arzobispo Chacón, posee una

superficie de 235,11 ha, y sus coordenadas son: 220.927 mE y 902.513 mN y 222.358 mE y 921302 mN ambas en Huso 19 Datum REGVEN.

Las microcuencas se localizan en el suroeste del estado Mérida en zonas de estrechos valles longitudinales y transversales. A nivel de relieve predomina vertientes con fuerte gradiente y variaciones altitudinales que van desde los 1.200 a 2.900 msnm.

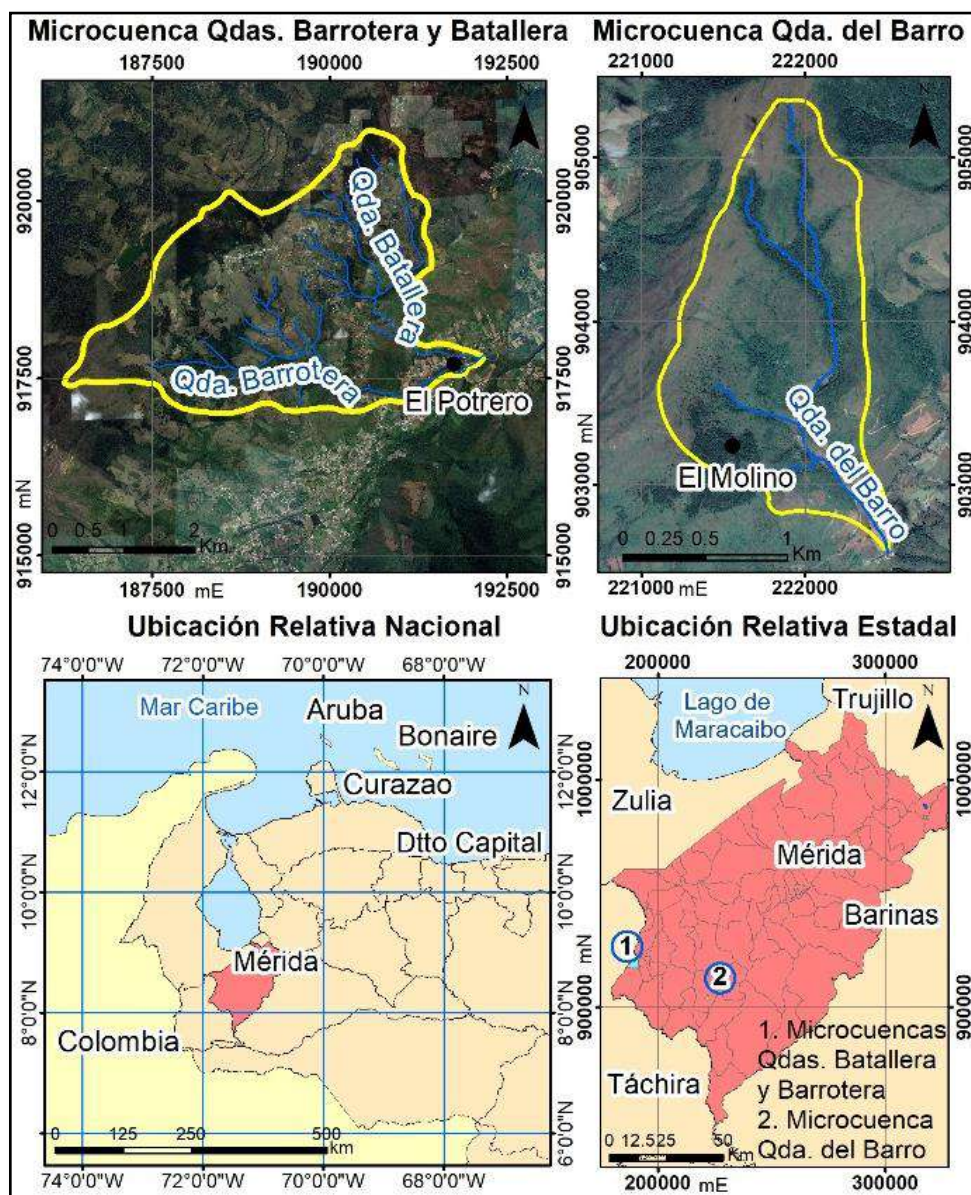


FIGURA 1. Ubicación del área de estudio. Fuente: elaboración propia

La temperatura media anual estimada para la zona baja de las microcuencas La Barrotera y La Batallera es de 19,4°C mientras que para la microcuenca quebrada del Barro es de 15,1°C.

Las precipitaciones para las microcuencas de las quebradas La Barrotera y La Batallera, considerando las estaciones Tovar y Las Tapias, poseen un promedio anual superior a los 830 mm pero no supera los 1.000 mm con una estación lluviosa que concentra más del 60% de las precipitaciones totales anuales, pero divididas en dos periodos, la primera se distribuye entre los meses abril a junio y la segunda, entre agosto y noviembre. Igual posee dos periodos de sequía, los cuales se distribuyen en los meses de diciembre a marzo la primera y otra leve en el mes de julio.

En el caso de la microcuenca de la quebrada del Barro, considerando las estaciones Capurí y El Molino, presentan precipitaciones superiores a los 950 mm con una estación lluviosa que concentra más del 70% de las precipitaciones totales anuales y desde el mes de abril al mes de noviembre, mientras que la estación seca se extiende de diciembre a marzo y su menor valor ocurre en el mes de enero representado solamente 6% a 8% de la precipitación anual.

En cuanto a las unidades ecológicas basado en la clasificación de Ataroff y Sarmiento (2003), se lograron identificar cuatro unidades. En las microcuencas de las quebradas La Barrotera y La Batallera se localizan la Selva semicaducifolia montana en la sección baja, el Bosque siempreverde seco montano bajo y el Páramo andino a partir de los 2.700 msnm. La primera unidad se ubica a una altitud entre los 800 a 1.700 msnm en vertientes húmedas o en márgenes de ríos en vertientes secas, con temperaturas entre 17 a 22°C, precipitación: 1.200 a 1.900 mm, con 1 a 3 meses secos.

El Bosque siempreverde seco montano bajo, se localiza a una altitud entre los 1.600 a 2.000 msnm sólo en vertientes secas, con temperaturas entre 15 a 17°C, y precipitación entre 600 a 1.100 mm entre 3 y 4 meses secos. Los meses de abril y noviembre son meses de transición. El Páramo andino, se localiza a una altitud entre vertientes

secas 2.700 a 4.000 msnm y en vertientes húmedas entre 3.000 a 4.300 msnm con temperaturas entre 10 a 3°C, y precipitación: en vertientes secas entre 800 a 1.100 mm, mientras que en vertientes húmedas se localiza entre 1.100 a 1.800 mm entre 0 y 3 meses secos. Las heladas son restringidas a la época seca.

En la microcuenca de la quebrada del Barro se localizan las unidades: Bosque siempreverde seco montano bajo y la Selva nublada montana alta, esta última a una altitud entre los 2.200 a 3.000 msnm, sólo en vertientes húmedas o intermedias, con temperaturas entre 9 a 14°C y precipitación: entre 1.000 a 3.000 mm sin meses secos. Se presenta alta nubosidad, alta humedad relativa y baja insolación durante todo el año.

A nivel geológico, en las microcuencas de las quebradas La Barrotera y La Batallera, las litologías predominantes se relacionan con secuencias del Precámbrico (Asociación Sierra Nevada), la cual está profunda y extensamente intrusionada por cuerpos graníticos, y conjuntos del Paleozoico (Asociaciones Tostós y Mucuchachí).

Mientras que los materiales de edad cuaternaria están representadas por sistemas de abanicos terrazas, abanicos aluviales y de detritos, del Pleistoceno superior y reciente (Holoceno). En el área de estudio se han podido separar e identificar, por su posición relativa, dos niveles de depósitos, dos antiguos (?) y uno más joven, los cuales han sido identificados: El nivel más antiguo como Qaa2, y la secuencia más reciente, Qaa3. Se trata de edades relativas, y su importancia desde el punto de vista práctico consiste en ser el asiento de las principales actividades económicas. Para el caso de la microcuenca de la quebrada del Barro aflora sólo la Asociación Mucuchachí y dos niveles de materiales del Cuaternario: Holoceno y Pleistoceno reciente (Ferrer *et al.*, 2008).

Con relación a la clasificación de los suelos, según la taxonomía del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2022), predominan los Inceptisoles, a nivel de subgrupo se clasifican como: Typic Humustepts francosa fina, isotérmico.

2.2 Metodología

2.2.1 Revisión de literatura y estado del arte en valoración de SES del suelo.

Para el desarrollo del marco metodológico de valoración de SES del suelo con énfasis en sistemas agrícolas, se realizó una revisión sistemática de literatura científica indexada en bases de datos especializadas (Scopus, Web of Science, SciELO) mediante estrategias de búsqueda basadas en términos clave ("*soil ecosystem services valuation*", "*agricultural land assessment*", "*multicriteria analysis ecosystem services*"). Los estudios evidenciaron que la valoración de los SE del suelo se estructuran en cuatro categorías principales (soporte, regulación, provisión y culturales).

La selección de variables y procedimientos para evaluar los SES en este estudio se fundamentó en un análisis crítico de la literatura científica revisada (TABLA 1), que permitió identificar los enfoques más utilizados y las principales brechas de investigación. La revisión de 12 trabajos reveló que a nivel de los servicios de soporte, los estudios de Orvar y Brynhildur (2016), Cai *et al.* (2020) y Gómez *et al.* (2021), destacaron la importancia de evaluar la fertilidad del suelo y su condición biológica como indicadores fundamentales de capacidad de soporte. En cuanto a los servicios de regulación, el secuestro de carbono fue el más estudiado (6 trabajos), seguido por la erosión (5 estudios). En referencia a los servicios de provisión, la producción agrícola apareció en 4 estudios, y los servicios culturales, solo 3 estudios abordan este variable.

Dicha revisión también permitió evidenciar que la mayoría de los estudios emplean enfoques integrados que combinan modelización biofísica, análisis espacial con SIG y técnicas de Análisis Multi Criterio (AMC), para ponderar cada variable. Estos hallazgos refuerzan la pertinencia de adoptar enfoques híbridos (cuantitativos-cualitativos) y herramientas de soporte decisional

para abordar la complejidad inherente a estos sistemas, facilitando la toma de decisiones en la gestión territorial sostenible.

2.2.2 Selección de variables y métodos para el análisis espacial de SES del suelo

A partir de los hallazgos de la revisión sistemática realizada que permitió identificar las variables de servicios ecosistémicos del suelo (SES) más estudiadas y los métodos predominantes en la literatura, se establecieron criterios para seleccionar los indicadores y herramientas metodológicas aplicables a escalas espaciales. Esta selección priorizó: (1) variables con mayor consenso científico, (2) métodos integrados (SIG, modelización biofísica) validados en estudios previos, y (3) vacíos de investigación detectados, adaptándolos a los objetivos de este estudio.

Con base a la información analizada para los servicios de soporte, se consideró la evaluación de fertilidad mediante los parámetros estandarizados del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 1979), que permite análisis comparativos espaciotemporales de características clave como textura, materia orgánica y nutrientes. Complementariamente, se aplicó el protocolo de Sabaini y Ávila (2015) para evaluar la condición biológica *in situ* mediante indicadores observables de macrofauna y propiedades visuales del perfil edáfico.

En el ámbito de los servicios de regulación, se adoptó el índice de captación de agua modificado de Rivas *et al.* (2005) para cuantificar procesos hidrológicos críticos, junto con la medición de secuestro de carbono (en Mg ha^{-1}) como variable fundamental para la regulación climática. Adicionalmente, se incorporó la metodología de riesgo de erosión hídrica de FAO/PNUMA/UNESCO (1980), en $\text{Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, estableciendo así líneas base para servicios ecosistémicos ampliamente reconocidos como esenciales en la literatura especializada.

TABLA 1. Variables de servicios ecosistémicos del suelo en investigación geográfica: aplicaciones en conservación, agricultura y planificación urbana. Fuente: elaboración propia

Funciones y servicios ecosistémicos del suelo		Trabajos de investigación											
		Orvar y Brynhildur, 2016	Cai <i>et al.</i> , 2020	Dominati <i>et al.</i> , 2010	Zurqani <i>et al.</i> , 2019	Dube <i>et al.</i> , 2022	Hu <i>et al.</i> , 2020	Bravo <i>et al.</i> , 2024	Gómez y Fernández, 2021	Gómez <i>et al.</i> , 2021	Montico <i>et al.</i> , 2021	Burbano, 2016	Mutlu y Tezer, 2023
Variables													
Soporte	Mitigación del abandono de tierras		x										
	Nutrientes del suelo	x	x		x	x	x	x	x	x			
	Reserva de biodiversidad	x			x		x		x	x	x		
	Formación de suelos	x			x			x					
Regulación	Plagas y enfermedades			x							x		
	Clima	x			x			x			x		
	Control hidrológico	x					x	x					
	Reciclaje de residuos	x		x	x			x					
	Filtrado de nutrientes	x		x				x					
	Regulación gases	x											
	Secuestro de carbono		x	x	x	x			x	x	x	x	x
	Oxígeno		x										
	Conservación de agua				x				x	x			
	Drenaje/inundación			x		x					x		
	Calidad superficial del agua										x		
	Erosión					x	x		x	x			x
	Control biológico							x					
Provisión	Producción de biomasa	x						x				x	
	Producción agrícola			x	x							x	x
	Provisión de agua limpia	x	x										
	Materias primas	x											
	Recursos genéticos										x		
	Madera y fibra				x						x	x	
	Combustible												
Culturales	Patrimonio cultural	x									x	x	
	Recreación	x	x		x						x		
	Valor estético										x		
	Información cultural y artística				x								
	Ciencia y educación				x						x		
	Cobertura y uso de la tierra												x

Para la valoración de servicios de provisión, se desarrolló un enfoque multidimensional que integra: la clasificación de suelos según el Reglamento Parcial de la Ley de Tierras (RPLTDA, 2005) para determinar su capacidad intrínseca; los criterios de aptitud física de la tierra de FAO

(1976, 2007) que evalúan el potencial productivo bajo condiciones específicas; y el índice de productividad de Riquier *et al.* (1970) que identifica factores limitantes para el uso sostenible. Esta combinación metodológica supera las aproximaciones convencionales que

suelen centrarse únicamente en el rendimiento agrícola.

Respecto a los servicios culturales frecuentemente subestimados, se propuso el análisis de cobertura de la tierra como variable cuantificable que establece puentes entre las propiedades biofísicas del suelo y sus valores intangibles. Esta estrategia metodológica innovadora permite superar la visión reduccionista predominante en la literatura, proporcionando una base objetiva para dimensiones tradicionalmente consideradas como cualitativas. Ciertamente esta selección metodológica busca equilibrar: (1) los enfoques más validados por la comunidad científica (ej. secuestro de carbono), (2) las variables clave identificadas en la revisión (nutrientes, erosión), y (3) la inclusión de aspectos menos estudiados pero relevantes (condición biológica, servicios culturales), generando así una evaluación integral de los servicios ecosistémicos del suelo.

2.2.3 Datos y herramientas utilizadas

Para el mapeo de los SES, se integraron insumos espaciales y edáficos mediante un enfoque jerárquico. Inicialmente, se adquirieron imágenes satelitales de 1m de resolución, para generar el mapa de cobertura y uso de la tierra así como el mapa geomorfológico (basado en cartografía topográfica y de un Modelo Digital del Terreno). Estos productos permitieron delimitar unidades homogéneas, las cuales orientaron un muestreo edáfico estratificado. Se recolectaron un total de 30 muestras de suelo, destinadas a: (1) clasificación taxonómica (descripción morfológica con fines de clasificación), y (2) análisis de propiedades fisicoquímicas (pH, Ce, materia orgánica, bases cambiables, % de saturación de bases, CIC, N, P, granulometría, densidad aparente, agua útil, infiltración). Los datos se interpolaron (Kriging/IDW) en SIG (ArcGIS 10.8) para elaborar mapas temáticos, los cuales, combinados con los insumos espaciales, sustentaron un modelo de evaluación de SES. Este enfoque permitió analizar la relación entre las propiedades del suelo, los factores ambientales y la provisión de servicios ecosistémicos en el área de estudio.

2.2.4 Análisis Multicriterio (AMC) para valorar los SES en las microcuencas en estudio

Para evaluar los SES en las microcuencas en estudio, se implementó una metodología integrada que combina el Análisis Multicriterio (AMC) con técnicas geoespaciales, cuyos parámetros se muestran en la tabla 2. El AMC, definido como un conjunto de métodos para evaluar alternativas bajo múltiples criterios en conflicto (Voogd, 1983), se aplicó mediante el Proceso de Jerarquías Analíticas (AHP) de Saaty (1980). Este método permitió establecer pesos relativos para cada variable mediante comparaciones pareadas, validados mediante el Índice de Coherencia (IC < 0.10) y la Relación de Consistencia (RC < 0.10), garantizando la confiabilidad de los juicios de valor. La implementación espacial se realizó mediante álgebra de mapas en un entorno SIG, donde se ejecutó una secuencia rigurosa de operaciones ráster: (1) estandarización de capas (resolución, sistema de referencia), (2) reclasificación según escalas de valoración (0-5), (3) aplicación de ponderaciones mediante multiplicación ráster, (4) sumatoria ponderada por componentes, y (5) normalización final de valores (0-1) cuya expresión es la siguiente:

$$V_{pn} = V_p - \frac{MIN_{pc}}{MAX_{pc}} - \frac{MIN_{vc}}{MAX_{vc}} \quad (1)$$

Dónde:

V_{np} : Valor del pixel normalizado

V_p : Valor del pixel

MIN pc : Valor mínimo del pixel de la capa

MAX pc : Valor máximo del pixel de la capa

Este proceso, ejecutado en ArcGIS 10.8, incluyó controles de calidad espacial como alineación de *datasets* y validación de distribuciones, transformando criterios cualitativos en resultados cuantitativos espacialmente explícitos. El mapa final de SES refleja la capacidad integrada de provisión de servicios, demostrando la efectividad de combinar AMC-AHP con técnicas SIG avanzadas para la toma de decisiones ambientales. A continuación, se muestra los parámetros empleados para la obtención del mapa final SES (TABLA 2).

TABLA 2. Matriz de evaluación multicriterio para SES: escalas de valoración, descriptores cualitativos y pesos AHP por categoría funcional. Fuente: elaboración propia

		Procedimientos	Escala	Valor	Descripción	Pesos			
Servicios ecosistémicos	Soporte	Fertilidad del suelo Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 1979)	10-9	5	Muy alta	0.6055	0.3968		
			8-6	4	Alta				
			5-3	3	Moderada				
			2-0	2	Baja				
			0-(-5)	1	Muy baja				
		Condición biológica de suelo in situ e in visu, (Sabaini y Ávila, 2015).	5	5	Muy alta	0.3945			
			4	4	Alta				
			3	3	Moderada				
			2	2	Baja				
			1	1	Muy baja				
	Regulación	Índice de captación de agua, Modificado de (Rivas <i>et al.</i> , 2005).	22-27	5	Muy alta	0.3333	0.3015		
			17-22	4	Alta				
			12-17	3	Moderada				
			7-12	2	Baja				
			<7	1	Muy baja				
		Secuestro de carbono. (Mg ha ⁻¹)	> 100	5	Muy alta	0.3334			
			50-100	4	Alta				
			20-50	3	Moderada				
			10-20	2	Baja				
			< 10	1	Muy baja				
		Riesgo de erosión hídrica. FAO/PNUMA/UNESCO, (1980). (Mg/ha /año)	<5	5	Muy bajo erosión	0.3333			
			50-100	4	Bajo erosión				
			100-500	3	Moderada erosión				
			500-2000	2	Alta erosión				
			>2000	1	Muy alta erosión				
		Provisión	Clases de suelo RPLTDA, 2005.	I	5	Sin limitaciones		0.3443	0.2032
				II	4	Reducidas			
				III	3	Moderadas			
IV	2			Severas limitaciones					
V-VIII	1			Restringidos para					
Aptitud física de la tierra (FAO, 1976; 2007).	A1		5	Sin limitaciones	0.3321				
	A2		4	Ligeras limitaciones					
	A3		3	Moderadas					
	N1		2	No apta, limitaciones					
	N2		1	No apta, inviable.					
Índice de productividad, (Riquier <i>et al.</i> , 1970).	65-100		5	Muy alta	0.3236				
	35-64		4	Alta					
	20-34		3	Moderada					
	19-8		2	Baja					
	7-0	1	Muy baja						
Culturales	Cobertura de la tierra	Páramo	5	Muy alta	1.0	0.0985			
		Bosque	4	Alta					
		Cultivos	3-4	Moderada					
		Pastizal	3	Baja					
		Urbano	1	Muy baja					

3. Resultados

La integración del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) con técnicas geoespaciales permitió comprender la compleja distribución de los Sistemas Ecológico-Sociales (SES) en las microcuencas de las quebradas Barrotes y Batallera, ofreciendo un marco interpretativo que vincula escalas locales y procesos globales para abordar desafíos de conservación y planificación. Los resultados revelan una situación crítica en la provisión de servicios ecosistémicos: casi dos tercios del área (63,39%) presenta funcionalidad severamente comprometida (48,47% baja y 14,92% muy baja).

Estos suelos, principalmente en laderas intervenidas, muestran una marcada disminución en su capacidad de regulación hídrica y climática (índices 0,44-0,47), fragilidad exacerbada por el cambio climático. Eventos extremos como sequías o lluvias torrenciales pueden desencadenar erosión acelerada, reduciendo aún más su adaptación si son intervenidos.

Es alarmante la pérdida de biodiversidad edáfica y la disminución crítica de los stocks de carbono orgánico, lo que reduce la productividad agrícola y limita su rol como sumideros de carbono, creando un círculo vicioso de deterioro.

Solo el 20,07% del área conserva suelos resilientes (clases alta/muy alta), concentrados en las cabeceras de páramo -estratégicos reguladores hídricos y almacenes de carbono (>100 kg/ha/año) y algunas zonas bajas estables. No obstante, estos reductos enfrentan presiones por expansión agrícola intensiva y cambios climáticos, como el aumento de temperatura que altera ciclos biogeoquímicos y humedad. Los suelos de funcionalidad moderada (16,54%),

aunque mantienen cierta capacidad de provisión, son sensibles a variaciones climáticas y pueden degradarse rápidamente con prácticas agrícolas inadecuadas o deforestación.

Esta distribución espacial evidencia una vulnerabilidad diferencial: las áreas poco resilientes (63,39%) son altamente sensibles a fenómenos extremos, mientras que los suelos con mejores condiciones (20,07%) ven amenazada su adaptación natural.

En cuanto a los SES culturales, predominan pastizales vinculados a ganadería extensiva y agricultura intensiva con prácticas nocivas. Los sistemas socioeconómicos dominantes, basados en monocultivos y ganadería convencional, generan un bajo capital social y cultural debido a la pérdida de prácticas tradicionales, la homogenización del paisaje y una escasa conexión cultural. La FIGURA 2, muestra la distribución de los SES.

Esta situación demanda urgentemente estrategias de manejo adaptativo. Es crucial implementar protección estricta de las cabeceras de los páramos. Paralelamente, se requiere promover sistemas agroforestales diversificados que mejoren la retención de carbono y agua y realizar restauración activa de laderas con especies nativas resistentes a variaciones climáticas.

Estas acciones concertadas son fundamentales para contrarrestar la degradación acelerada y fortalecer la resiliencia socioecológica frente a los impactos del cambio climático, asegurando la sostenibilidad de estos ecosistemas críticos.

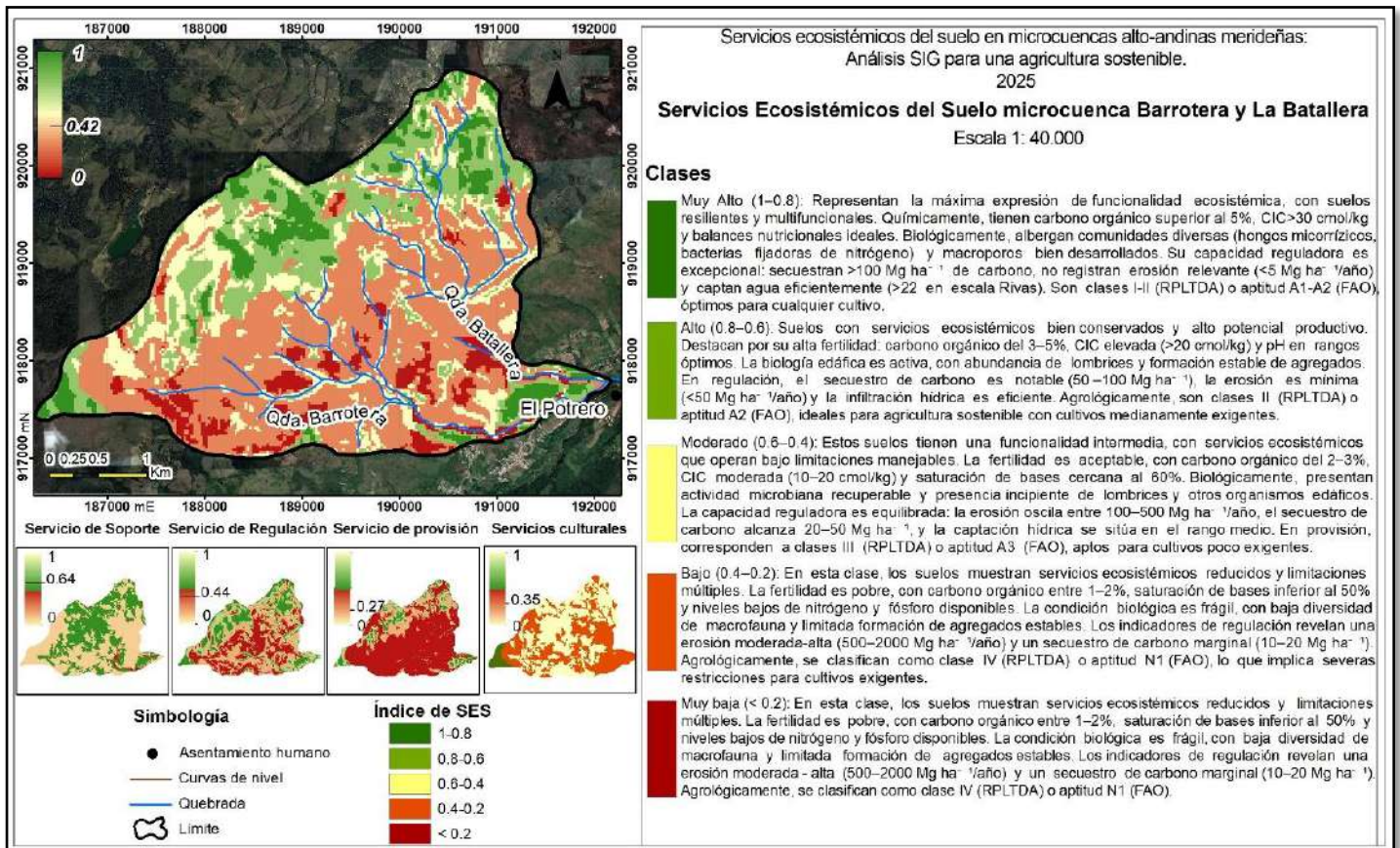


FIGURA 2. SES quebrada Barrotera y La Batallera: Fuente: elaboración propia

En el caso de la microcuenca de la quebrada del Barro esta revela una dinámica compleja influenciada por la cobertura vegetal, la topografía y el uso del suelo. La predominancia de suelos con baja funcionalidad ecosistémica (57,64%) indica un riesgo ante prácticas agrícolas inadecuadas, si bien a nivel de los servicios de soporte la microcuenca presenta un índice de 60%, en el caso de los servicios de regulación y provisión los valores son bajos.

Estos suelos, situados en zonas de pendiente fuerte, presentan una alta tasa de escorrentía, sobre todo en zonas de baja cobertura vegetal, lo que contribuye a que la erosión potencial y pérdida de nutrientes esenciales sea elevada. La categoría 'Moderada' (18,8%) representa áreas con un equilibrio relativo, donde la vegetación se mantiene parcialmente, y la capacidad de regulación hídrica aún ofrece oportunidades de

recuperación si se implementan estrategias adecuadas de manejo.

Por otro lado, los suelos con funcionalidad 'Muy alta' (0,05%) y 'Alta' (2,34%) son los que mejor desempeñan funciones clave como la captura de carbono, la regulación del agua y el mantenimiento de la biodiversidad. Estos suelos suelen ubicarse en zonas de pendiente menos pronunciada, lo que favorece la infiltración de agua, la estabilidad estructural del suelo y su aprovechamiento desde el punto de vista agrícola por cuanto la topografía no es una gran limitante. Sin embargo, su escasa proporción dentro del paisaje indica la necesidad de estrategias de conservación prioritarias para evitar la pérdida de suelos altamente funcionales. La categoría 'Muy baja' (21,16%) representa áreas severamente degradadas, o con delicado equilibrio ecológico debido a que posee bajos

índices de soporte regulación y provisión. En este contexto, el cambio climático puede agravar las limitantes existentes en los suelos presentes, intensificando la variabilidad de las precipitaciones y el aumento de temperaturas, lo que afecta directamente la capacidad del suelo para regenerarse y mantener su estructura funcional.

La combinación de la pérdida de cobertura vegetal y el incremento de eventos climáticos extremos podría generar una mayor vulnerabilidad en los suelos más susceptibles a la degradación, haciendo imprescindible la implementación de estrategias de manejo agroecológico, como la reforestación con

especies nativas, el control de la erosión mediante terrazas y la diversificación de cultivos. La integración de conocimiento científico y saberes locales permitirá fortalecer la resiliencia del sistema productivo y garantizar la sostenibilidad agrícola en la región.

A nivel de los SES culturales al igual que en el caso anterior, hay un predominio de pastizales asociado a ganadería extensiva y agricultura intensiva generando un SES bajo debido a la pérdida de prácticas tradicionales, la homogenización del paisaje y la escasa conexión cultural con el territorio que contribuyen con la degradación de los suelos. En la FIGURA 3 se observa la distribución de SES de la microcuenca.

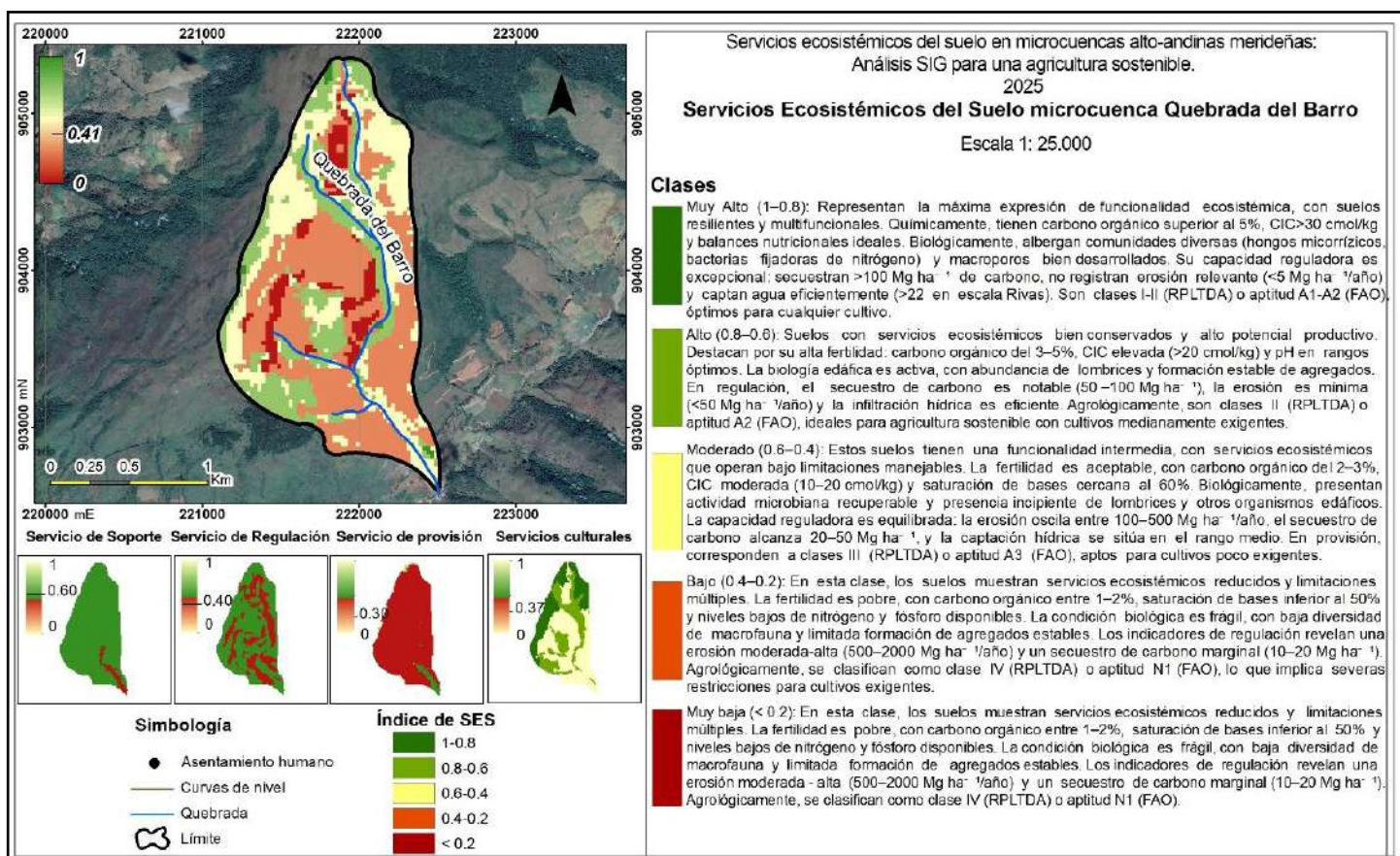


FIGURA 3. SES quebrada del Barro: Fuente: elaboración propia

4. Conclusiones

La investigación revela procesos de degradación de los suelos en las microcuencas analizadas, con más del 60% del área mostrando funcionalidad

ecosistémica baja o muy baja. Las zonas más afectadas son laderas intervenidas, donde se observa disminución en la regulación hídrica y

climática, pérdida de biodiversidad y reducción de reservas de carbono. Esta situación limita la productividad agrícola y la capacidad de los suelos como sumideros de carbono, agravándose por el cambio climático con eventos extremos más frecuentes.

Solo el 20% del área mantiene suelos resilientes, principalmente en cabeceras de páramo y zonas bajas estables, que cumplen funciones críticas como regulación hídrica y almacenamiento de carbono. Sin embargo, estas áreas enfrentan presión por expansión agrícola y por variaciones de índole climático como incremento en la frecuencia de precipitaciones extremas. Las prácticas actuales (ganadería extensiva y monocultivos) han homogenizado el paisaje, reduciendo servicios culturales y acelerado la degradación, especialmente en pendientes con alta erosión.

El estudio propone acciones prioritarias: protección de cabeceras de páramo, implementación de agroforestería diversificada y restauración de laderas con especies nativas. La integración de conocimientos científicos y locales es clave para desarrollar estrategias adaptativas. Los SIG y el análisis multicriterio (AHP) han identificado áreas críticas para intervención, brindando bases sólidas para la planificación.

En conclusión, la recuperación de estos ecosistemas requiere un enfoque integrado que combine conservación, agricultura sostenible y adaptación climática, asegurando así los servicios ecosistémicos a futuro. Las medidas urgentes deben enfocarse en proteger las zonas aún funcionales y restaurar las degradadas mediante prácticas sostenibles y participación comunitaria.

5. Referencias citadas

ATAROFF, M. y L. SARMIENTO. 2003. *Diversidad en los Andes de Venezuela. I Mapa de Unidades Ecológicas del Estado Mérida*. CD-ROM, Ediciones Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE), Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

BANWART, S. 2011. "Save our soils". *Nature*, 474: 151–152. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/474151a>.

BRAVO, S.; CAMPS, P.; PÉREZ, V. & M. ARVIDE. 2024. "Soil ecosystem services valuation in a priority terrestrial region for biodiversity conservation in Mexico, from ecological economics and the local community perspective". *Discover Sustainability*, 5: 457. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00691-8>.

BURBANO, H. 2016. "El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria". *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2): 106-116. Disponible en: [Doi: http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58](http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58).

CAI, S.; ZHANG, X. & Y. CAO. 2020. "Values of the farmland ecosystem services of Qingdao City, China, and their Changes". *Journal of Resources and Ecology*, 11(5): 443–453. Disponible en: <https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2020.05.002>.

DUBE, B.; WHITE, A.; RICKETTS, T. & H. DARBY. 2022. *Valuation of Ecosystem Services from Improved Soil Health in Vermont*. Vermont Payment for Ecosystem Services Technical Research Report #5. The University of Vermont. Burlington, Estados Unidos.

- DOMINATI, E. 2013. "Natural capital and ecosystem services of soils". En: *Ecosystem services in New Zealand: conditions and trends* (Dymond JR, ed.), pp. 132-142. Manaaki Whenua Press, Lincoln. Nueva Zelanda.
- DOMINATI, E.; PATTERSON, M. & A. MACKAY. 2010. "A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils". *Ecological Economics*, 69(1): 1.858-1.868.
- FAO. 2020. Los suelos son fundamentales para garantizar la seguridad alimentaria y el equilibrio del ecosistema. FAO República Dominicana. 7 de diciembre de 2020. Disponible en: <https://www.fao.org/republica-dominicana/noticias/detail-events/es/c/1364966/>. [Consulta: mayo, 2025] .
- FAO. 2007. *Land evaluation: Toward a revised framework*. FAO. Rome, Italy.
- FAO. 1976. *Esquema para la evaluación de tierras*. Boletín de Suelos 32. División de Recursos de Tierras y Aguas (FAO). Roma, Italia. Publicación Técnica.
- FAO/PNUMA/UNESCO. 1980. *Metodología provisional para la evaluación de degradación de suelos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Roma, Italia.
- FERRER, C.; DUGARTE, M.; DELGADILLO, A.; PÁEZ, G.; LAFFAILLE, J.; LAFFAILLE, K.; ... y E. POZZOBON. 2008. *Caracterización de la cuenca del Valle de Mocotíes: Plan de Desarrollo Urbano del municipio Antonio Pinto Salinas bajo el enfoque de Gestión de Riesgo*. Municipio Antonio Pinto Salinas, Venezuela. Informe Técnico.
- FOSSEY, M.; ANGERS, D.; BUSTANY, C.; CUDENNEC, C.; DURAND, P.; GASCUEL-ODOUX, C.; ... & C. WALTER. 2020. "A Framework to Consider Soil Ecosystem Services in Territorial Planning". *Frontiers in Environmental Science*, 8(28): 1-12. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2020.00028/full>. [Consulta: mayo, 2025].
- GÓMEZ, B. y FERNÁNDEZ, M. 2021. "Valoración ecológica de los servicios ecosistémicos prestados por el suelo en fincas cafeteras de la Cuchilla de San Juan, municipio de Belén de Umbría, Colombia". *Ciencias Ambientales*, 55(1): 160. Disponible en: <https://doi.org/10.15359/rca.55-1.8>.
- GÓMEZ, D.; DOSSMAN, M. y J. FERNÁNDEZ. 2021. "Valoración ecológica de los servicios ecosistémicos prestados por el suelo en fincas cafeteras en Belén de Umbría, Colombia". *Ciencias Ambientales*, 55(1): 160. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15359/rca.55-1.8>.
- HU, X.; LI, Z.; NIE, X.; WANG, D.; HUANG, J.; DENG, C.; ... & K. NING. 2020. "Regionalization of soil and water conservation aimed at ecosystem services improvement". *Scientific Reports*, 10(1): 3.469. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60100-8>.

- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). 1979. *Métodos analíticos del laboratorio de suelos*. (4ª edic). Bogotá. p. 664. Ley de tierras y Desarrollo agrario. Gaceta Oficial de la República de Venezuela, Número 5991 extraordinaria. Caracas 29 de julio de 2010.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC. En: <chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>. [Consulta: mayo, 2025].
- MONTICO, S.; DI LEO, N.; BONEL, B. y J. BERARDI, 2021. "Servicios ecosistémicos provistos por los suelos en una cuenca de Santa Fe, Argentina". *Cuadernos del CURIHAM*, 27: 1-8. Disponible en: <https://doi.org/10.35305/curiham.v27i.166>. [Consulta: mayo, 2025].
- MUTLU, M. & A. TEZER. 2023. "Daylighting the role of soil ecosystem services (SoESs) for climate change adaptation". *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 11: 367-385. Disponible en: <https://doi.org/10.4236/gep.2023.119023>. [Consulta: mayo, 2025].
- NACHTERGAELE, F.; PETRI, M. & R. BIANCALANI. 2011. "Land Degradation". En: *World Soil Resources and Food Security Advances in Soil Sciences* (Lal, R. & Stewart, B.A., eds.). Taylor and Francis, CRC Press: 574. Disponible en: <http://www.taylorandfrancis.com/books/details/9781439844502/>. [Consulta: mayo 2025].
- ÖRVAR, J. & D. BRYNHILDUR. 2016. "Classification and valuation of soil ecosystem services". *Journal of Environmental Management*, 150: 123-135. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.02.010>. [Consulta: mayo 2025].
- PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). 2000. *Annual Review, Nairobi, Kenia*. Disponible en: https://www.unclearn.org/wp-content/uploads/library/unep132_spn_0_0.pdf. [Consulta: mayo, 2025].
- REGLAMENTO PARCIAL DEL DECRETO CON FUERZA DE LEY DE TIERRAS Y DESARROLLO AGRARIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VOCACIÓN DE USO DE LA TIERRA RURAL. 2005. Gaceta Oficial de la República de Venezuela, Número 38.126 ordinario. Caracas 14 de febrero de 2005.
- RIQUIER, J.; BRAMAO, L. y S. P. A. CORNET. 1970. *A new system of soil appraisal in terms of actual and potential productivity*. Division FAO Soil Resources, Development and Conservation Service, Land and Water Development Division. Roma, Italia.
- RIVAS, S.; OCHOA, G.; OBALLOS, J. y J. SANTIAGO. 2005. "Ensayo metodológico de evaluación de tierras para la captación de agua en dos microcuencas del río Santo Domingo, Mérida, Venezuela". *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 30(6): 347-355. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442005000600008. [Consulta: mayo, 2025].

- ROBINSON, D.; HOCKLEY, N.; COOPER, D.; EMMETT, B.; KEITH, A.; LEBRON, I.; ... & H. BLACK. 2013. "Natural capital and ecosystem services, developing an appropriate soils framework as a basis for valuation". *Soil Biology and Biochemistry*, 57: 1.023-1.033.
- SAATY, T. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill. New York, Estados Unidos.
- USDA-NRCS. 2022. *Claves para la Taxonomía de Suelos*. 12ª edición. Washington, Estados Unidos.
- SABAINI, C. y G. ÁVILA. 2016. *Manual de determinación de la condición biológica de suelo in situ e in visu en los sistemas agrícolas*. Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA). Santiago, Chile.
- VOOGD, H. 1983. *Multicriteria evaluation for urban and regional planning*. Pion. London, United Kingdom.
- ZURQANI, H.; MIKHAILOVA, E.; POST, C.; SCHLAUTMAN, M. & A. ELHAWAJ. 2019. "A Review of Libyan Soil Databases for Use within an Ecosystem Services Framework". *Land*, 8: 82. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/land8050082>.

Lugar y fecha de finalización del artículo:
Mérida, Venezuela; mayo, 2025

Gestión y salvaguarda del patrimonio cultural inmaterial en Manabí, Ecuador:

aplicación de indicadores UNESCO

Gestão e salvaguarda do patrimônio cultural imaterial em Manabí Equador:
aplicação de indicadores da UNESCO

Management and safeguarding of intangible cultural heritage in Manabí, Ecuador:
application of UNESCO indicators

**Maria Fernanda Garzón Félix, Blanca Enith Mendoza Mendoza,
Consuelo Maribel Mejía Ramos y Simón David Sabando Loor**

Escuela Politécnica Agropecuaria de Manabí 'Manuel Félix López'

Calceta, provincia de Manabí, Ecuador

fgarzon@espam.edu.ec; blanca.mendoza@espam.edu.ec; cmejia@espam.edu.ec;

simon.sabando.0121@espam.edu.ec

Garzón: <https://orcid.org/0000-0003-36057378>

Mendoza: <https://orcid.org/0000-0002-5645-6299>

Mejía: <https://orcid.org/0009-0003-7419-715X>

Sabando: <https://orcid.org/0009-0004-86616320>

Resumen

Este estudio analiza la gestión del patrimonio cultural inmaterial (PCI) en la provincia de Manabí, enfocándose en las comunidades rurales y su diversidad cultural. La investigación es exploratoria, analítica y descriptiva, y se desarrolla en dos etapas: el análisis de políticas públicas e institucionalidad del PCI, y una evaluación de campo con encuestas a actores clave. Se emplea la metodología del Manual de Indicadores UNESCO de Cultura para el Desarrollo, abarcando tres componentes: registros 30%, gestión y protección 40%, y transmisión y apoyo 30%. Los resultados muestran un cumplimiento del 33,9% en los indicadores, destacando debilidades en la protección del PCI, la participación comunitaria y la sensibilización. Se concluye que las políticas públicas y la articulación interinstitucional deben fortalecerse para lograr una gestión cultural efectiva y sostenible en la región.

PALABRAS CLAVE: gestión cultural; desarrollo sostenible; políticas públicas; gobernanza; comunidades rurales.

Resumo

Este estudo analisa a gestão do patrimônio cultural imaterial (PIC) na província de Manabí, com foco nas comunidades rurais e sua diversidade cultural. A pesquisa é exploratória, analítica e descritiva, e é realizada em duas etapas: uma análise das políticas públicas e das instituições de PCI e uma avaliação de campo com pesquisas com as principais partes interessadas. A metodologia utilizada é o Manual de Indicadores de Cultura para o Desenvolvimento da UNESCO, abrangendo três componentes: registros (30%), gestão e proteção (40%) e transmissão e apoio (30%). Os resultados mostram 33,9% de conformidade com os indicadores, destacando fragilidades na proteção do PCI, na participação comunitária e na conscientização. Conclui-se que as políticas públicas e a coordenação interinstitucional devem ser fortalecidas para alcançar uma gestão cultural eficaz e sustentável na região.

PALAVRAS-CHAVE: gestão cultural; desenvolvimento sustentável; políticas públicas; governança; comunidades rurais.

Abstract

This study analyzes the management of intangible cultural heritage (ICH) in the province of Manabí, focusing on rural communities and their cultural diversity. The research is exploratory, analytical, and descriptive, and is carried out in two stages: an analysis of public policies and ICH institutions, and a field evaluation with surveys of key stakeholders. The methodology used is the UNESCO Manual of Culture for Development Indicators, covering three components: records (30%), management and protection (40%), and transmission and support (30%). The results show 33.9% compliance with the indicators, highlighting weaknesses in ICH protection, community participation, and awareness-raising. It concludes that public policies and inter-institutional coordination must be strengthened to achieve effective and sustainable cultural management in the region.

KEYWORDS: cultural management; sustainable development; public policies; governance; rural communities.

1. Introducción

Comprender el significado del patrimonio cultural inmaterial (PCI) implica reconocer aquellas manifestaciones vivas que constituyen una parte esencial de la identidad de los pueblos y que se transmiten de generación en generación. La Convención de la UNESCO para la Salvaguardia del PCI está diseñada para asegurar la protección del PCI en todo el mundo (Oguamanan y Yeboah-Appiah, 2024). Estas manifestaciones incluyen conocimientos, costumbres, expresiones orales, rituales, prácticas sociales, festividades y saberes vinculados con la naturaleza y la artesanía tradicional, reflejando así la diversidad cultural de la humanidad (UNESCO, 2003). Su gestión y salvaguardia adquieren relevancia no solo por su valor histórico, sino por su presencia activa en la vida cotidiana de las comunidades, fortaleciendo su sentido de pertenencia y continuidad cultural.

Una gestión adecuada de desarrollo del patrimonio cultural requiere un enfoque centrado en la sostenibilidad (UNESCO, 2014), lo que implica no solo ejecutar acciones, sino también articular recursos, actores sociales e iniciativas a través de políticas públicas y planificación estratégica (Pololikashvili, 2019).

Gestionar el patrimonio significa integrar de manera coherente estos elementos, combinando capacidades técnicas, organizativas y gubernamentales orientadas a la toma de decisiones (Manente, 2008; Zamora Acosta, 2011). Por tanto, la gestión del PCI demanda una visión articulada que permita intervenciones institucionales, públicas y de comunidades. En este contexto, Lázaro y Jiménez (2022) destacan la importante contribución de la cultura a la sostenibilidad, promoviendo el equilibrio entre sus dimensiones social, cultural y económica que garantice su preservación para las futuras generaciones.

Desde una perspectiva normativa, la Convención para la Salvaguardia del PCI, adoptada por la UNESCO en 2003, establece como objetivos fundamentales la protección, el respeto y la promoción de estas expresiones culturales en comunidades, grupos e individuos a nivel mundial (UNESCO, 2003). Uno de los instrumentos clave de esta Convención es la Lista Representativa del PCI de la Humanidad, la

cual permite visibilizar la riqueza de las expresiones culturales, generar conciencia sobre su importancia y fomentar su preservación.

La salvaguardia del PCI implica no solo su conservación física o documental, sino también su valorización social y cultural, reconociendo a los portadores como actores fundamentales en su transmisión [Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC), 2013; UNESCO, 2003]. En Ecuador, este compromiso se formalizó mediante el Decreto Ejecutivo N.º 871, promulgado el 18 de enero de 2008 y publicado en el Registro Oficial N.º 361 el 17 de junio del mismo año, marcando su entrada en vigor (Párraga y Bastidas, 2021).

Bajo este marco normativo, se establecieron competencias y responsabilidades para orientar las acciones de preservación, las cuales, en concordancia con las políticas de descentralización del Estado y los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir, se concretan en la transferencia de atribuciones a los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) y otras instancias locales a través del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). Según Sandoval (2017) y Pérez Peña (2018) este instrumento asigna a los GAD la responsabilidad de proteger y promover la diversidad cultural, así como de preservar la memoria social y el patrimonio cultural.

En este contexto, la gobernanza se configura como un componente esencial en la planificación, gestión y desarrollo del PCI (Su, 2019). Esto cobra aún más relevancia frente a los desafíos globales como el cambio climático y el aumento de las temperaturas, fenómenos que afectan profundamente a la sociedad, la cultura y el patrimonio (Zaldivar e Inthamoussu, 2023). Desde las teorías del desarrollo, se reconoce que una gobernanza efectiva permite articular e integrar recursos provenientes de distintos sectores sociales, lo que contribuye significativamente a la conservación y promoción del PCI (Duan, 2023).

Ante esta complejidad, la UNESCO (2014) plantea una iniciativa de sensibilización mediante su manual metodológico de Indicadores de Cultura para el Desarrollo, una herramienta innovadora que destaca la función

multidimensional de la cultura en los procesos de desarrollo. Este enfoque proporciona lineamientos para integrar la cultura en las políticas públicas, en coherencia con la Convención de 2005 sobre la diversidad de las expresiones culturales, fortaleciendo así la gestión del PCI frente a los desafíos contemporáneos.

La provincia de Manabí destaca por su diversidad natural y cultural posicionándose como un destino turístico valorado a nivel nacional e internacional. Su patrimonio se expresa en manifestaciones como el sombrero de toquilla, símbolo de identidad local, inscrito en la Lista Representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad el 5 de diciembre de 2012 [Ministerio de Turismo de Ecuador (MINTUR), 2012]. Asimismo, Portoviejo fue declarada Ciudad Creativa en gastronomía el 30 de octubre de 2019, fruto del esfuerzo institucional [Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC), 2019]. A su vez, Montecristi se incorporó el 6 de noviembre de 2023 a la Red de Ciudades Creativas, reconocida por su herencia en artesanía y arte popular (MINTUR, 2023). Estos reconocimientos reflejan el compromiso territorial en integrar la cultura y la creatividad como ejes estratégicos de desarrollo.

A pesar de su potencial patrimonio, la provincia de Manabí enfrenta limitaciones que dificultan el desarrollo del PCI. Uno de los factores es la baja asignación presupuestaria a los GAD (Vera y Mendoza, 2024; Cruz *et al.*, 2020; CRESPIAL, 2009), lo cual restringe el apoyo a las iniciativas culturales, agravado por la falta de una visión clara sobre el valor estratégico del PCI como los señala. Asimismo, una problemática relevante en torno al PCI, es la debilidad que presentan los actores y gestores culturales en los procesos de registro y documentación del PCI, lo cual limita su visibilidad, salvaguardia y transmisión. En este sentido, Mendoza *et al.* (2025) señalan la importancia de actualizar de manera periódica, con el fin de observar y documentar los cambios que pueden producirse en estas manifestaciones vivas.

Bajo este contexto, el artículo analiza la gestión del PCI en Manabí, aplicando los

indicadores de cultura para el desarrollo de la UNESCO, una herramienta que permite evaluar sistemáticamente el papel de la cultura en las dinámicas locales. La importancia de este estudio radica en ofrecer un diagnóstico que permita comprender la gestión existente y aportar insumos técnicos para fortalecer el enfoque de salvaguardia cultural en la provincia, en consonancia con los compromisos internacionales asumidos por Ecuador.

2. Metodología

La provincia de Manabí, como se observa en la FIGURA 1, está ubicada en el centro de la región litoral del Ecuador. Su territorio se extiende a ambos lados de la línea equinoccial, desde los 0°25' de latitud norte hasta los 1°57' de latitud sur, y desde los 79°24' hasta los 80°55' de longitud oeste.

La investigación tuvo como propósito analizar la gestión y salvaguardia del PCI de la provincia de Manabí. Es de carácter exploratorio, analítico y descriptivo; centra sus estudios en la diversidad geográfica, humana y cultural de las comunidades rurales de Manabí, que se expresa en su patrimonio intangible o inmaterial y cobra sentido gracias a la apropiación asumida por las colectividades.

De esta forma, el trabajo se desarrolló en dos momentos: (1) la primera actividad abarcó el análisis de la gobernanza e institucionalidad, implicando la necesidad de abordar políticas públicas y señalar las entidades reguladoras de la cultura que respaldan dicho patrimonio; (2) luego, se llevó a cabo una evaluación *in situ* mediante visitas con la aplicación de un cuestionario de preguntas a los actores involucrados, identificados a través de un mapeo de actores vinculados al ámbito cultural en la zona de estudio.

Para ello se utilizó el Manual Metodológico/Indicadores UNESCO de Cultura para el Desarrollo (IUCD) en el año 2014. Esta metodología tiene como objetivo proporcionar una visión global de los puntos fuertes y las deficiencias en los esfuerzos públicos para generar un marco multidimensional que garantice la sostenibilidad del patrimonio y su contribución al desarrollo.

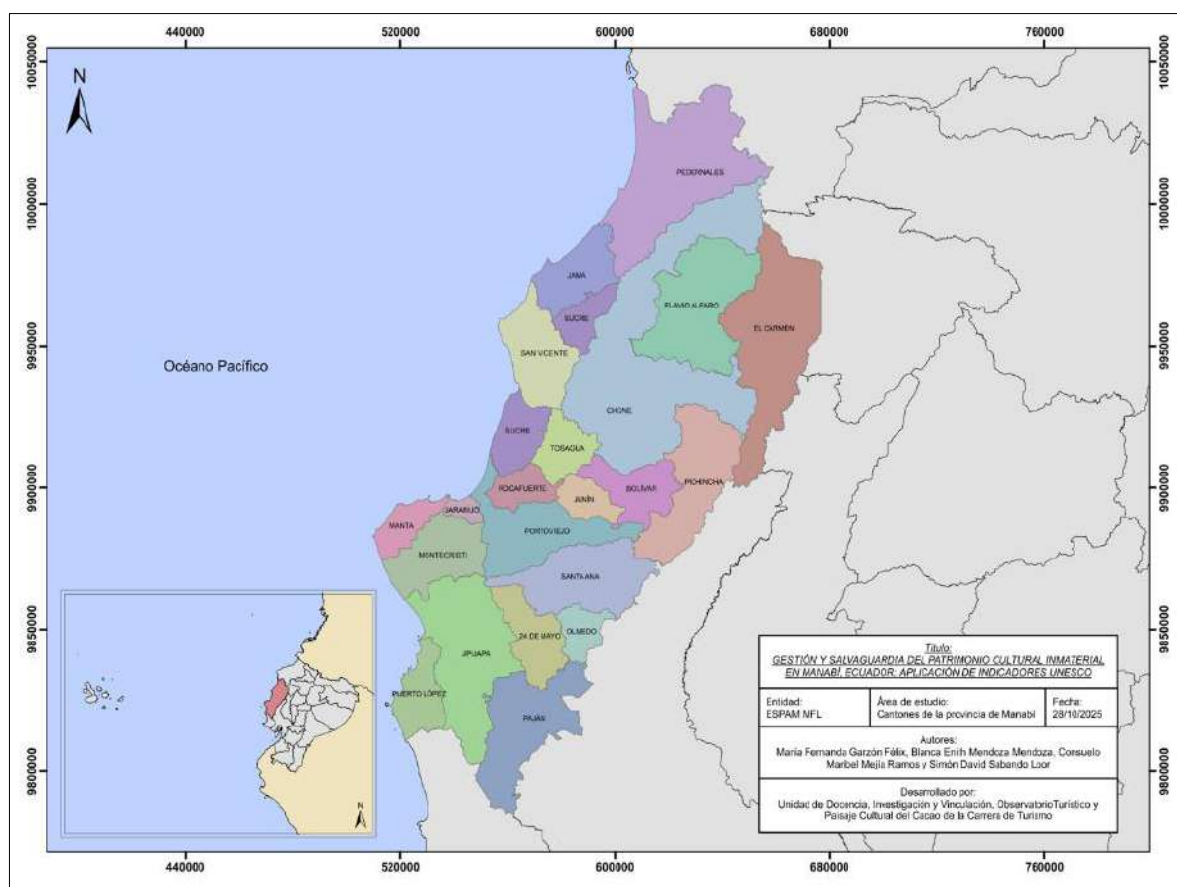


FIGURA 1. Ubicación geográfica de la provincia de Manabí. Fuente: elaboración propia

La investigación tuvo como propósito analizar la gestión y salvaguardia del PCI de la provincia de Manabí. Es de carácter exploratorio, analítico y descriptivo; centra sus estudios en la diversidad geográfica, humana y cultural de las comunidades rurales de Manabí, que se expresa en su patrimonio intangible o inmaterial y cobra sentido gracias a la apropiación asumida por las colectividades.

Bajo este contexto, el trabajo se desarrolla en dos momentos: la primera actividad abarcó el análisis de la gobernanza e institucionalidad, implicando la necesidad de abordar políticas públicas y señalar las entidades reguladoras de la cultura que respaldan dicho patrimonio. Posteriormente, se llevó a cabo una evaluación *in situ* mediante visitas con la aplicación de un cuestionario de preguntas a los actores involucrados, identificados a través de un mapeo de actores vinculados al ámbito cultural en la zona de estudio. Para ello se utilizó el Manual Metodológico/Indicadores UNESCO de

Cultura para el Desarrollo (IUCD) en el año 2014. Esta metodología tiene como objetivo proporcionar una visión global de los puntos fuertes y las deficiencias en los esfuerzos públicos para generar un marco multidimensional que garantice la sostenibilidad del patrimonio y su contribución al desarrollo.

Este formulario es un indicador estándar de carácter cualitativo que se presenta en forma de lista de control, con miras a evaluar el grado de desarrollo de un marco público multidimensional para la sostenibilidad del patrimonio. La aplicación de este instrumento se organizó en tres componentes que son: primero, registros e inscripciones, que comprende los registros e inventarios de categoría nacional e internacional que cubren el patrimonio material, inmaterial y mueble y que tiene un peso de 30%; en segundo lugar, el componente protección, salvaguardia y gestión, que comprende las políticas, medidas,

facilidades, creación de capacidades y actividades comunitarias concretas asociadas a la protección, la conservación y la gestión del patrimonio a nivel nacional, tiene un peso del 40% y, el tercer componente es la transmisión y movilización de apoyos que abarca acciones dirigidas a sensibilizar al público en general sobre el valor y el sentido del patrimonio, así como sobre las amenazas potenciales, por medio de la señalética, los servicios de

interpretación, las campañas de comunicación, las actividades educativas, sector privado, tiene un peso de 30% dando un total del 100%.

Para evaluar de manera cuantitativa el nivel de sostenibilidad del patrimonio, se procedió a aplicar la siguiente fórmula considerando pesos específicos para cada componente y subcomponente.

Cálculo	Fórmula
Cumplimiento (%) =	$\left(\frac{\text{Criterios Cumplidos}}{\text{Total de Criterios}}\right) \times 100$
Puntuación Máxima (%) =	$\left(\frac{\text{Peso del Subcomponente}}{100}\right) \times \text{peso del componente}$
Puntuación Obtenida (%) =	Cumplimiento (%) X Puntuación Máxima (%)
TOTAL, GENERAL (%)	\sum Puntuaciones Obtenidas

El proceso de investigación de la gestión del PCI por parte de los actores involucrados, se realizó mediante una encuesta que se dirigió a los actores públicos de los GAD para conocer acerca de la situación actual del PCI de la provincia de Manabí.

A continuación, en la TABLA 1 se señalan los componentes de Sostenibilidad del Patrimonio de la UNESCO, tomando como referencia los indicadores UNESCO de Cultura para el desarrollo.

TABLA 1. Indicador de sostenibilidad del patrimonio de la UNESCO.
Fuente: elaboración a partir de indicadores UNESCO de cultura para el desarrollo

Componente 1: Registros e Inscripciones 30%	
Internacional (33%)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Listas de PCI actualizados y enviados a UNESCO en los últimos 5 años ✓ Existen sitios inscritos en la Lista del Patrimonio Mundial (cultural, natural o mixto) ✓ Existe uno o varios elementos inscritos en la Lista Representativa del PCI de la humanidad ✓ Existen elementos inscritos del PCI que requieren medidas urgentes de salvaguardia ✓ Existen programas y proyectos reconocidos como buenas prácticas de salvaguardia por la UNESCO (2003)
Nacional (67%)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Registro nacional del patrimonio cultural y natural existente ✓ Actualización del registro nacional en los últimos 5 años ✓ Inventarios nacionales o subnacionales del PCI ✓ Actualización de al menos un inventario del PCI en los últimos 5 años ✓ Lista de bienes culturales protegidos y actualizada en los últimos 5 años ✓ Base de datos de bienes culturales sustraídos para uso policial y aduanero ✓ Registro nacional del patrimonio cultural y natural existente

Continuación tabla 1

Componente 2: Protección, Salvaguardia y Gestión (40%)	
Conservación y valorización (33%)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Presupuesto anual reservado para la identificación, salvaguardia, conservación y gestión del patrimonio ✓ Se ha aprobado legislación, políticas para conservar y promover el patrimonio cultural y natural en los últimos 5 años ✓ Se ha aprobado regulaciones sobre excavaciones arqueológicas ✓ Se han aprobado medidas contra el tráfico ilícito de bienes culturales protegidos ✓ Existen unidades de la policía y aduanas especializadas en patrimonio ✓ Existen museos que custodian colecciones permanentes de patrimonio. ✓ Planes de gestión patrimonial elaborados o actualizados en los últimos 3 años a nivel subnacional, nacional o internacional ✓ Existen uno o más planes de gestión de riesgos de desastres para sitios patrimoniales en caso de peligro y vulnerabilidad ✓ Existen centros de documentación del patrimonio cultural, natural, material o inmaterial ✓ Se han llevado a cabo estudios científicos sobre amenazas al patrimonio en los últimos 2 años ✓ Inclusión del patrimonio en planes de desarrollo nacional
Creación de capacidades y conocimientos (33%)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Existen uno o más centros nacionales de creación de capacidades en áreas relacionadas con el patrimonio dirigido a formar profesionales del patrimonio ✓ En los últimos 3 años, se han puesto en marcha uno o más programas de formación especializada para técnicos en conservación del patrimonio material ✓ Existen uno o más programas de formación y creación de capacidades para comunidades sobre PCI en los últimos 3 años ✓ Se han implementado en los últimos 3 años programas de formación para fuerzas armadas sobre protección de bienes culturales en conflictos armados ✓ Se han desarrollado en los últimos 3 años programas de capacitación sobre lucha contra el tráfico ilícito de bienes culturales, dirigidos a policía, aduanas, museos y autoridades
Participación comunitaria (33%)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se fomenta la participación comunitaria en la identificación y registro del patrimonio cultural material ✓ Se promueve la participación comunitaria en la identificación e inventario del patrimonio cultural inmaterial ✓ En los últimos 2 años se han implementado acciones para fortalecer el rol comunitario en la protección del patrimonio y la lucha contra el tráfico ilícito ✓ Existen comités de gestión de sitios de patrimonio con representación de las comunidades locales ✓ En los últimos 2 años se han adoptado acciones para involucrar a minorías y pueblos autóctonos en la protección y transmisión del patrimonio ✓ En los últimos 2 años se han aplicado medidas que respetan las prácticas tradicionales de acceso al patrimonio cultural inmaterial
Componente 3: Transmisión y Movilización de Apoyos (30%)	
Sensibilización y educación (60%)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Los sitios patrimoniales están claramente identificados para que los visitantes reconozcan su valor como patrimonio cultural. Los tres sitios más visitados cuentan con centros de interpretación o servicios de divulgación del patrimonio cultural y/o natural ✓ Existen centros comunitarios y asociaciones comunitarias creadas y gestionadas por las comunidades para apoyar la transmisión del patrimonio inmaterial y su valor para las comunidades ✓ Existe una política de precios diferenciada para los visitantes nacionales en los sitios de patrimonio ✓ En los últimos 2 años se han implementado programas nacionales para sensibilizar y educar al público sobre la importancia y fragilidad del patrimonio cultural y natural ✓ En los últimos 2 años se han realizado actividades de formación para docentes y educadores sobre patrimonio cultural

Continuación tabla 1

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ En los últimos 2 años se han implementado programas escolares para sensibilizar a alumnos de primaria sobre el patrimonio cultural ✓ En los últimos 2 años se ha lanzado una campaña en los medios de comunicación para sensibilizar sobre el patrimonio al público en general
Estimular el apoyo (40%)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ En los últimos 2 años se han implementado medidas para involucrar a la sociedad civil y al sector privado en la protección y conservación del patrimonio ✓ Existen acuerdos formales con operadores turísticos para proteger y conservar sitios patrimoniales ✓ Existen fundaciones o asociaciones privadas dedicadas a la defensa, sensibilización y financiamiento del patrimonio

3. Resultados

3.1. Análisis de la gestión del PCI de la provincia de Manabí

La gobernanza e institucionalidad son pilares fundamentales para una gestión efectiva del PCI en Manabí. Su análisis requiere examinar las políticas públicas diseñadas para la protección y promoción del PCI, así como la distribución de competencias entre los distintos actores institucionales. En este contexto, es fundamental identificar a los principales agentes involucrados en la gestión del PCI y evaluar el grado en que sus acciones se alinean con las políticas establecidas. Esto implica revisar las normativas vigentes y determinar las responsabilidades asignadas a los entes reguladores del ámbito cultural en el país.

Tanto en la gestión del PCI como en el desarrollo de la actividad turística, existen marcos normativos y políticas específicas que rigen la actuación de los organismos competentes. Estas regulaciones establecen directrices que deben ser cumplidas por los actores institucionales involucrados en la protección y difusión del patrimonio cultural.

La TABLA 2 presenta un panorama integral de los principales actores, marcos normativos y competencias institucionales que intervienen en la gestión y salvaguardia del PCI en Ecuador, con énfasis en su aplicación territorial en la provincia de Manabí. El análisis evidencia que la protección del PCI está respaldada por una normativa robusta, sustentada en la Constitución de la República, que reconoce al

patrimonio cultural como un componente esencial del desarrollo nacional y del régimen del Buen Vivir.

Desde el nivel central, la Constitución establece que el Estado es responsable de la rectoría del Sistema Nacional de Cultura, así como del diseño de políticas públicas orientadas a la protección, promoción y fortalecimiento del patrimonio y la memoria social. En esta línea, el Ministerio de Cultura y Patrimonio lidera la formulación de dichas políticas, mientras que el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC) ejecuta acciones técnicas de investigación, registro y salvaguardia. Complementariamente, el Ministerio de Turismo, a través de su normativa, reconoce el valor del PCI como recurso fundamental para el desarrollo del turismo cultural y comunitario, fomentando su integración en las estrategias turísticas nacionales.

En el ámbito subnacional, la COOTAD otorga competencias específicas a los GAD, tanto provinciales como cantonales. Estas entidades entre sus competencias tienen la responsabilidad de fomentar la diversidad cultural, promover actividades artísticas y culturales, y ejecutar acciones para la conservación del patrimonio cultural en sus territorios. Además, se resalta la obligación de los GAD de articularse entre sí y con el nivel central, promoviendo un enfoque de gobernanza territorial del patrimonio.

TABLA 2. Políticas públicas de la gestión del PCI. Fuente: elaboración propia a partir de los reglamentos oficiales competentes

Entidad Reguladora	Normativa Aplicable	Disposiciones Claves sobre la Gestión del PCI
Constitución del Ecuador	Título VI. Régimen de Desarrollo, Capítulo I, Art. 276, inciso 7	Establece la obligación del Estado de proteger y promover la diversidad cultural, así como la preservación y fortalecimiento de la memoria social y el patrimonio cultural
	Título VII. Régimen del Buen Vivir, Capítulo I, Sección V, Art. 378	Determina que el Sistema Nacional de Cultura estará integrado por instituciones y colectivos culturales, sujetándolos a control y rendición de cuentas. El Estado asume la rectoría del sistema y la formulación de políticas nacionales en la materia
Ministerio de Turismo	Reglamento General a la Ley de Turismo, Título I, Capítulo I, Art. 4, numeral 7	Promueve y fomenta el turismo, con énfasis en el turismo receptivo, interno y social, contribuyendo a la valorización del patrimonio cultural inmaterial
Gobierno Autónomo Provincial	Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), Título I, Art. 4, literal e	Establece como finalidad la protección y promoción de la diversidad cultural, asegurando su reproducción e intercambio, así como la preservación y desarrollo del patrimonio cultural
	COOTAD, Capítulo II, Sección I, Art. 41, literal i	Dispone la promoción y patrocinio de las culturas, las artes y actividades recreativas en el ámbito rural, en coordinación con otros gobiernos descentralizados
Gobierno Autónomo Descentralizado Cantonal (GAD)	COOTAD, Capítulo III, Art. 54, literales g, q y s	<p>g) Regula, controla y fomenta la actividad turística cantonal en coordinación con otros gobiernos descentralizados, promoviendo el turismo comunitario</p> <p>q) Promueve y financia actividades culturales, artísticas y recreativas en beneficio del cantón</p> <p>s) Fomenta acciones de protección y conservación del patrimonio cultural y de la memoria social, promoviendo la interculturalidad y diversidad</p>

Sin embargo, aunque el marco jurídico e institucional establece roles claramente definidos, persisten desafíos en la implementación efectiva de estas competencias. Las limitaciones presupuestarias, la débil articulación interinstitucional, la escasa formación técnica en los GAD y la falta de ordenanzas específicas en muchos cantones dificultan una gestión integral del PCI. Por ello, resulta fundamental fortalecer los mecanismos de coordinación entre los diferentes niveles de gobierno, institucionalizar la participación comunitaria y territorializar las políticas públicas para que respondan a las realidades locales.

En este contexto, la estructura normativa ofrece una base para la protección del PCI; sin embargo, su eficacia depende de la capacidad de gestión, articulación y apropiación local, especialmente en provincias como Manabí, donde el PCI constituye un eje estratégico para el desarrollo sostenible, la identidad y la cohesión social.

3.2 Análisis de la gestión del PCI, indicadores UNESCO para el desarrollo de la cultura

Para evaluar la valoración actual del PCI en la provincia de Manabí, se realizaron 18 entrevistas a los actores responsables, incluyendo a directores de los departamentos

de cultura de los GAD y dirección del INPC. A estos se les aplicó un cuestionario basado en los indicadores de sostenibilidad del patrimonio según la UNESCO, adaptado a las características y contexto de los entrevistados. Las entrevistas se llevaron a cabo en los meses de junio a agosto de 2023 y se organizaron en tres secciones, correspondientes a las variables

principales y sus indicadores: registro e inscripción del patrimonio, protección, salvaguarda y gestión, así como la transmisión y movilización de apoyo. Los resultados obtenidos se presentan a continuación (TABLA 3).

TABLA 3. Indicadores UNESCO para el desarrollo de la cultura. Fuente: elaboración propia a partir de los indicadores UNESCO para la sostenibilidad

Indicador - Sostenibilidad del PCI Manabí					
Componente	Subcomponente / Peso	Criterios evaluados	Criterios Cumplidos	Puntuación Máxima %	Puntuación obtenida %
1. Registros e Inscripciones (30%)	Internacional (33%)	5	1	9,90%	1,98%
	Nacional (67%)	7	3	20,10%	8,60%
Total, componente		12	4	30%	10,58%
2. Protección, Salvaguardia y Gestión (40%)	Conservación y valorización (33%)	12	5	13,20%	5,50%
	Creación de capacidades y conocimientos (33%)	5	1	13,20%	2,60%
	Participación comunitaria (33%)	6	1	13,20%	2,20%
Total, componente		23	7	40%	10,3%
3. Transmisión y Movilización de Apoyos (30%)	Sensibilización y educación (60%)	8	4	18%	9,00%
	Estimular el apoyo (40%)	3	1	12%	4,00%
Total, Componente		11	5	30%	13,0%
TOTAL, GENERAL		46	16	100%	33,90%

En la TABLA 3, el componente 'Registro e Inscripciones' evidencia un avance significativo en el reconocimiento internacional del PCI de Ecuador, con la inscripción del Pasillo, género musical y de baile, de ritmo lento y letras poéticas sobre el amor y la patria, que fusiona el vals europeo con música andina como el yaraví, y representa un símbolo de la identidad cultural del Ecuador, registrado en la Lista Representativa de la UNESCO en 2021. Sin embargo, a pesar de este logro, el análisis de los cinco indicadores revela un cumplimiento

parcial, alcanzando el 1.98%. Este resultado muestra la importancia estratégica de invertir en la identificación, documentación y protección de todos los elementos del PCI, garantizando así su transmisión a las futuras generaciones y contribuyendo al desarrollo sostenible del país. En lo que respecta al subcomponente 'Nacional', la evaluación muestra avances en la identificación y documentación del PCI. En este sentido, en la provincia de Manabí se han logrado registrar aproximadamente 370 recursos patrimoniales

inmateriales en el Sistema de Información del Patrimonio Cultural del Ecuador (SIPCE), una plataforma del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC), que registra, gestiona y difunde los bienes culturales del país, facilitando su consulta pública y la elaboración de estadísticas y mapas. Además, se han actualizado inventarios como el de las fiestas de San Pedro y San Pablo.

El análisis de los siete indicadores revela que solo tres criterios han sido cumplidos en su totalidad. Este resultado muestra un 8,60% de cumplimiento, lo que evidencia la necesidad de fortalecer los mecanismos de registro y actualización de datos, especialmente en lo que respecta a la actualización periódica de inventarios, la creación de un registro de bienes culturales sustraídos y la implementación de medidas de protección para el PCI a nivel provincial y nacional.

En conjunto, los resultados de la evaluación del componente de 'Registro e inscripción', que alcanza un 10,58% de cumplimiento (TABLA 3), revelan una brecha significativa en la protección del PCI. Este hallazgo muestra la necesidad de fortalecer los mecanismos de registro y actualización de datos, así como de implementar políticas públicas más sólidas en este ámbito. Es fundamental realizar un análisis detallado de los indicadores no cumplidos para identificar las causas raíz y proponer acciones concretas que permitan mejorar el desempeño en la protección del PCI.

En el componente dos 'Protección, Salvaguardia y Gestión', que tiene un peso del 40% y evalúa tres subcomponentes con 23 criterios; en lo que refiere al subcomponente 'Conservación y valoración' (TABLA 3), se han trabajado cinco criterios, equivalentes al 5,50%. Entre los aspectos destacados se encuentra la existencia de un presupuesto anual destinado a la identificación, protección, salvaguardia, conservación y gestión del patrimonio.

Sin embargo, el presupuesto es utilizado para otros fines y es mínimo el aporte económico para el PCI. Asimismo, se reporta la aprobación de legislación y políticas en los últimos cinco años para promover el patrimonio cultural y natural inventariado; otra debilidad que se detecta es que no cuentan con ordenanzas a nivel de cantones. En este sentido, el cantón Olmedo, Manabí, muestra un avance

significativo en noviembre de 2023, cuando implementó la primera ordenanza de Cultura Viva Comunitaria en Ecuador, un logro impulsado por la Fundación Arte Cultura Viva Olmedo que resalta el rol proactivo de la gestión local en las políticas públicas culturales. Así también no cuentan con un plan de gestión del PCI. Por otra parte, varios municipios, como Jama, Sucre, Chone y El Carmen, poseen museos con colecciones permanentes de patrimonio cultural inmaterial, San Vicente tiene a Puerto Velo como Centro de interpretación, mientras que Portoviejo alberga el Museo Cerro Hojas de Jaboncillo, dedicado al patrimonio arqueológico. Chone destaca como el único municipio con un centro de documentación del PCI, ubicado en su casa cultural.

Se identificaron vacíos en siete criterios importantes que no se han cumplido. Entre ellos destacan la falta de legislación y políticas en los últimos cinco años para salvaguardar el PCI inventariado y regular la excavación arqueológica, así como la ausencia de medidas para controlar el tráfico ilícito de bienes culturales protegidos. Tampoco existen unidades policiales ni de vigilancia aduanera especializadas en esta problemática, y no se han elaborado planes de gestión actualizados para sitios de patrimonio registrados a nivel nacional o internacional en los últimos tres años. Además, en los últimos dos años no se han realizado estudios científicos sobre respuestas a los riesgos que enfrentan los patrimonios culturales. El cantón Pedernales, ubicado en la zona norte de la provincia de Manabí, cuenta únicamente con un convenio con universidades para estudiar la salvaguarda de su patrimonio arqueológico, sin mayores acciones implementadas. Aunque los planes de desarrollo nacional reconocen el papel del patrimonio cultural en el desarrollo del país, esta valoración sigue siendo limitada en su aplicación práctica.

En el subcomponente de 'Creación de Capacidades y Conocimientos', solo se cumple el 2,60% de los cinco criterios evaluados. Aunque se han desarrollado programas de formación, principalmente en teatro, existen limitaciones debido a la falta de personal técnico, la débil articulación con gestores y portadores de conocimiento, y el bajo

presupuesto asignado a la gestión del PCI. Los cuatro criterios restantes no se aplican; estos se refieren a la formación de profesionales del patrimonio, la protección y conservación del patrimonio material, la protección de bienes culturales en caso de conflicto armado y la lucha contra el tráfico ilícito de bienes culturales.

El análisis del subcomponente 'Participación Comunitaria', del componente 'Protección, Salvaguardia y Gestión del Patrimonio', evidencia deficiencias significativas, con un cumplimiento de solo el 2,20%. De los seis criterios analizados, únicamente uno se cumple, lo que demuestra la limitada inclusión de las comunidades en los procesos de identificación y protección del patrimonio. A pesar de la existencia de comités de gestión con representación local, su impacto es reducido debido a la falta de articulación efectiva por parte de los GAD y otras entidades responsables. Esta falta de coordinación impide el desarrollo de acciones conjuntas que garanticen la sostenibilidad del PCI.

Las alianzas con instituciones vinculadas al turismo, como universidades, municipios y el Ministerio de Cultura, son débiles, lo que dificulta la articulación y ejecución de proyectos. Asimismo, las medidas implementadas en los últimos años para fortalecer el papel de las comunidades en la protección del patrimonio han resultado insuficientes. La lucha contra el tráfico ilícito de bienes culturales, así como la inclusión de minorías y poblaciones autóctonas en los procesos de conservación y salvaguardia del patrimonio, no presentan avances significativos. Además, la falta de reconocimiento de las prácticas tradicionales que regulan el acceso a ciertos aspectos del PCI refleja una brecha en la integración de los saberes comunitarios en la gestión patrimonial.

En el componente de 'Transmisión y Movilización de Apoyos', específicamente en el subcomponente de 'Sensibilización y Educación', se evalúan ocho criterios, de los cuales solo el 9% se ha cumplido, lo que equivale a cuatro de ellos. Uno de los logros más relevantes es la existencia de centros de interpretación, entre los que destacan el Museo Hojas de Jaboncillo, el Museo del Banco-Manta, los museos comunitarios de Salango, Puerto

Portovelo en el cantón San Vicente y Agua Blanca en Puerto López. Sin embargo, persisten dificultades para identificar y visibilizar el PCI, lo que impide que los visitantes tomen conciencia de su importancia.

Este problema se agrava debido al conocimiento limitado que los propios municipios tienen sobre su riqueza cultural. Aunque manifestaciones como los amorfinos y los chigualos, expresiones culturales de la costa ecuatoriana, son ampliamente reconocidos: los primeros, coplas montuvias con tono romántico y humorístico; y los segundos, cantos afroecuatorianos tradicionales entonados en Navidad o en velorios de niños, muchas otras expresiones culturales siguen siendo desconocidas para el público.

En cuanto a los programas de formación, se evidencia la participación de asociaciones privadas como la Corporación Cultural Cuaque en el cantón Pedernales, Raíces y Sueños en el cantón Sucre, y la Casa de la Cultura y Alas de Colibrí en el cantón Chone, que han impulsado diversas iniciativas para la sensibilización y protección del patrimonio. Además, algunos cantones han desarrollado programas escolares enfocados en la concienciación. Por ejemplo, Pedernales trabaja con comunidades rurales, Sucre organiza el Festival del Pasillo cada 1 de octubre y Chone está recopilando material videográfico de concursos de amorfinos para su difusión en redes sociales.

Por otro lado, se han implementado espacios de formación, entre ellos la Escuela Taller de Pile, ubicada en el cantón Montecristi, zona central de la provincia de Manabí, que se orienta a la capacitación de profesionales en patrimonio y fomenta la transferencia de conocimientos a la sociedad, así como el Parque Arqueológico Cerro Hojas de Jaboncillo, en la parroquia de Picoazá, en el cantón Portoviejo, en la franja central de la provincia, donde se realizan cursos vacacionales y talleres de conocimiento ancestral con barro dirigidos a niños, con el fin de revalorizar el patrimonio arqueológico. No obstante, se identifica la ausencia de centros similares en la zona norte, lo que representa un desafío en la descentralización de la formación patrimonial.

En relación con las campañas de sensibilización en medios de comunicación, no se han registrado iniciativas específicas en redes

sociales. Sin embargo, se destaca un proyecto dirigido al reconocimiento de los artesanos de barro del sector La Pila, una parroquia rural del cantón Montecristi, el cual busca brindar capacitación y otorgar reconocimiento a su trabajo cultural, con el objetivo de preservar esta práctica en riesgo de desaparición.

Si bien se han logrado avances en la transmisión y movilización de apoyo, persisten desafíos importantes, especialmente en la identificación del patrimonio inmaterial, ya que solo se ha evidenciado el 13% de un 30% establecido en el componente. Asimismo, la descentralización de los espacios formativos y la difusión en plataformas digitales siguen siendo áreas con rezagos, por lo que es importante reforzar estos aspectos que son esenciales para garantizar la conservación y promoción del patrimonio en la región de Manabí.

4. Discusión de los resultados

El análisis realizado mediante la aplicación de los indicadores UNESCO permitió diagnosticar la situación actual de la gestión del PCI en la provincia de Manabí, Ecuador, evidenciando diversos retos y desafíos. A nivel internacional, existe consenso en torno al rol estratégico de la cultura en el desarrollo sostenible. Normativas como la Agenda 2030, la Resolución de la ONU sobre Cultura y Desarrollo Sostenible en el año 2019 y la Convención de la UNESCO para la Salvaguardia del PCI (2003) reconocen a la cultura como un motor para la generación de capacidades, cohesión social y protección del entorno como base fundamental para la sostenibilidad cultural (Lázaro Ortiz y Jiménez de Madariaga, 2022; Oguamanan y Yeboah-Appiah, 2024).

A nivel nacional, Ecuador cuenta con un marco legal robusto para la gestión del PCI, apoyado por políticas de descentralización que transfieren competencias a los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), (Pérez Peña, 2018; Sandoval, 2017; Mendoza *et al.*, 2025). Este marco se fundamenta en disposiciones establecidas en la Constitución, el COOTAD y normativas sectoriales como el Reglamento de Turismo. Sin embargo, los autores coinciden en que, pese a la existencia de este marco normativo, su implementación enfrenta obstáculos significativos, especial-

mente relacionados con la disponibilidad de recursos, capacidades técnicas y coordinación interinstitucional.

Uno de los desafíos más señalados en la literatura y confirmados en esta investigación es la insuficiente asignación presupuestaria específica para el PCI. El Informe del Seminario Internacional sobre Identificación del PCI en Latinoamérica (CRESPIAL, 2009) ya advertía que, por limitaciones presupuestarias, se interrumpieron procesos fundamentales como el levantamiento de información y el trabajo de campo. En línea con esta problemática, Aguilar (2023) destaca la falta de personal especializado en investigación, registro e inventario, situación especialmente crítica en regiones como la Amazonía, donde no existen técnicos en PCI ni presupuestos asignados de forma regular para estas tareas.

Asimismo, Álvarez Castellano (2024) coincide en que persisten desafíos significativos en la promoción del PCI, entre ellos la pérdida de prácticas culturales, la escasa formación técnica y la limitada disponibilidad de fondos para su documentación, transmisión y preservación. Si bien existen políticas públicas alineadas al Plan Nacional de Desarrollo como la lucha contra el tráfico ilícito de bienes culturales, que ha permitido recuperar más de 15.000 piezas patrimoniales, y la elaboración del Inventario de Bienes Culturales, herramienta clave para que los GAD gestionen y fortalezcan técnicamente el patrimonio bajo su jurisdicción (Pérez Peña, 2018), estas acciones todavía requieren mayor consolidación. En este contexto, los autores coinciden en que estas políticas constituyen una base importante sobre la cual es posible continuar trabajando, pero es necesario fortalecerlas con recursos sostenidos, planificación estratégica y capacidades institucionales para superar las carencias identificadas.

5. Conclusiones

El marco normativo de Ecuador establece una base para la gestión del PCI, asignando competencias a nivel nacional y local. Sin embargo, su aplicación enfrenta limitaciones, especialmente en los GAD cantonales, debido a la débil aplicación de ordenanzas, escasa articulación institucional y limitados recursos. Para una gestión efectiva del PCI, es necesario

fortalecer la descentralización cultural, mejorar la capacidad técnica local y promover alianzas interinstitucionales que permitan traducir la normativa en acciones concretas, sostenibles y participativas, especialmente en territorios como Manabí, que cuenta con gran potencial de recursos patrimoniales.

En este contexto, los resultados obtenidos de la aplicación de los indicadores de la UNESCO reflejan un nivel de cumplimiento de los indicadores de sostenibilidad del PCI, con un desempeño global que alcanza el 33,9%. Los componentes relacionados con la participación comunitaria (2,2%) y la creación de capacidades (2,6%) muestran especial debilidad, mientras que los registros e inscripciones, así como las acciones de sensibilización, no superan el 15% de cumplimiento en sus respectivas áreas. Esta

situación revela una débil articulación entre los marcos normativos existentes, los mecanismos de gestión institucional y la implicación efectiva de las comunidades en los procesos de salvaguardia.

Estos hallazgos evidencian la importancia de implementar políticas públicas que vayan más allá del diseño normativo, promoviendo una gobernanza cultural más participativa, descentralizada y con enfoque territorial. Solo a través de una acción coordinada y sostenida será posible garantizar la viabilidad y transmisión del PCI, asegurando su sostenibilidad en el tiempo y su integración efectiva en el desarrollo local.

6. Referencias citadas

- AGUILAR, Y. 2023. "El patrimonio cultural inmaterial del Perú. Problemáticas en relación a su salvaguardia. *Anti*, 21(1): 8-28.
- ÁLVAREZ CASTELLANOS, K. J. 2024. "Protección del patrimonio cultural inmaterial colombiano. Perspectivas desde su salvaguarda en el departamento del Tolima". Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9663879>.
- CENTRO REGIONAL PARA LA SALVAGUARDIA DEL PATRIMONIO CULTURAL INMATERIAL DE AMÉRICA LATINA (CRESPIAL). 2009. *Informe del Seminario Internacional sobre Identificación del Patrimonio Cultural Inmaterial en Latinoamérica: Construcción de inventarios en el contexto de la Convención UNESCO del 2003*. Disponible en: <https://crespial.org/>.
- CRUZ, I.; MONTOYA, M. y J. QUIZHPE. 2020. "Gobiernos autónomos descentralizados del Ecuador. Justicia Sociales". *Revista Arbitrada de Ciencias Jurídicas*, 5(3): 264-277.
- DUAN, H. 2023. "The development of intangible cultural heritage and China's good governance: A case study of Ruili's Tai pottery". *Humanities, Arts and Social Sciences Studies*, 43(1): 171-179.
- INSTITUTO NACIONAL DE PATRIMONIO CULTURAL (INPC). 2019. "La capital manabita se suma a la lista de Ciudades Creativas de la UNESCO". Disponible en: <https://www.patrimoniocultural.gob.ec/>.
- INSTITUTO NACIONAL DE PATRIMONIO CULTURAL (INPC). 2013. "Guía metodológica para la salvaguardia del patrimonio cultural inmaterial. INPC". Disponible en: <https://www.patrimoniocultural.gob.ec/>.

- LÁZARO ORTIZ, S. & C. JIMÉNEZ DE MADARIAGA. 2022. "The UNESCO convention for the safeguarding of the intangible cultural heritage: a critical analysis". *International Journal of Cultural Policy*, 28(3): 327-341.
- MANENTE, M. 2008. "Gestión de destinos y antecedentes económicos: definición y supervisión de destinos turísticos locales. Organización Mundial del Turismo". Disponible en: <https://webunwto.s3.amazonaws.com/>.
- MENDOZA, B.; ZAMBRANO, L.; ANDRADE, L. y M. GARZÓN. 2025. "Patrimonio cultural inmaterial de Manabí (Ecuador): vulnerabilidad y acciones para la salvaguardia". *Revista Reflexiones*, 105(1):1-33.
- MINISTERIO DE TURISMO (MINTUR). 2023. Montecristi es parte de la red de ciudades creativas de la UNESCO. Disponible en: <https://www.turismo.gob.ec/>.
- MINISTERIO DE TURISMO (MINTUR). 2012. *Sombrero de paja toquilla es patrimonio cultural inmaterial de la humanidad*. Disponible en: <https://www.turismo.gob.ec>.
- OGUAMANAM, C. & A. YEBOAH-APPIAH. 2024. "Kente weaving among Akan and Ewe peoples of Ghana: A gender-based insight into embedded intangible cultural heritage and implications for the implementation of the UNESCO Intangible Cultural Heritage Convention". *International Journal of Cultural Property*, 31(2): 249-277.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA y LA CULTURA (UNESCO). 2014. "Indicadores UNESCO de cultura para el desarrollo: Manual metodológico". Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000229609>.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA y LA CULTURA (UNESCO). 2003. *El texto de la Convención para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial*. Disponible en: <https://ich.unesco.org/es/>.
- PÁRRAGA, K.; ILLESCAS, K. y M. BASTIDAS. 2021. "Gestión del patrimonio inmaterial, ámbito técnicas artesanales tradicionales: estrategias de salvaguardia y uso turístico del patrimonio inmaterial, parroquia Abañín, El Oro". *Digital Publisher*, 6(6): 92-113.
- PÉREZ-PEÑA, O. A. 2018. "Desafíos de la protección jurídica y la gestión del patrimonio cultural ecuatoriano". *Revista Lasallista de Investigación*, 15(2): 194-209.
- POLOLIKASHVILI, Z. 2019. "Cultura e turismo como estratégias para o desenvolvimento sustentável". *Revista do Patrimônio*, 18(1): 33-39.
- SANDOVAL, L. 2017. "Patrimonio cultural y turismo en el Ecuador: Vínculo insoluble". *Tsafiqui: Revista Científica en Ciencias Sociales*, (9).
- SU, J. 2019. "Managing intangible cultural heritage in the context of tourism: Chinese officials' perspectives". *Journal of Tourism and Cultural Change*, 18(2): 164-186.
- VERA, J. y B. MENDOZA. 2024. "Sostenibilidad y valoración del patrimonio cultural inmaterial de Manabí: estrategias de fortalecimiento". *Turismo y Patrimonio*, (23): 127-147.

ZALDIVAR, T. y M. INTHAMOUSSU. 2023. "Patrimonio, cultura y cambio climático". *BID | Blogs*. Disponible en: <https://blogs.iadb.org/>.

ZAMORA ACOSTA, E. 2011. "Sobre patrimonio y desarrollo: Aproximación al concepto de patrimonio cultural y su utilización en procesos de desarrollo territorial". *PASOS: Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 9(1): 101-113.

Lugar y fecha de finalización del artículo:
Calceta, provincia de Manabí, Ecuador; julio, 2025

Turismo de naturaleza y cultural: un análisis desde sus potencialidades, atractivos y

oportunidades en Occochaca, Perú

Turismo de natureza e cultural: uma análise de seu potencial, atrações e oportunidades em Occochaca, Perú

Nature and cultural tourism: an analysis of its potential, attractions and opportunities in Occochaca, Peru

Brenda Pacheco Navarro¹, Rosa Cecilia González-Ríos¹ y Ángel Aronés-Cisneros²

¹ Universidad Nacional Autónoma de Huanta, Administración de Turismo Sostenible y Hotelería
Departamento de Ayacucho, Perú

² Instituto de Investigación Geográfico Andino Rural, Departamento de Ayacucho, Perú
brendapacheconavarro7@gmail.com; rgonzalez@unah.edu.pe; aronescisneros@gmail.com

Pacheco: <https://orcid.org/0000-0001-9842-0756>

González: <https://orcid.org/0000-0002-4950-8951>

Árones: <https://orcid.org/0000-0002-4950-8951>

Resumen

El objetivo fue evaluar los recursos turísticos naturales y culturales de la comunidad de Occochaca, ubicada en el distrito de Huanta (Perú), para destacar su potencial como destino turístico. La metodología fue cualitativa, utilizando técnicas de entrevista y observación directa. Se realizaron entrevistas con ocho actores clave, quienes eran visitantes de la comunidad, y se utilizaron instrumentos como un guion de entrevista estructurado, fichas de observación, y un guion fotográfico. Se realizó un inventario de los recursos turísticos (Manual de Mincetur, 2018) y se procesaron los datos mediante el software *AtlasTi* para identificar categorías comunes. Las conclusiones destacan cuatro recursos turísticos de interés: cascada Occochaca, chullpas de piedra, museo de Occochaca y molinos de piedra. Cada uno ofrece una experiencia única, desde la relajación y conexión con la naturaleza en la cascada hasta la apreciación de la herencia cultural e arquitectónica en las chullpas y los molinos, así como una experiencia educativa en el museo.

PALABRAS CLAVE: inventario turístico; recursos naturales; patrimonio cultural; atractivo turístico.

Resumo

O objetivo foi avaliar os recursos turísticos naturais e culturais da comunidade de Occochaca, localizada no distrito de Huanta (Peru), para destacar seu potencial como destino turístico. A metodologia foi qualitativa, utilizando técnicas de entrevista e observação direta. Foram realizadas entrevistas com oito atores-chave, que eram visitantes da comunidade, e foram utilizados instrumentos como um roteiro de entrevista estruturado, fichas de observação e um roteiro fotográfico. Foi feito um inventário dos recursos turísticos (Manual do Mincetur, 2018) e os dados foram processados através do software *AtlasTi* para identificar categorias comuns. As conclusões destacam quatro recursos turísticos de interesse: cachoeira Occochaca, chullpas de piedra, museu de Occochaca e molinos de piedra. Cada um oferece uma experiência única, desde relaxamento e conexão com a natureza na cachoeira até a apreciação da herança cultural e arquitetônica nas chullpas e moinhos, bem como uma experiência educativa no museu.

PALAVRAS-CHAVE: inventário turístico; recursos naturais; patrimônio cultural; atração turística.

Abstract

The objective was to evaluate the natural and cultural tourism resources of the community of Occochaca, located in the district of Huanta (Peru), to highlight its potential as a tourist destination. The methodology was qualitative, using interview and direct observation techniques. Interviews were conducted with eight key actors, who were visitors to the community, and instruments such as a structured interview script, observation sheets, and a photographic script were used. An inventory of tourist resources was carried out (Mincetur Manual, 2018) and the data was processed using *AtlasTi* software to identify common categories. The conclusions highlight four tourist resources of interest: Occochaca Waterfall, Stone Chullpas, Occochaca Museum, and Stone Mills. Each offers a unique experience, from relaxation and connection with nature at the waterfall to appreciation of cultural and architectural heritage at the chullpas and mills, as well as an educational experience at the museum.

KEYWORDS: inventory of tourism; natural resources; cultural heritage; tourist attraction.

1. Introducción

En los últimos años, el turismo se ha convertido en un factor fundamental para el desarrollo socioeconómico de los países; se ha dado mucha importancia al desarrollo de actividades relacionadas con el ocio y la recreación para satisfacer las crecientes demandas de los turistas (Gambarota y Lorda, 2017). El turismo ofrece una oportunidad de crecimiento y desarrollo para regiones que crean nuevos destinos o actividades turísticas, lo que diversifica la economía y mejora la calidad de vida de la población residente. Además, hay una reconversión de la importancia de lo local frente a lo global, abriendo nuevas oportunidades de desarrollo regional (Rivera y Rodríguez, 2012). En el ámbito nacional, el turismo se ha consolidado como uno de los sectores económicos más relevantes a nivel global, y el Perú no es una excepción. Según datos del Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (Mincetur, 2024), para 2023, el turismo representó el 3.9% del Producto Bruto Interno (PBI) nacional, generando alrededor de 1.4 millones de empleos directos e indirectos.

Las políticas públicas, como los planes de fomento y la promoción de fines de semana largos, también influyen en que las personas utilicen su tiempo libre para consumir turismo (Armas, 2019). Una serie de estudios han explorado el potencial del turismo de naturaleza y cultural, particularmente en América Latina. Castillo (2018) y Maldonado (2020) destacan los recursos culturales y naturales en el corredor del Santa Bárbara en Ecuador y la provincia de Concepción en Perú, respectivamente. Ambos enfatizan la necesidad de desarrollo sostenible y el potencial del ecoturismo. Peña *et al.*, (2023) y Hernández (2012) se centran en los aspectos empresariales y económicos del turismo de naturaleza y cultural, identificando oportunidades para el emprendimiento.

El turismo de naturaleza es una modalidad que se centra en actividades y experiencias relacionadas con la apreciación y el disfrute de entornos naturales, incluyendo la observación de fauna y flora, senderismo, *trekking*, ecoturismo, aventuras al aire libre como *rafting* y ciclismo de montaña, campismo, visitas a reservas y parques naturales, fotografía de

naturaleza, y actividades de educación ambiental (Chávez *et al.*, 2020). Este tipo de turismo promueve la conservación del ambiente y el bienestar de las comunidades locales, ofreciendo una forma de relajarse y escapar de la rutina diaria mientras fomenta una mayor conciencia y apreciación del medio ambiente y apoya la conservación y el desarrollo sostenible de las áreas visitadas (Gambarota y Lorda, 2017).

Los atractivos naturales ofrecen una amplia gama de actividades al aire libre, como senderismo, observación de aves, buceo, y ecoturismo, que permiten a los visitantes disfrutar de la biodiversidad y los paisajes únicos de cada lugar. Además, la creciente conciencia ambiental ha impulsado a más viajeros a optar por destinos que promuevan prácticas sostenibles y la conservación de los ecosistemas (Meza *et al.*, 2020; Huamani, 2023).

El turismo cultural es uno de los tipos de turismo más practicados a nivel mundial (Salazar *et al.*, 2020). Se enfoca en la apreciación de un destino, destacándose por sus principales características como las visitas a sitios arqueológicos, museos, monumentos históricos, edificios patrimoniales, iglesias, templos y otras estructuras de importancia cultural [Organización Mundial del Turismo, (OMT), 2018]. Además, incluye la participación en festivales locales, celebraciones tradicionales, eventos culturales, danzas, música y teatro, así como la interacción con las comunidades locales para aprender técnicas artesanales, gastronomía, costumbres y modos de vida tradicionales (Unesco, 2009).

Las potencialidades del turismo de naturaleza y cultural son vastas y diversas. Ambos tipos de turismo tienen la capacidad de generar un impacto positivo significativo en las economías locales (Agüera y Cuadra, 2016). A través del turismo, las comunidades pueden obtener ingresos adicionales y crear empleos, lo que a su vez contribuye a la mejora de la calidad de vida de los residentes (Lamboggia, 2014). Además, el turismo actúa como un catalizador para la inversión en infraestructura y servicios, beneficiando tanto a los turistas como a los locales (Cervantes *et al.*, 2023).

El turismo de naturaleza y cultural ofrece oportunidades para la educación y la sensibilización ambiental y cultural. Los visitantes no solo disfrutaban de experiencias memorables, sino que también aprenden sobre la importancia de la conservación del ambiente y la preservación del patrimonio cultural. Esto fomenta una mayor apreciación y respeto por la diversidad natural y cultural promoviendo un turismo más responsable y consciente (Lozada *et al.*, 2021).

La gestión sostenible de los destinos turísticos, la protección de los recursos naturales y culturales, y la participación activa de las comunidades locales son aspectos clave para garantizar que el turismo de naturaleza y cultural se desarrolle de manera equilibrada y beneficiosa para todos los involucrados (Rodríguez, 2024). El turismo de naturaleza y cultural representa una alternativa valiosa y sostenible en el panorama turístico global. Sus múltiples atractivos y oportunidades no solo enriquecen la experiencia del visitante, sino que también aportan beneficios significativos a las comunidades anfitrionas y al ambiente (Unesco, 2005).

2. Metodología

2.1 Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la comunidad de Occochaca, ubicada en el distrito de Huanta, en el departamento de Ayacucho. Sus coordenadas geográficas son latitud Sur: 12° 56' 56.1" S y longitud Oeste: 74° 13' 35.1" W, con una altitud de 2824 metros sobre el nivel del mar.

2.2 Tipo de investigación

Desde un enfoque cualitativo, se abordó el estudio mediante técnicas de entrevista y observación directa. Los instrumentos utilizados incluyeron un guion de entrevista con preguntas clave y una ficha de observación. Se llevaron a cabo entrevistas con 8 actores clave, quienes eran visitantes de la comunidad de Occochaca en el distrito de Huanta. En la fase de recolección de datos, se aplicaron diversas

técnicas e instrumentos. Se realizó una encuesta utilizando una ruta de entrevista estructurado para recabar información específica. La técnica de observación se llevó a cabo mediante fichas detalladas que permitieron registrar comportamientos y situaciones relevantes. Además, se utilizó un guion fotográfico para capturar imágenes necesarias para el análisis visual posterior. Se aplicó el registro de los recursos mediante un inventario, lo que ayudó a establecer prioridades y categorías dentro del estudio.

El manual para el inventario de recursos turísticos establece una ficha para la recolección de datos, con el objetivo de identificar la categoría y jerarquización de los recursos elaborado por el Mincetur (2018), en ella se registró los recursos naturales como los culturales. Para el procesamiento de datos de la entrevista se utilizó el software *AtlasTi* identificando categorías comunes que respondieron a las preguntas.

3. Resultados y discusión

En el marco del turismo de naturaleza en Occochaca (Perú), se han identificado cuatro recursos turísticos de gran interés: la cascada Occochaca, ubicada en el pueblo del mismo nombre, a solo 15 minutos de la plaza de armas de Huanta; las chullpas de piedra en la ciudadela de Huayra Patamarca, parte del patrimonio cultural local; el museo de Occochaca, cuya relevancia turística requiere mayor investigación; y los molinos de piedra, con un valor histórico. El pueblo de Occochaca ofrece una combinación única de belleza natural y patrimonio cultural para los amantes de la naturaleza y la historia.

La FIGURA 1 muestra la cascada Occochaca. En ella el agua fluye por una pared rocosa rodeada de vegetación verde, creando un aspecto nebuloso donde el agua golpea las rocas y se acumula en una pequeña piscina antes de continuar su curso río abajo. Esta imagen captura la belleza natural y el potencial para el turismo de naturaleza en Occochaca.



FIGURA 1. Cascada de Occochaca, recurso turístico natural. Fuente: fotografía propia

Los entrevistados respondieron la pregunta ¿por qué razón recomendaría visitar la cascada? coincidiendo con sus respuestas que la visita a la cascada es por su naturaleza exuberante, puesto que ofrece un escape perfecto para relajarse y desconectar del ajetreo de la vida

cotidiana. Además, explorar la cascada brinda una experiencia única, donde la belleza del entorno se fusiona con la energía del agua en movimiento. Asimismo, permite a los visitantes conocer y disfrutar de un espectáculo natural (FIGURA 2).



FIGURA 2. Categorías comunes en relación con la visita de la cascada Fuente: elaboración propia con datos de los entrevistados

La visita a la cascada es altamente recomendada por diversos motivos, principalmente relacionados con su naturaleza exuberante. Los entrevistados coinciden en que la riqueza natural del lugar, con su flora y fauna abundante, crea una experiencia incomparable para los amantes de la naturaleza. Los paisajes escénicos que rodean la cascada ofrecen vistas impresionantes que capturan la belleza del entorno, mientras que el contacto directo con la naturaleza permite a los visitantes desconectarse del ajetreo cotidiano y disfrutar de un espacio de relajación y paz interior. Además, la cascada brinda una experiencia única, donde la energía del agua en movimiento y la espectacularidad del entorno se fusionan para crear momentos inolvidables.

La riqueza natural de un lugar, caracterizado por una abundante flora y fauna, desempeña un papel crucial en la creación de experiencias incomparables para los amantes de la naturaleza. La investigación de Marja (2017) enfatiza la importancia de la naturaleza cercana para mejorar las experiencias de los turistas, destacando la importancia del uso sostenible

de la tierra para promover el turismo basado en la naturaleza. El estudio de Larsen (2001) profundiza en la relación entre los atributos y las herramientas de la naturaleza a la hora de producir experiencias en la naturaleza, y muestra cómo los equipos y el alojamiento siguen siendo artículos de lujo que contribuyen a la popularidad de la producción de experiencias naturales a lo largo del tiempo. El trabajo de Osório (2017) subraya los impactos positivos de las actividades turísticas basadas en la naturaleza en el conocimiento y la conciencia ambiental de los participantes, a pesar de la necesidad de estrategias educativas y planificación de actividades más eficaces para lograr resultados de aprendizaje a largo plazo.

En la FIGURA 3 se muestra las chullpas que son estructuras antiguas de roca. Estas torres cilíndricas con techos de paja son monumentos funerarios precolombinos. Su presencia en el paisaje montañoso sugiere una herencia cultural y arquitectónica de las civilizaciones andinas. Estas chullpas son un atractivo importante para los visitantes.



FIGURA 3. Las chullpas de piedra, recurso turístico cultural. Fuente: Municipalidad Provincial de Huanta

Los entrevistados señalaron que es un lugar fascinante por su estructura enigmática antigua. La forma cilíndrica hace referencia a monumentos funerarios precolombinos y su presencia en el paisaje montañoso sugiere una

herencia cultural y arquitectónica de las civilizaciones andinas. Es una evidencia de los antepasados, cuyo lenguaje son las rocas superpuestas que a través de los años han estado allí (FIGURA 4).



FIGURA 4. Categorías comunes en relación con la visita de las chullpas Fuente: elaboración propia con datos de los entrevistados

La recomendación de visitar las chullpas se fundamenta en varios aspectos destacados que las hacen un destino fascinante. En primer lugar, las chullpas representan una herencia cultural invaluable, con una conexión profunda con las civilizaciones andinas. Estas estructuras enigmáticas antiguas ofrecen una ventana única al pasado, permitiendo a los visitantes apreciar la sofisticación arquitectónica y las técnicas de construcción de los antepasados que, a través del uso de rocas superpuestas, han perdurado a lo largo de los siglos. Además, las chullpas, con su forma cilíndrica distintiva, no solo son un testimonio de la ingeniería precolombina, sino que también simbolizan monumentos funerarios de gran importancia histórica. Esta conexión con las prácticas funerarias antiguas brinda una comprensión más profunda de las creencias y tradiciones de las civilizaciones andinas.

La estructura de las chullpas en el paisaje montañoso añade un componente visual y estético que aumenta su atractivo. La presencia de estas edificaciones enigmáticas en un entorno natural impresionante refuerza su valor

cultural y arquitectónico, creando una experiencia que es tanto educativa como visualmente impactante.

El estudio de Nielsen (2022) señala que las chullpas de piedra son estructuras antiguas que se encuentran en varias regiones como Lípez en Bolivia y el valle del Colca en Perú, tienen un importante valor cultural y arqueológico, lo que las convierte en un atractivo recurso turístico cultural para los visitantes. Estas chullpas, a menudo asociadas con lugares de enterramiento y seres míticos, representan una materialidad activa y percepciones temporales no lineales. Para Correa (2021), los sitios del valle del Colca muestran afiliaciones culturales incas y sugieren diferencias sociales entre las personas enterradas, lo que demuestra la importancia histórica y cultural de estas estructuras. En general, las chullpas de piedra ofrecen una atractiva combinación de arqueología, historia y patrimonio cultural, lo que las convierte en un destino atractivo para los amantes del turismo cultural.

En la FIGURA 5 se muestra el museo de Occochaca que se presenta como un valioso

recurso turístico cultural ofreciendo a sus visitantes una colección de artefactos históricos y arqueológicos. Entre las exhibiciones más destacadas se encuentran los monteros medianos que, según la información proporcionada, están asociados con la cultura Wari. Estos objetos permiten a los visitantes vislumbrar la sofisticación y diversidad cultural de las civilizaciones antiguas de la región.

La cerámica exhibida en el museo es otro punto destacado, con piezas de la cultura Chanca, caracterizadas por su acabado tosco y sus formas distintivas, como vasos con diseño de porongo y mates. Asimismo, el museo alberga una variedad de cerámica Wari, incluyendo platos, ollas, keros y otras piezas, que ofrecen una visión detallada de la vida cotidiana y las habilidades artesanales de esta antigua civilización. También cuenta con una colección de armas de defensa, entre las que se

encuentran hachas de piedra, carriporas, hondas, boleadoras, lanzas y flechas. Estos artefactos no solo ilustran las técnicas de combate y caza de los antiguos pobladores, sino que también reflejan su ingenio y adaptabilidad en un entorno desafiante.

Cinco cráneos expuestos en el museo, que se cree pertenecieron a los antiguos habitantes de la región, ofrecen una oportunidad única para estudiar las características físicas y las prácticas funerarias de estas poblaciones. Entre los artefactos adicionales, se encuentran antiguas monedas que proporcionan una visión de los sistemas económicos y las interacciones comerciales de épocas pasadas. Piedras de obsidiana del periodo lítico y restos fósiles marinos petrificados completan la colección del museo, ofreciendo una perspectiva sobre el uso de materiales y la historia geológica de la región.



FIGURA 5. El museo de Occochaca, recurso turístico cultural. Fuente: Municipalidad Provincial de Huanta

Los entrevistado señalan que la visita a las chullpas se fundamenta en varios aspectos que hacen de este lugar un destino imperdible. Tales como las estructuras funerarias precolombinas, representan una herencia cultural invaluable y ofrecen una conexión

directa con las civilizaciones andinas. Estas enigmáticas estructuras cilíndricas, construidas con rocas superpuestas, han perdurado a lo largo de los siglos, testimoniando la habilidad y la sofisticación arquitectónica de los antiguos pobladores.

El entorno natural en el que se encuentran las chullpas añade un componente visual y estético impresionante, integrándose armoniosamente con el paisaje montañoso. Además, el museo complementa la visita a las chullpas. La variedad de cerámica Wari, que incluye platos, ollas y keros, ofrece una visión detallada de la vida cotidiana y las habilidades artesanales de esta antigua civilización.

La colección de armas de defensa del museo, que incluye hachas de piedra, carriporas, hondas, boleadoras, lanzas y flechas, ilustra las técnicas de combate y caza de los antiguos pobladores, reflejando su ingenio y

adaptabilidad en un entorno desafiante. Además, los cinco cráneos expuestos, pertenecientes a los antiguos habitantes de esta zona, proporcionan una oportunidad para estudiar las características físicas y las prácticas funerarias de estas poblaciones.

El museo también alberga monedas antiguas que permiten a los visitantes conocer los sistemas económicos y las interacciones comerciales de épocas pasadas, junto con piedras de obsidiana del periodo lítico y restos fósiles marinos petrificados, que ofrecen una perspectiva sobre el uso de materiales y la historia geológica (FIGURA 6).



FIGURA 6. Categorías comunes en relación con la visita del museo. Fuente: elaboración propia con datos de los entrevistados

El museo ofrece una experiencia enriquecedora y única por su destacada colección de artefactos históricos. La cerámica Wari exhibida no solo revela la habilidad artesanal y la vida cotidiana de esta antigua civilización, sino que también proporciona una conexión tangible con su cultura perdida.

Las armas de defensa, como hachas de piedra y flechas, ofrecen una perspectiva sobre

las técnicas de combate y caza utilizadas por los antiguos habitantes. Además, los cráneos antiguos permiten explorar las prácticas funerarias y las características físicas de las poblaciones ancestrales.

Las monedas antiguas y las piedras de obsidiana ofrecen un vistazo a los sistemas económicos y el uso de materiales en tiempos remotos. Los restos fósiles marinos petrificados

complementan esta experiencia, revelando la historia geológica del área.

Para Yavuzkir y Genç (2022) los museos desempeñan un papel crucial como recursos culturales y turísticos al ofrecer a los visitantes una colección de artefactos históricos y arqueológicos, lo que contribuye a su motivación para el aprendizaje y a su experiencia general. Mientras Siyu (2024) indica que el desarrollo de las exhibiciones museísticas, incluidas las reliquias culturales móviles y los sitios arqueológicos inmuebles, ha evolucionado con el tiempo, reflejando las ambiciones regionales y los intereses de las partes interesadas. También Irawan (2022) afirma que los museos no solo almacenan y exhiben artefactos, sino que también sirven como instalaciones de turismo educativo, ya que proporcionan ideas y conocimientos históricos a los turistas.

Para Brajčić y Kušević (2022), la pedagogía de los museos hace hincapié en la

comunicación del contenido del patrimonio cultural para atraer a los visitantes a experiencias de aprendizaje no formales e informales, como lo demuestra una investigación realizada entre estudiantes.

En la FIGURA 7 se muestra los molinos de piedra que fueron una herramienta de vital importancia en la zona, utilizados por la población para la molienda de granos como maíz, trigo y cebada. Estos molinos estaban compuestos por dos grandes piedras que giraban impulsadas por la presión del agua. En la parte inferior, contaban con una estructura de arco por donde fluía el agua, junto con maderas dispuestas en forma de engranaje que permitían el movimiento del molino y el proceso de pelado de los cereales, preparándolos para su consumo. En total, se han identificado 8 molinos de piedra, algunos de los cuales se encuentran en el parque de Tablachaca.



FIGURA 7. Los molinos de piedra, recurso turístico cultural. Fuente: fotografía propia

Los entrevistados manifiesta que realizan la visita por la piedra que fue una herramienta de vital importancia en la historia, utilizada por la población para la molienda de granos como maíz, trigo y cebada. También señalan por la estructura que incluye un arco por donde fluía

el agua. Otro aspecto es porque ofrece una oportunidad única para entender cómo funcionaba esta tecnología ancestral y apreciar su importancia en la vida cotidiana y económica de la comunidad (FIGURA 8).



FIGURA 8. Categorías comunes en relación con la visita los molinos de piedra Fuente: elaboración propia con datos de los entrevistados

Los molinos de piedra son lugares de gran importancia histórica y cultural, donde se puede apreciar la tecnología ancestral utilizada en la molienda de granos. Su visita no solo ofrece una perspectiva sobre la evolución de técnicas tradicionales, sino que también permite entender su relevancia en la vida cotidiana de comunidades pasadas y presentes. Además, la estructura con arco característica de muchos de estos molinos añade un elemento arquitectónico distintivo que enriquece la experiencia cultural y educativa para quienes los visitan.

Los molinos de piedra pueden servir como un valioso recurso turístico debido a su importancia histórica como la quesería *Stone Mills Union* en Nueva York, pueden atraer a turistas interesados en explorar la herencia de las prácticas de molienda (Maines, 2009). Además, para Syarifuddin (2022) los estudios sobre el valor de los visitantes en destinos como *Stone Garden* enfatizan la importancia social, emocional y espiritual de dichos sitios, destacando su importancia en la vida de las personas y como modelos turísticos.

Evaluar los molinos de piedra como recursos turísticos, implica analizar sus factores de atracción e implementar medidas para mejorarlos (Yang, 2004). Las innovaciones en los dispositivos de molienda de piedra, como la mejora de los mecanismos de ajuste de la presión de contacto, contribuyen a la eficiencia y la sostenibilidad de los procesos de molienda de piedra, promoviendo su atractivo como atracción turística (Liu y Tan, 2018).

4. Conclusiones

En el marco del turismo de naturaleza se han identificado cuatro recursos turísticos de gran interés: la cascada Occochaca, las Chullpas de piedra, el museo de Occochaca y los molinos de piedra. La Cascada Occochaca, ubicada en el pueblo del mismo nombre, ofrece un escape perfecto para relajarse y desconectar del ajetreo de la vida cotidiana. Además, explorar la cascada brinda una experiencia única, donde la belleza del entorno se fusiona con la energía del agua en movimiento. Los paisajes escénicos que rodean la cascada ofrecen vistas

impresionantes, capturando la belleza del entorno natural.

La recomendación de visitar las Chullpas, estructuras antiguas de roca, se fundamenta en la representación de una herencia cultural invaluable, con una conexión profunda con las civilizaciones andinas. Estas estructuras enigmáticas antiguas ofrecen una ventana única al pasado, permitiendo a los visitantes apreciar la sofisticación arquitectónica y las técnicas de construcción de los antepasados. Además, las Chullpas simbolizan monumentos funerarios de gran importancia histórica. La presencia de estas edificaciones enigmáticas en un entorno natural impresionante refuerza su valor cultural y arquitectónico.

El museo de Occochaca se constituye como un invaluable recurso cultural y turístico, ofreciendo a sus visitantes una impresionante colección de artefactos históricos y arqueológicos. Desde los monteros medianos asociados con la cultura Wari hasta la cerámica distintiva de la cultura Chanca y la cerámica

Wari, cada exhibición permite una visión de la sofisticación y diversidad cultural de las antiguas civilizaciones de la región. Las monedas antiguas y las piedras de obsidiana revelan los sistemas económicos y el uso de materiales a lo largo del tiempo. Esta experiencia enriquecedora no solo educa, sino que también conecta de manera tangible con el legado perdido de estas culturas milenarias.

Los molinos de piedra son lugares de gran importancia histórica y cultural, donde se puede apreciar la tecnología ancestral utilizada en la molienda de granos. Su visita no solo ofrece una perspectiva sobre la evolución de técnicas tradicionales, sino que también permite entender su relevancia en la vida cotidiana de comunidades pasadas y presentes. Además, la estructura con arco característica de muchos de estos molinos añade un elemento arquitectónico distintivo que enriquece la experiencia cultural y educativa para quienes los visitan.

5. Referencias citadas

AGÜERA, F. y S. CUADRA. 2016. "El turismo como motor potencial para el desarrollo económico de zonas fronterizas en vías de desarrollo. Un estudio de caso". *El Periplo Sustentable*, 31. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1934/193449985009/html/>.

ARMAS, F. 2019. "Lo esperable del Estado. Políticas públicas y empresarios en los inicios de la actividad turística en el Perú (1930-1950)". *Apuntes*, 46(85): 53-78. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.21678/apuntes.85.1045>.

BRAJČIĆ, M. & D. KUŠČEVIĆ. 2022. "Museum as a place of informal learning". *Revija Za Elementarno Izobraževanje*, 15(Spec. Iss.): 27-40. Disponible en: <https://doi.org/10.18690/rei.15.spec.iss.27-40.2022>.

CASTILLO, Y. 2018. "El turismo una alternativa de desarrollo local. Potencialidades del Corredor del Santa Bárbara, Ecuador". *Killkana Social*, 2(4): 9-20. Disponible en: https://doi.org/10.26871/killkana_social.v2i4.102.

CERVANTES, R.; ESPINOZA, H. y N. RIVERA. 2023. *Análisis de la inversión en infraestructura económica del sector turismo: el caso del proyecto sistema de telecabinas Kuélap*. Disponible en: <https://repositorio.up.edu.pe/>.

CHÁVEZ, F.; CARRETO, F. y R. SERRANO, R. 2020. "Turismo de naturaleza en el Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Nevado de Toluca, estado de México, a través de la geoinformática". *Espacio y Desarrollo*, 34: 33-56. Disponible en: <https://doi.org/10.18800/espaciodesarrollo.201902.002>.

- CORREA, D. 2021. "Las chullpas incas en las quebradas Ucriamayo Y Tulpaisa, Caylloma, Arequipa". *Horizonte de La Ciencia*, 11(20): 31-44. Disponible en: <https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2021.20.765>.
- GAMBAROTA, D. y M. LORDA. 2017. "El turismo como estrategia de desarrollo local". *Revista Geográfica Venezolana*, 58(2): 346-359. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3477/347753793006/html/index.html>.
- HUAMANI, E. 2023. "Ecoturismo en el desarrollo local: El caso de la cuenca lacustre de Parinacochas". *GeoCiencias y Humanidades*, 1: e1. Disponible en: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15634544>.
- HERNÁNDEZ, J. 2012. *Sustainable cultural and heritage tourism in regional development*. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/>.
- IRAWAN, H.; SANTOSA, Y. & A. HIDAYAT. 2022. "Museum gedung pegadaian sukabumi sebagai sarana wisata edukasi sejarah". *Jurnal Artefak*, 9(2): 103. Disponible en: <https://doi.org/10.25157/ja.v9i2.8381>.
- LAMBOGGLIA, J. 2014. *Análisis del turismo y su importancia en el crecimiento económico en américa latina: el caso del ecuador*. Disponible en: <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/>.
- LARSEN, E. 2001. *Revealing demand for nature experience using purchase data of equipment and lodging*. Ssb.brage.unit.no, Disponible en: <https://ssb.brage.unit.no/ssb-xmlui/handle/11250/180473?locale-attribute=en>.
- LIU, S. & H. TAN. 2018. *Stone mill device*. Disponible en: <https://typeset.io/papers/stone-mill-device-2bge8gcg1h>.
- LOZADA, B.; OÑA, R.; JIMÉNEZ, S. y A. ANCHATUÑA. 2021. "La educación y su importancia en el fortalecimiento del ecoturismo. Perspectiva de gestión sostenible en el desarrollo de las localidades". *Revista Científica*, 7(3): 735-755. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8229649.pdf>.
- MAINES, R. 2009. *Rocky Landscape with Cheese Factory: The Stone Mills Union of Lafargeville*. New York, 1896-1925. Ssrn.com. Disponible en: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2781553.
- MALDONADO, E. 2020. "Naturaleza y cultura para el desarrollo del ecoturismo en la provincia de Concepción, Junín, Perú". *Socialium*, 4(1): 143-162. Disponible en: <https://doi.org/10.31876/sl.v4i1.50>.
- MARJA, U. 2017. "How to maintain naturalness in nature-based tourism resorts?" *Matkailutkimus*, 13(1-2): 100-103. Disponible en: <https://journal.fi/matkailutkimus/article/view/67861/28455>.
- MEZA, L.; DÍAZ, D. y D. ACUÑA, D. 2020. *Ecoturismo con enfoque sustentable en el corregimiento de camarones*. Disponible en: <https://repositoryinst.uniguajira.edu.co/>.

- MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR y TURISMO 2024. *Plan estratégico sectorial multianual (pesem) del sector comercio exterior y turismo*. Disponible en: https://transparencia.mincetur.gob.pe/documentos/newweb/Portals/0/transparencia/R_M_Nro_081-2024-MINCETUR-PESEM_ANEXO.pdf.
- MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR y TURISMO (MINCETUR). 2018. *Manual para la elaboración y actualización del inventario de recursos turísticos*. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/>.
- NIELSEN, A. 2022. "Chullpas equivocadas. Una arqueología de las diferencias ontológicas". *Boletín de La Sociedad Chilena de Arqueología*, (52): 43-80. Disponible en: <https://doi.org/10.56575/bscha.05200220722>.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL TURISMO (OMT). 2018. *El turismo cultural mantiene las comunidades y el patrimonio vivo*. Disponible en: <https://www.unwto.org/>.
- OSÓRIO, I. 2017. *The impact of Nature-based tourism activities promoted by tour operators on the environmental perception of visitors*. Disponible en: <https://repositorio.ul.pt/>.
- PEÑA, P.; MARLÉS, C. y L. CORREA. 2023. "Oportunidades y capacidades del turismo de naturaleza como dinamizador empresarial en el Caquetá". *Clío América/Clío América*, 17(33): 147-158. Disponible en: <https://doi.org/10.21676/23897848.5205>.
- RIVERA, M. y L. RODRÍGUEZ. 2012. *Turismo responsable, sostenibilidad y desarrollo local comunitario*. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/525510.pdf>.
- RODRÍGUEZ, S. 2024. *Gestión de destinos turísticos: desafío para el desarrollo sostenible*. Disponible en: <https://www.ucv.edu.pe/expertos-ucv/gestion-destinos-turisticos>.
- SALAZAR, B.; GONZALES, G. y A. MASÍAS. 2020. "El turismo cultural y sus construcciones sociales como contribución a la gestión sostenible de los destinos turísticos". *Rosa Dos Ventos*, 12(2): 406-428. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4735/473563492009/html/>.
- SIYU, K. 2024. *Museums and archaeological exhibitions: History, institution, and reality in China*. *Oup.com*. Disponible en: <https://academic.oup.com/>.
- SYARIFUDDIN, D. 2022. "Stone garden tourist value: a sociological value perspective". *Media Wisata*, 20(1): 102-114. Disponible en: <https://doi.org/10.36276/mws.v20i1.321>.
- UNESCO. 2009. *Lista representativa del patrimonio cultural inmaterial de la humanidad*. Disponible en: <https://ich.unesco.org/doc/src/06859-ES.pdf>.
- UNESCO. 2005. *Gestión del turismo en sitios del Patrimonio Mundial: Manual práctico para administradores de sitios del Patrimonio Mundial*. Disponible en: https://whc.unesco.org/documents/publi_wh_papers_01_es.pdf.

- YANG, X. 2004. *Comprehensive Evaluation and Application of Tourist Resource Based on AHP. Management Geological Science and Technology*. Disponible en: <https://typeset.io/papers/comprehensive-evaluation-and-application-of-tourist-resource-ld2yby793e>.
- YAVUZKIR, A. & V. GENÇ. 2022. "The effect of exhibition policy of artifacts in museums on visitor experience and learning motivation". *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi*, 6(2): 414-438. Disponible en: <https://doi.org/10.32572/guntad.1033985>.

Lugar y fecha de finalización del artículo:
Huanta, Depto. Ayacucho, Perú; octubre, 2024

Cuantificación del carbono azul en el manglar emplazado en la laguna de Tacarigua, estado Miranda, Venezuela

Quantificação do carbono azul na floresta de mangue localizado na lagoa Tacarigua,
estado de Miranda, Venezuela

Quantification of blue carbon in the mangrove forest located in the
Tacarigua lagoon, Miranda State, Venezuela

Franklin Nuñez Ravelo y Rossany Calderón Castellanos

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Pedagógico de Caracas
Centro de Investigaciones “Estudios del Medio Físico Venezolano”
Línea de Investigación “Estudios Ecogeográficos de los Manglares en Venezuela”
Caracas, Venezuela
franklingeove@gmail.com; calderon19@gmail.com

Nuñez: <https://orcid.org/0000-0001-5501-3085>

Calderón: <https://orcid.org/0000-0002-2795-0183>

Resumen

El manglar de la laguna de Tacarigua es el segundos en calidad de conservación de Venezuela; es por ello que se planteó como propósito estimar su reserva de carbono total y CO₂e con base en un estudio de enfoque cuantitativo, ejecutado en 3 fases: (a) campo, permitió coleccionar 79 muestras de suelo superficial y 8 muestras de hojarasca, en 2 parcelas de 20m x 50m, y registrar la altura, diámetro y especie de los manglares; (b) laboratorio, permitió precisar el contenido de CO en el suelo y hojarasca, y (c) oficina, centrada en la estimación del C en la biomasa aérea-subterránea, y CO₂e. Se evidencian diferencias significativas entre las parcelas en estudio. Se estimó que de CT retenido en el manglar es 40,276 MgC/ha⁻¹, correspondiendo a 147 unidades de CO₂ e/ha-1, estimándose para La Boca 35327 Mg de CO₂ y para el Parque Nacional 591254 Mg de CO₂.

PALABRAS CLAVE: carbono total; humedal; carbono orgánico; dióxido de carbono.

Resumo

O manguezal da lagoa de Tacarigua é o segundo em qualidade de conservação da Venezuela, por isso foi proposto o seguinte objetivo: estimar sua reserva total de carbono e CO₂e com base em um estudo de enfoque quantitativo, executado em três fases: (a) campo, permitiu coletar 79 amostras de solo superficial e 8 amostras de folhagem, em duas parcelas de 20m x 50m, e registrar a altura, o diâmetro e a espécie dos manguezais; (b) campo, permitiu precisar o conteúdo de CO no solo e na folhagem, e (c) laboratório, centrado na estimativa do C na biomassa aérea-subterránea e CO₂e. São evidentes diferenças significativas entre as parcelas em estudo. Estima-se que o CT retido no manguezal seja de 40.276 MgC/ha-1, correspondendo a 147 unidades de CO₂ e/ha-1, estimando-se para La Boca 35.327 Mg de CO₂ e para o Parque Nacional 591.254 Mg de CO₂.

PALAVRAS-CHAVE: carbono total; zonas húmidas; carbono orgânico; dióxido de carbono.

Abstract

The mangrove forest in Tacarigua Lagoon is the second best preserved in Venezuela, which is why the following objective was set: to estimate its total carbon and CO₂e reserves based on a quantitative study carried out in three phases: (a) fieldwork, which involved collecting 79 surface soil samples and eight litter samples in two 20m x 50m plots, and to record the height, diameter, and species of the mangroves; (b) laboratory, which allowed the CO content of the soil and leaf litter to be determined; and (c) office, which focused on estimating the C in the above-ground and below-ground biomass and CO₂e. Significant differences were found between the plots under study. It was estimated that the CT retained in the mangrove is 40,276 MgC/ha-1, corresponding to 147 units of CO₂ e/ha-1, with an estimate of 35,327 Mg of CO₂ for La Boca and 591,254 Mg of CO₂ for the National Park.

KEYWORDS: total carbon; wetland; organic carbon; carbon dioxide

1. Introducción

El carbono azul es el dióxido de carbono secuestrado y almacenado como carbono orgánico en los ecosistemas costeros, tales como manglar, praderas de pasto marino, marismas intermareales, entre otros (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales, 2021; Gordillo *et al.*, 2022; Ashford *et al.*, 2023; Choudhary *et al.*, 2024).

En efecto, de los ecosistemas referidos, los manglares representan alrededor del 0,5% de la superficie costera mundial y el 0,7% de la cubierta forestal tropical mundial (Ahalya y Park, 2019). De acuerdo con Caamal (2012), estos ecosistemas aportan gran cantidad de servicios, siendo los más importantes: (a) contribuyen con la pedogénesis a nivel mundial; (b) constituyen hábitat para la anidación, crianza, alimentación y refugio de una gran variedad de especies; (c) protegen la línea de costa de los procesos de erosión marina, y (d) absorben el carbono atmosférico, producen oxígeno y almacena el CO₂.

El papel de los ecosistemas de manglares en la mitigación del cambio climático es pequeño a escala global, pero más significativo en el océano costero tropical y eficaz a escala nacional y regional, especialmente en áreas con altas tasas de deforestación y destrucción (Alongi, 2020).

Herrera *et al.*, (2016) refieren que los ecosistemas de manglar prestan un servicio ambiental relacionado con los gases de efecto invernadero, ya que absorben el CO₂ mediante la fotosíntesis, fijando el carbono en su estructura, incluyendo el tronco, ramas, raíces y hojas, e incluso en sedimentos. Adicionalmente, liberan el oxígeno a través de un ciclo natural, donde también se benefician otros organismos que digieren los carbohidratos presentes en la hojarasca.

Donato *et al.* (2011) afirman que los manglares son los ecosistemas que poseen mayor potencial de captura de carbono. A su vez, Jianxiang *et al.* (2019) sostienen que, en comparación con las marismas sin vegetación, la colonización de manglares puede aumentar el contenido de CO en un radio de 60cm. A nivel mundial, la tasa de acumulación de CO estimada

en manglares, está correlacionada linealmente con la tasa de acreción (Liu *et al.*, 2020). Kauffman *et al.* (2020) estiman que en estas áreas se almacenan a nivel mundial alrededor de 11,7 Mg C: una reserva de carbono en la biomasa aérea de 1,6 Mg C y una reserva de carbono en el suelo de 10,2 Mg C.

Ariyanto y Pringgenies (2024) refieren que el secuestro de carbono es dos o tres veces más eficiente en manglares naturales que en manglares rehabilitados. Kauffman *et al.* (2013) indican que entre el 80 y hasta el 97% de esta reserva de carbono se encuentra en el suelo, ya que los manglares poseen suelos ricos en materia orgánica, y puede permanecer almacenada durante milenios, a diferencia de otros tipos de bosque que la almacenan solo durante décadas.

Islam *et al.* (2023) señalan que el manglar tiene la capacidad de almacenar carbono durante largos períodos, especialmente en sedimentos densos y ricos en materia orgánica, lo que contribuye significativamente a los esfuerzos de mitigación del cambio climático.

Independientemente de la especie dominante, la riqueza de especies o el tamaño (alto o enano) de los manglares, una cantidad particular de carbono orgánico se captura dentro del suelo del manglar (Hredoy *et al.*, 2024).

Cualquier movimiento de este elemento dentro de estos reservorios, se denomina flujo y las conexiones que se generen entre ellos, formaran un 'ciclo cerrado' que teóricamente debe encontrarse en equilibrio o estar balanceado (Houghthon, citado en Serrato *et al.*, 2014). Sin embargo, estos depósitos en la actualidad son altamente vulnerables a las acciones antropogénicas, así como cambios biofísicos como el aumento del nivel del mar y los ciclones; de allí que se hace necesario realizar estimaciones que permitan conocer las potencialidades de almacenamiento de este gas de efecto invernadero. Friess *et al.*, 2020; Choudhary *et al.*, 2024).

Xiao *et al.* (2024) expresan que las áreas de enfoque clave para futuras investigaciones incluyen la protección de los manglares, la mejora de la resiliencia al cambio climático, el

almacenamiento de carbono y el desarrollo de modelos de estimación del flujo de carbono.

Ahora bien, la laguna de Tacarigua, forma parte de los 391km² del territorio que constituyen el Parque Nacional Laguna de Tacarigua (Decreto N°1607 sobre la declaración del Parque Nacional Laguna de Tacarigua, 1974), creado con el objeto de mitigar las afectaciones antropogénicas, vinculadas con la expansión inmobiliaria que amenazaba con convertir estos espacios en lugares urbanizados, poniendo en peligro el equilibrio ambiental de la zona, y preservar esta región natural, por cuyo valor puede convertirse en área de significación nacional y mundial.

De allí que se reconocen como principales valores, los expuestos por Mitsch y Gosselink, (citados en Suárez, 2016), quienes lo sintetizan en tres dimensiones: (a) en lo poblacional: contribuye al sostenimiento de gran cantidad de animales (peces, mariscos, aves), y de algunas especies en peligro de extinción (anfibios, reptiles), al constituirse en fuente natural del ciclo alimenticio y, a su vez, provee recursos que pueden aprovecharse comercialmente, lo cual permite el desarrollo de actividades pesqueras y de acuicultura; (b) como ecosistema: reducen los peligros de inundaciones, mejoramiento de la calidad del agua, y valor estético y recreativo, y (c) a escala global: contribuyen con la estabilización de los niveles globales de nitrógeno, azufre atmosférico, dióxido de carbono y metano.

Resulta alarmante reconocer que a pesar de que el área en estudio cuenta con la protección que le acredita la declaratoria de parque nacional. EL Instituto Nacional de Parques (INPARQUES, 2011), precisa entre las principales amenazas que afectan el equilibrio ecológico de los ecosistemas en la laguna: (a) la deforestaciones, ampliación de la frontera agrícola y utilización de métodos agropecuarios sin técnicas conservacionistas; (b) incendios; (c) manejo inapropiado de desechos sólidos y aguas servidas que desembocan en la laguna; (d) modificaciones en los drenajes de la laguna (los casos del caño Madre Casaña y la Autopista de Oriente), variaciones en los ciclos hídricos y sedimentación, y (e) la pesca artesanal como modo de vida, el filete como técnica

pesquera no sostenible en el tiempo y el desconocimiento y abuso de los ciclos productivos naturales.

En este sentido, resulta propicio citar a Malaver *et al.* (2014), quienes expresaron que: el crecimiento acelerado y no planificado de las poblaciones aledañas al parque y de su área de influencia, unido a la inexistencia de redes cloacales, falta de plantas de tratamiento de aguas servidas en los complejos turísticos circunvecinos y unidades agropecuarias, la incorporación de desechos sólidos, biológicos y orgánicos, han conllevado al deterioro y rápida contaminación físico, química y biológica de la laguna.

Por su parte, Gilman *et al.* (2008) advierten que, si las zonas de manglar son afectadas producto de las acciones antropogénicas, el CO₂ que se encuentra almacenado, será liberado a la atmósfera, dejando de ser un sumidero para constituirse en una fuente de emisión, lo que justifica la necesidad de manejo de dichos ecosistemas costeros, pues su valor en términos de carbono es cada vez más evidente, por los beneficios ambientales que generan.

De allí que, con base en los preceptos antes formulados, la presente investigación se orientó en resolver la siguiente interrogante: ¿Cuál es la reserva de carbono total secuestrado en el manglar emplazado en el sector la Boca de la laguna de Tacarigua, estado Miranda-Venezuela?

Partiendo de lo anterior, se planteó como objetivo de la investigación: estimar la reserva de carbono total en el manglar emplazado en el sector la Boca de la laguna de Tacarigua, estado Miranda-Venezuela a fin de valorar el servicio de este ecosistema en la captura y almacenamiento de los referidos gases de efecto invernadero.

2. Materiales y métodos

2.1 Fases y procedimientos de la investigación

Durante el proceso de investigación se ejecutaron las siguientes fases: (a) campo; (b) laboratorio; (c) análisis estadístico, y (d) oficina.

2.1.1 Fase de campo

La fase de campo tuvo como propósito recolectar datos de los individuos que constituyen el

manglar, tales como especie y perímetro del tronco a la altura del pecho. Adicionalmente, coleccionar muestras de suelo y hojarasca. Para tal fin, se realizó un trabajo de campo, entre el 01 y 04 de agosto de 2021, durante el período lluvioso, hacia el sector La Boca del cordón litoral que separa a la laguna de Tacarigua del mar Caribe. Se estima que el sector presenta un área de aproximadamente 239 ha, cubiertas por manglar. En el referido sector, se delimitaron dos (2) parcelas de 50m x 20m, lo que equivale a 1.000 m² o 0.1 ha. El tamaño de la parcela, se ajusta al criterio referido por MacDicken (1997), quien precisa para el inventario de carbono en vegetación leñosa áreas de 100m² para coberturas muy densas, hasta 1000m² para coberturas muy esparcidas.

La selección de la superficie de muestreo obedeció a ciertos criterios: (a) accesibilidad al área, garantizando que el recorrido pudiese desarrollarse caminando; (b) capacidad de la indumentaria para el muestreo, a fin de resguardar la seguridad y salud de los miembros del equipo de campo; (c) muestrear en un área de menor intervención antropogénica, y (d) procurar el resguardo de los equipos de campo.

En cada parcela, se procedió a la identificación de los individuos por especie de manglar: la parcela 1, se constituye en un bosque mixto, dominado en su 90% por individuos de la especie *Avicennia germinans*, con individuos aislados de *Rhizophora mangle*, y *Laguncularia racemosa*. Mientras que la parcela 2 se evidenció un bosque monoespecífico, dominado por individuos de la especie de *Conocarpus erectus*.

Además de identificar la especie para cada individuo, se procedió a la medición del perímetro a la altura del pecho, así como la recolección de las muestras de suelo a una profundidad de 0 a 20cm, en la base de cada individuo. Adicionalmente, cada parcela se dividió en cuatro cuadrantes, a fin de recolectar la hojarasca expuesta en superficie.

La colecta del suelo a nivel superficial, obedece al criterio propuesto por Ferreira *et al.* (2006), Kauffman *et al.* (2013), Matsui *et al.* (2015), quienes coinciden en expresar que es en los

primero 10cm de profundidad donde se concentra mayor contenido de carbono.

De acuerdo con Kauffman *et al.* (2013), en el reconocimiento de campo, los componentes deberán ser incluido y medido si este: (a) es considerablemente grande; (b) es afectado por el uso del suelo; (c) el futuro uso del suelo es incierto; y/o (d) el tamaño del componente es incierto. Los componentes de carbono pequeños o aquellos susceptibles a ser afectados por cambios de uso del suelo pueden excluirse o muestrearse con menor frecuencia.

Con base en este criterio, se excluyó de la recolección de datos de: (a) la necromasa, ya que solo se evidenció un árbol muerto en pie, y (b) los individuos aislados de *Rhizophora mangle* y *Conocarpus erectus*.

Este procedimiento permitió coleccionar: (a) 79 muestras de suelo superficial, de las cuales 37 corresponde a la parcela 1, y, 42 a la parcela 2. Capturadas en cilindros de polietileno de 5cm de diámetro, las cuales fueron introducidas en bolsas herméticas, y transportadas al laboratorio, refrigeradas en cava; (b) 79 registros de perímetro del tronco a la altura del pecho, con la misma distribución que se presentó para las muestras de suelo, y (c) 391 g de hojarasca, correspondientes a 124 g en la primera parcela, y 267 g en la segunda. Estas fueron resguardadas en bolsas herméticas, y transportadas al laboratorio refrigeradas en cava.

2.1.2 Fase del laboratorio

Se ejecutó con el propósito de cuantificar el contenido de carbono orgánico presente en el suelo y la hojarasca recolectadas durante la fase anterior, y atendiendo al protocolo establecido por Walkley y Black (1934), mediante el cual se promueve la oxidación de la muestra por dicromato de potasio al 8%, en presencia de ácido sulfúrico al 96%.

2.1.3 Fase de oficina

En esta fase se estimó: (a) el contenido de carbono en la biomasa aérea; (b) el contenido de carbono en la biomasa subterránea, y (c) el carbono total. Para el contenido de la biomasa aérea, se aplicó la ecuación propuesta por

Komiyama *et al.* (2005), para especies de manglar. Una vez conocida la biomasa total, se procedió a estimar el carbono presente en la biomasa aérea, para ello se empleó el factor de conversión de 0,50 (Yepes *et al.*, 2016). El promedio obtenido del cálculo del contenido de carbono en la biomasa por individuo para el área delimitada, se expresa en Mg/ha^{-1} (Komiyama *et al.*, 2005).

En cuanto al contenido de la biomasa subterránea, Meng *et al.* (2021), refieren que existen relaciones positivas entre las reservas de carbono sobre y bajo el suelo en bosques de manglares con diferentes propiedades y en diferentes escalas espaciales, lo que sugiere que las reservas de carbono subterráneas y totales de manglares pueden estimarse con base a las reservas de carbono sobre el suelo. Para su determinación, se empleó la ecuación propuesta por Komiyama *et al.* (citado en Kauffman *et al.*, 2013). Para la conversión en carbono, se multiplicó el promedio de cada parcela, por la concentración de carbono en el suelo estimado para una ha, expresado en Mg/ha^{-1} (Kauffman *et al.*, 2013).

La estimación del Carbono Total, es producto de la totalización del contenido de carbono presente en cada componente: suelo, biomasa aérea, biomasa subterránea y hojarasca.

3. Resultados

3.1 Carbono orgánico en el suelo

Los datos correspondientes a las muestras de la parcela 1, presentan una distribución homogénea con varianza 0,019 y un coeficiente de variación de 20,58%, por lo que se asume que se trata de una muestra muy compacta, Al contrastar con la distribución de los datos en la parcela 2, se puede afirmar que aun cuando esta última también es homogénea, al presentar varianza de 0,001, el coeficiente de variación es de 29,14%, lo que resulta superior al de la parcela 1, indicando que existe una mayor dispersión relativa en los datos correspondientes a esta parcela, En síntesis, se asume que ambos grupos muestrales presentan diferentes varianzas o variabilidad de los datos con relación a sus respectivas media.

Ahora bien, para la parcela 1, se estimó un contenido de COs, entre 0,46 y 1,02% por cada

gramo de suelo, para un promedio de 0,69%, mientras que para la parcela 2, este contenido varía entre 0,05 y 0,21% por cada gramo de suelo, para una media de 0,12%.

La prueba *t* para dos conjuntos de muestras con varianzas desiguales, muestra que el estadístico *t* (7,94) es superior que el valor crítico de *t* de dos colas ($6 \cdot 10^{-10}$), por lo que se acepta que existe diferencia estadísticamente significativa al contrastar la media aritmética de las parcelas en estudio.

Lo anterior permite afirmar que en la parcela 1, se evidencia un mayor aporte de Cos que el registrado en la parcela 2. Con base en los resultados obtenidos, se estima que la parcela 1 contiene $35,39 \text{ Mg/ha}^{-1}$, mientras que la parcela 2 presenta $6,83 \text{ Mg/ha}^{-1}$, lo que permite establecer una media de $21,11 \text{ Mg/ha}^{-1}$ (TABLA 1).

TABLA 1. Carbono total en el suelo (Cts).

Fuente: elaboración propia

Parcela	%CO	Cts (Mg/ha^{-1})
1	0,69	35,39
2	0,12	6,83
Promedio	0,40	21,11

Nota: Mg = Megagrámicos = 1 tonelada = 1000 kg

3.2 Carbono en la biomasa aérea

La parcela 1, dominada por individuos de *Avicennia germinans* se estima entre 0,43 y $64,23 \text{ Mg/ha}^{-1}$ para una media de $19,14 \text{ Mg/ha}^{-1}$, en contraste con los valores obtenidos para la parcela 2, dominada por *Conocarpus erectus*, en la que se registran entre 0,03 y $39,71 \text{ Mg/ha}^{-1}$, con un promedio de $4,66 \text{ Mg/ha}^{-1}$.

La prueba U de Mann-Whitney, para distribuciones no normales de muestras independientes, permite evidenciar que existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos conjuntos de muestras: el valor de Z es superior al valor crítico estimado, por lo que se rechaza la hipótesis de igualdad de medias.

En general, se estima que el manglar en estudio contiene $11,90 \text{ Mg/ha}^{-1}$ de carbono orgánico en la biomasa aérea (TABLA 2).

TABLA 2. Carbono total en la biomasa aérea.

Fuente: elaboración propia

Parcela	C (Mg/ha ⁻¹)
1	19,14
2	4,66
Promedio	11,90

Nota: Mg = Megagrámicos = 1 tonelada = 1000 kg

3.3 Carbono en la biomasa subterránea

Los datos correspondientes al C en la biomasa subterránea, presentan una distribución heterogénea, con varianzas distintas, Esto permite suponer que, si bien ambas parcelas presentan una alta dispersión al comparar el conjunto de datos y con su respectiva media, tal variación es mayor en la parcela 2 (230% CV) que en la 1(89,15% CV).

En la parcela 1, se estimó el contenido de carbono orgánico en biomasa subterránea entre 0,468 y 47,13 Mg/ha⁻¹ para una media de 13,24 Mg/ha⁻¹, en contraste con los valores obtenidos para la parcela 2, en la que se registran entre 0,004 y 4,13 Mg/ha⁻¹, para un promedio de 0,65 Mg/ha⁻¹.

La prueba U de Mann-Whitney, para distribuciones no normales de muestras independientes, permite evidenciar que existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos conjuntos de muestras: el valor de Z = 24, es superior al valor crítico estimado en 1,95, por lo que se rechaza la hipótesis de igualdad de medias. En general, se estima que en promedio (TABLA 3), el manglar en estudio contiene 7,26 Mg/ha⁻¹ de carbono orgánico en la biomasa subterránea.

TABLA 3. Carbono total en la biomasa subterránea.

Fuente: elaboración propia

Parcela	C(Mg/ha ⁻¹)
1	13,874
2	0,654
Promedio	7,264

3.4 Carbono orgánico en la hojarasca

La parcela 1 presentó un monto de 92,73 g de carbono orgánico en la hojarasca, registrándose montos entre 19,77 y 29,96 g, para una media

estimada de 23,18 g. En la parcela 2, se evidenció un total de 197,75 g de carbono orgánico, con montos que varían entre 36,18 y 61,73 para una media de 49,44 g.

El análisis comparativo de contraste de media, arrojó un valor de *t* de 4,5, superior al valor crítico de *t* de dos colas, estimado en 2,77. Esto permite descartar la igualdad de media, y afirmar que existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos de muestras. En general, se estima que la producción de carbono orgánico vinculado con la hojarasca para el área de estudio es de 0,0014 Mg/h¹ (TABLA 4).

TABLA 4. Carbono total en la hojarasca.

Fuente: elaboración propia

Parcela	gr/parcela ⁻¹	gr/h ⁻¹	C (Mg/h ⁻¹)
1	92,73	927,30	0,00092
2	197,75	1977,53	0,00197
Promedio			0,00145

3.5 Carbono orgánico total en el manglar

Se estima que, en el sector en estudio, la reserva de carbono es de 40,276 Mg/ha⁻¹. En la TABLA 5, se presentan una síntesis de la distribución del CO en los diferentes componentes en estudio del manglar: el suelo constituye el sector de mayor reserva de CO con 52,416% del total. Le siguen en orden de ponderación la biomasa aérea (29,546%), biomasa subterránea (18,035) y hojarasca (0,003%), (TABLA 5).

TABLA 5. Distribución del carbono total.

Fuente: elaboración propia

Componente del manglar	CO (Mg/ha ⁻¹)	%
C en el suelo	21,111	52,416
C en la biomasa aérea	11,900	29,546
C en la biomasa subterránea	7,264	18,035
C en la hojarasca	0,001	0,003
Carbono Total	40,276	100

El carbono retenido en el manglar (CRM) para el sector la Boca en la laguna de Tacarigua es de 9626 Mg. Considerando que: (a) solo se identificó

la dominancia de las especies *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*, emplazadas en las parcelas 1 y 2 respectivamente, y (b) en el supuesto de que las condiciones fisiográficas de toda el Parque Nacional que las conforman el sector la Boca, se puede inferir que el carbono orgánico retenido es de 161104,67 Mg (TABLA 6).

TABLA 6. Reserva de CO en el manglar: Sector la Boca y Parque Nacional. Fuente: elaboración propia

Indicador	Valor Estimado
Carbono Total (Mg/ha ⁻¹)	40,27
Área (ha) en el sector La Boca	239,00
CRM (Mg)/La Boca	9626,00
Área (ha)/Cubierta por manglar (P, Nacional)	4000,00
CRM (Mg)/Parque Nacional	161104,67

No obstante, se reconoce que este valor pudiese incrementar, ya que existen otras especies de manglar, como el *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*.

3.6 CO₂ equivalente

A partir de la reserva de carbón identificada, se estima 147.83 unidades de CO₂ e/ha⁻¹. Esto permite suponer que en el sector la Boca, se estiman 35327.43 Mg de CO₂ y para el parque nacional 591254.12 Mg de CO₂.

4. Discusión

4.1 Carbono orgánico en el suelo (cos)

De acuerdo con Kida y Fijitake (2020), posiblemente los mecanismos primarios para el secuestro y estabilización del carbono en el suelo de los manglares, esté vinculado con el entramado de raíces, y la inhibición de las enzimas de fenol oxidasa en condiciones anóxicas, aunado a la inmovilización del CO inducida por la salinidad presente en el suelo.

Atwood *et al.* (2017), afirman que la diversidad de especies en el bosque de manglar, contribuye a aumentar su potencial de reserva: los bosques que contienen 5 géneros presentan entre un 70 y un 90% más de reservas de carbono del suelo por unidad de superficie que aquellos con menor número de especies.

Yépez (2021), refiere que posiblemente tal diferencia en el aporte de CO al suelo, está dada por el patrón estructural, al inferir que en el sector la Boca de la laguna de Tacarigua, los individuos de *Avicennia germinans* presentan altura, DAP, cobertura cerrada y área basal significativamente superior a los individuos de *Conocarpus erectus* emplazados en la parcela 2, Tal desarrollo, posiblemente introduce modificaciones en el aporte de CO al suelo.

Lo anterior guarda correspondencia con lo reportado por Ugas (2016), quien refiere para el manglar emplazado en la península de Chacopata, que las mayores reservas de carbono orgánico en el suelo se ubican en aquellas superficies cubiertas por el manglar y más específicamente en la cobertura cerrada de dicho bosque.

En Venezuela, Núñez *et al.* (2021), estimó para Boca de Uchire de 0.08 %CO(g⁻¹) en *Avicennia germinans*, y 0,13 %CO(g⁻¹) en *Conocarpus erectus*. Por su parte, Calderón (2021) reportó para el delta del río Unare, 0,30 %CO(g⁻¹) en zonas cubiertas por *Avicennia germinans*, mientras que Herrera (2021) estimó 0,31 *Avicennia germinans*, para el mismo sector. Tales reportes, permiten afirmar que los valores obtenidos en el estudio, se ubican dentro del rango reportado.

Ahora bien, Ernawati *et al.* (2024) afirman que entre los factores que pudiesen incidir en las diferencias de acumulación de CO en el suelo, se encuentran las condiciones hidrológicas, en particular el pH, la disponibilidad de oxígeno, los nutrientes, el contenido de agua, la temperatura y la salinidad, los cuales pueden cambiar la utilidad del carbono almacenado en el suelo para el metabolismo microbiano en condiciones aeróbicas y anaeróbicas.

En este sentido, es importante destacar que los reportes de Carbono total en el suelo en la literatura, presentan rangos muy variados: en Venezuela, Núñez *et al.* (2021) estimó 4,41 C (Mg/ha⁻¹), mientras que Calderón (2021) refiere para el área de estudio 17,47 C (Mg/ha⁻¹); en México, Agraz *et al.* (2020) reporta valores entre 30,02 y 50,49 C (Mg/ha⁻¹); Ochoa (2019) refiere 175 C (Mg/ha⁻¹), Valdés *et al.* (2011) entre 73,7 y

106,7 C (Mg/ha⁻¹), y Sánchez *et al.* (1997) entre 255,54 y 284,2 C (Mg/ha⁻¹), mientras que, en Colombia, Bolívar *et al.* (2019) refirió variaciones entre 10 y 264 C (Mg/ha⁻¹).

Entre los posibles factores que potencian la acumulación e inciden en las diferencias estimadas: la potencialidad de la especie de manglar y sus asociaciones, el grado de desarrollo estructural del bosque, la posición topográfica y los procesos geomorfológicos dominantes, entre otros.

Si bien, el contenido de carbono orgánico en el suelo se ubica en los rangos estimados para otras zonas de Venezuela y Colombia, es posible que esto esté condicionado por el nivel de evolución estructural de los individuos muestreados: Yépez (2021) señala que los individuos de *Avicennia germinans* presentan en promedio un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 15,38cm, mientras que para los de *Conocarpus erectus* la media estimada es de 4,38. Esta condición, en atención a las categorías diamétricas propuestas por Sánchez *et al.* (1997), permiten afirmar que en el caso de la parcela 1, se ubican en un estado latizal (DAP entre 5,1 y 15 cm) lo cual corresponde a un nivel intermedio de evolución, mientras que los individuos emplazados en la parcela 2, se encuentran en un estado brizal (DAP entre 1 a 5 cm, lo que supone un estado de juventud.

Ochoa (2019) refieren que el almacenaje de carbono en suelo y el desarrollo estructural de los individuos de manglar, presentan alta correlación ya que, a mayor tamaño, mayor producción de materia y carbono orgánico. De acuerdo con Bouillon *et al.* (2009), la acumulación de CO en estos ambientes se encuentra en un rango de 1,39 a 6,54 Mg/ha⁻¹ al año.

4.2 Carbono en la biomasa aérea

Kauffman *et al.* (2013) refieren que los árboles que presentan un DAP menor a 20cm, contribuyen en menor cantidad de biomasa, mientras que aquellos en donde el DAP es mayor a 20 cm su aporte aumentará.

En efecto, Giri *et al.* (2011) reportan que en la Reserva La Encrucijada, Chiapas, México, el DAP presentó una alta correlación (1,00) con la

biomasa aérea, por lo que validan que el referido parámetro estructural incide el contenido de biomasa que aporta los individuos.

Por su parte, Savari *et al.* (2020) refieren que existen evidencias de una correlación positiva entre la biomasa de la vegetación y el carbono orgánico del suelo, lo que indica el papel de la vegetación en la generación de CO del suelo.

Si bien, los valores promedios reportados para la zona por Yépez (2021) no sobrepasan el criterio diamétrico referido, es posible afirmar que debido a que los individuos ubicados en la parcela 1 presentan mayor desarrollo estructural, el contenido en la biomasa como se evidencia, es mayor que los reportados para los individuos emplazados en la parcela 2, cuyo desarrollo estructural es comparativamente inferior.

Algunas estimaciones del carbono orgánico en la biomasa aérea en diversos bosques de manglar, evidencian que el valor obtenido, es superior al reportado para los manglares emplazados en Boca de Uchire -Venezuela (Núñez y Ugas, 2018), la Reserva La Encrucijada y Península de Yucatán en México (Velázquez *et al.*, 2019). Sin embargo, es similar al reportado por Ochoa (2019) para Baja California, e inferior que lo reportado por Agraz *et al.* (2018) para el sector de La Reserva dominado por *Rhizophora mangle*.

A modo de síntesis preliminar, se reconoce que en la zona de estudio la reserva de carbono en la biomasa aérea, presenta valores que se ubican en el rango de los reportados para bosques con similares características de composición y estructura.

4.3 Carbono en la biomasa subterránea

Santos *et al.* (2017) afirman que las estimaciones sobre las reservas de carbono de la biomasa de las raíces subterráneas en el mundo, indican que en este componente el CO oscila entre 0,5 Mg/ha⁻¹ y 263 Mg/ha⁻¹, y que este aporte de la biomasa subterránea ha demostrado ser cada vez más importante a medida que se realizan nuevos estudios que muestran que la relación entre biomasa aérea y subterránea puede ser inferior a 1:1.

Con relación a las referidas diferencias significativas precisadas entre la parcela 1 y 2, es

propicio aludir lo expuesto por Guerra *et al.* (2005), quienes advierten que el crecimiento de la raíz en términos de su elongación o grosor, está íntimamente vinculado con factores como el abastecimiento de agua, aireación, composición química y física del suelo, afirmando que en sitios de desarrollo patogenético pobre se desarrolla mayor proporción de biomasa de raíces que en sitios de mejor calidad, por lo que la proporción de la biomasa de raíces es mayor cuando existen restricciones de humedad y nutrientes, siendo que la proporción de raíces finas es ligeramente mayor en sitios pobres o que presentan restricciones para el crecimiento y para la penetración de raíces.

Tales consideraciones son inferidas para el área de estudio, toda vez que el suelo en la parcela 1, dominada por la especie *Avicennia germinans*, se caracteriza por ser pantanoso, con nivel freático próximo a la superficie, mal drenado, lo que posiblemente motive en esta especie la necesidad de una mayor producción de raíces. En efecto, Jiménez y Lugo (2000) destacan que esta especie desarrolla un sistema radical subterráneo superficial con raíces hundidoras y neumatóforos con geotropía negativa que se desarrollan a partir de raíces laterales horizontales. En el caso de la parcela 2, ubicada sobre el cordón litoral, en donde se desarrolla el *Conocarpus erectus*, la textura del suelo tiene hacia lo arenoso, con nivel freático a escasos centímetros de la superficie y moderada infiltración, Esto supone mejores condiciones que las descrita para la parcela 1, lo que posiblemente induzca a que los manglares tengan un sistema de raíces menos desarrollado que lo referido para el caso anterior.

En efecto, Yáñez *et al.* (2002) afirman que esta especie puede encontrarse en zonas más arenosas y ocupar zonas de tierra firme hasta de 40 a 50 msnm. Dewiyanti *et al.* (2024) sostienen que la biomasa de las raíces o biomasa subterránea de manglares es directamente proporcional a la biomasa aérea, por lo que, cuanto mayor sea el valor de la biomasa de los árboles, mayor será la biomasa de las raíces de las plantas de manglares. Herrera *et al.* (2016) evidencian que la posición topográfica y el tipo

de manglar, inciden en un mayor crecimiento de las raíces: los manglares ribereños (27,9 Mg C ha⁻¹), franja (12,1 Mg C ha⁻¹), chaparro (9,4 Mg C ha⁻¹), mientras que el manglar de cuenca presentó el valor más bajo de carbono orgánico en raíces (7,6 Mg C ha⁻¹).

Si bien el contenido de carbono en la biomasa subterránea es variado, y depende en buena medida, y como ya hemos referido, no solo de las condiciones estructurales del manglar, sino de las condiciones edáficas en donde este se desarrolla, se puede afirmar que la reserva identificada para el área de estudio, se ubica entre los rangos referidos por la literatura: siendo superior que lo reportado por Calderón (2021) para el delta del río Unare, sistema ecológico próximo por su ubicación al área de estudio, pero con un desarrollo estructural de menor evolución. Por su parte, Ochoa (2019), reportó para Baja California entre 24,04 a 44,84 CO (Mg/ha⁻¹), y Herrera *et al.* (2016), evidenció variaciones por tipo de manglar: ribereño 27,9 Mg/ha⁻¹; Franja 12,1 Mg/ha⁻¹, Chaparro 9,4 Mg/ha⁻¹, y Cuenca 7,6 Mg/ha⁻¹.

4.4 Carbono en la hojarasca

La hojarasca es el componente del manglar que menor proporción de CO aporta; sin embargo, su reconocimiento es fundamental para tener una aproximación compleja de las potencialidades del ecosistema.

Mulaya y Arlen (2018) refieren que estas suelen ser descompuesta parcialmente por bacterias y hongos en nutrientes disueltos. Los nutrientes producidos son útiles para el crecimiento de los manglares, así como una fuente de detritos que luego será explotada por los organismos acuáticos.

Camacho *et al.* (2022) sostienen que en manglares de áreas con influencia de ríos la mayor proporción de agua dulce durante las inundaciones de la época de lluvias favorecen el crecimiento de las hojas y, en particular, de las estructuras reproductivas, debido a la reducción de estrés fisiológico por la disminución de la salinidad en el suelo, No obstante, durante la temporada seca, la disminución de la precipitación, aunado al aumento de la

temperatura, favorece el aumento de la evapotranspiración, así como la concentración de sales en el suelo, lo cual produce estrés hídrico en la planta, generando un alto costo energético para el manglar, el cual responde con la caída de hojas, reflejándose en el aumento de este flujo hacia el suelo.

Farhaby *et al.* (2023) refieren que factores naturales como las condiciones climáticas, la dirección y velocidad del viento y los movimientos de los organismos vivos, también pueden afectar la producción de hojarasca, por lo que puede introducir ciertas diferencias en el bosque.

Mamidala *et al.* (2022) afirman que el ciclo eficiente de nutrientes a través de la descomposición de la hojarasca, a menudo regula la alta productividad y el subsiguiente secuestro de carbono de los ecosistemas de manglares a lo largo del límite entre la tierra y el océano.

En efecto, se estima que aproximadamente entre el 30 y el 50% de la materia orgánica en las hojas de manglares es lixiviable, y el material restante está compuesto de polímeros estructurales, celulosa, hemicelulosa y lignina por lo que se ha sugerido que las hojas sumergidas liberan cantidades sustanciales de CO a los cuerpos de agua circundante en un período de tiempo relativamente corto, probablemente en horas (Boto *et al.* y Kristenden *et al.*, citados en González *et al.*, 2024).

Yépez (2021) sostienen que si bien el área colonizada por el *Conocarpus erectus* es la que presenta niveles más bajos de salinidad en el suelo, con una media estimada de 0,573 dS/m, esta especie se ubica generalmente bajo concentraciones de salinidad altas que van de 0 a 0,0009 dS/m, con tolerancia hasta 0,00012 dS/m, Por lo que posiblemente, tales niveles de salinidad estén generando estrés hídrico, e induzca a la planta a liberar parte de sus hojas. Por su parte, Camacho (2022) reporta para el golfo de México, valores entre 0,56 a 2,85 Mg/ha⁻¹, y Martínez *et al.* (2014), reportaron para el Caribe colombiano, un promedio de 0,00043 Mg/ha⁻¹.

4.5 Carbono orgánico total (COT) en el manglar

Sitoe *et al.* (2014) señalan que en el manglar de la Bay de Sofala ubicada en Mozambique, el almacenamiento total promedio de carbono fue de 218,5 Mg/ha⁻¹, de los cuales alrededor del 73 % se almacena en el suelo.

Tal distribución guarda correspondencia con lo sustentado por Kauffman *et al.* (2013) quienes advierten que el suelo es el componente de mayor efectividad en el secuestro de carbono en los ecosistemas de manglares, el carbono en la biomasa subterránea, suele ser inferior que, en la biomasa aérea y la hojarasca, constituye el componente de menor aporte de carbono a la reserva.

Vinod *et al.* (2019), estiman para una franja de manglar de 900 ha, en el humedal de Thalassery de la India, un stock total de carbono de 153,64 Mg/ha⁻¹, por lo que asumen que este manglar tiene el potencial de secuestrar y almacenar aproximadamente 138276 Mg, por lo que consideran que es imperativo que los hábitats de manglares se restauren y protejan como medida de mitigación a los desafíos que presenta el calentamiento global.

Trissanti *et al.* (2022), precisan para el manglar emplazado en la aldea de Pusakajaya Utara en Indonesia, con un área 39,62 ha, una reserva de carbono total estimado de 1264,67 Mg/ha⁻¹. Calderón *et al.* (2025) estiman para el manglar emplazado en el tramo central de la costa venezolana, específicamente en los Totumos, una reserva de 32,14 Mg/ha⁻¹.

La cuantificación del carbono orgánico en distintos manglares, deja en evidencia que su acumulación está vinculada al desarrollo estructural del bosque, las especies dominantes, las condiciones geomorfológicas y edáficas, entre otras, Para el caso de la zona de estudio, el valor estimado se ubica en el rango de lo reportado por la literatura: similar a lo estimado para el delta del río Unare en Venezuela y laguna Grande en México, pero con un potencial inferior al referido para áreas de mayor complejidad ecosistémica.

4.6 CO₂ equivalente

El valor estimado de CO₂ equivalente, para el bosque de manglar emplazado en el sector la

Boca de la laguna de Tacarigua, se aproxima a los 54189 Mg reportado para el delta del río Unare (Calderón, 2021) y los 63197 del sector de Baja California (Ochoa, 2019).

5. Conclusiones

Al término de la investigación y en correspondencia con el propósito declarado, se presentan las siguientes conclusiones sobre el manglar emplazado en el sector la Boca de la laguna de Tacarigua, considerando las condiciones del área de estudio, durante el período de precipitaciones:

- El manglar se encuentra actualmente en estado de evolución intermedio, con potencialidad en sus diversos componentes para el secuestro del carbono orgánico;
- El contenido de carbono en suelo es de 21,11 Mg/ha⁻¹ con diferencias significativas reconocidas, según la especie dominante en superficie: la zona dominada por *Avicennia germinans* presentó mayor contenido de CO en el suelo, que la dominada por *Conocarpus erectus*;
- El carbono orgánico promedio estimado para la biomasa aérea fue de 11,90 Mg/ha⁻¹ evidenciándose diferencias significativas entre las especies en estudio: la zona dominada por *Avicennia germinans* presentó mayor contenido de CO en la biomasa aérea, que la dominada por *Conocarpus erectus*;
- Para el carbono de la biomasa subterránea se cuantifico un promedio de 7,26 Mg/ha⁻¹, revelándose diferencias significativas entre las especies colonizantes en estudio: la zona dominada por *Avicennia germinans* presentó mayor contenido de CO en la biomasa subterránea, que la dominada por *Conocarpus erectus*;
- Tales diferencias en el contenido de carbono orgánico por componente del Manglar,

posiblemente respondan a las diferencias en el desarrollo estructural de los manglares, siendo la *Avicennia germinans* la que presenta un mayor desarrollo;

- En lo que respecta al carbono en la hojarasca, se cuantifico una concentración promedio de carbono en la hojarasca de 0,001 Mg/ha⁻¹, con diferencias significativas entre las especies colonizantes en estudio: la zona dominada por *Conocarpus erectus* presentó mayor contenido de CO en la hojarasca, que la dominada por *Avicennia germinans*, Esto posiblemente se deba a la respuesta fisiológica del *Conocarpus erectus* a las condiciones de salinidad del suelo sobre el cual se desarrolla;
- Se estima que, en general, el área muestreada presenta una reserva de carbono de aproximadamente 40,276 Mg/ha⁻¹, lo que permite estimar para el manglar emplazado en el sector la Boca una reserva de 9626 C Mg/ha⁻¹ y para el Parque Nacional 161104 C Mg/ha⁻¹. En relación con la estimación para el Parque Nacional, se reconoce como limitante el no muestrear las áreas colonizadas por otras especies como *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*, cuyas potencialidades forestales en la captura de carbono orgánico, pudiesen incidir en el promedio estimado;
- Se puede afirmar que el manglar emplazado en la laguna de Tacarigua, pese al nivel de intervención antropogénica que le afecta en la actualidad, contribuye con el equilibrio del sistema climático, al almacenar 40.28 Mg/ha⁻¹ de carbono, lo que equivale a 35327.43 CO₂ e/Mg para el sector la Boca, y 591254.12 CO₂ e/Mg para toda el área cubierta por manglar.

6. Referencias citadas

- AHALYA, A. & J. PARK. 2019. "Blue Carbon Stock of Mangrove Ecosystems". *International Journal of Science and Research*, 8(2): 1-5. Disponible en: <https://www.researchgate.net > 3...> . [Consulta: abril, 2022].
- ALONGI, D. 2020. "Global significance of mangrove blue carbon in climate change mitigation". *Sci Journal*, 2(3): 67. Disponible en: DOI:[10.3390/sci2030067](https://doi.org/10.3390/sci2030067). [Consulta: abril, 2022].
- AGRAZ, C.; CHAN, C.; CHÁVEZ, J.; OSTI, J.; EXPÓSITO, G.; ALONSO, V.; ... y E. RIVERA. 2020. "Reserva de carbono en un ecosistema de manglar al norte de Mexico: cambios ambientales durante 35 años". *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 30(1). Disponible en: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.2910>. [Consulta: febrero, 2021].
- ARIYANTO, D. & D. PRINGGENIES. 2024. "Carbon sequestration rate in sediment mangroves from natural and rehabilitated mangroves". *Global Journal of Environmental Science and Management*, Disponible en: <https://doi.org/10.22034/gjesm.2024.04.27>. [Consulta: abril, 2022].
- ASHFORD, O.; BONOTTO, E.; CIFUENTES-JARA, M.; GLASS, L.; HOWARD, J.; LANDIS, E.; ... & T. THIELE. 2023. *The blue carbon handbook. Blue carbon as a nature-based solution for climate action and sustainable development*. High level panel for A sustainable ocean economy. Disponible en: DOI:[10.69902/566a16de](https://doi.org/10.69902/566a16de). [Consulta: abril, 2022].
- ATWOOD, T.; CONNOLLY, R.; ALMAHASHEER, H.; CARNELL, P.; DUARTE, C.; EWERS, C.; ... & E. LOVELOCK. 2017. "Global patterns in mangrove soil carbon stocks and losses". *Nature Climate Change*, Disponible en: <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE3326>. [Consulta: marzo, 2022].
- BOLÍVAR, A.; CAMACHO, C.; ORDÓÑEZ, N.; GUTIÉRREZ, J.; ÁLVAREZ, G.; GUEVARA, M.; ... y R. VARGAS. 2019. "Estimación de carbono orgánico del suelo en Colombia, una herramienta de gestión del territorio". *Ecosistemas*, 30(1). Disponible en: <https://doi.org/10.7818/ECOS.2019>. [Consulta: junio, 2023].
- BOUILLON, S.; RIVERA, V.; TWILLEY, R. & J. KAIRO. 2009. "Mangroves". En: D. LAFFOLEY y G. GRIMSDITCH (Comp.), *The Management of Natural Coastal Carbon Sinks*. International Union for Conservation on of Nature and Natural Resources. Disponible en: <https://portals.iucn.org/>. [Consulta: junio, 2021].
- CAAMAL, J. 2012. *Almacenes de Carbono en Diferentes tipos ecológicos de Manglares en un escenario cárstico*. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Recursos del Mar. Yucatán, México. Trabajo de Grado en Ciencias especialidad de Biología Marina.
- CALDERÓN, R. 2021. *Cuantificación de la reserva de carbono total y dióxido de carbono equivalente en el bosque monoespecífico de Avicennia germinans ubicado en el delta del rio Unare, estado Anzoátegui Venezuela*. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Instituto Pedagógico de Caracas. Caracas, Venezuela. Trabajo de Grado (Inédito).

- CALDERÓN, R.; NÚÑEZ, F.; UGAS, M.; YÉPEZ, G. y F. RIVAS. 2025. "Carbono orgánico del suelo colonizado por *Avicennia germinans* (L.) L en el sector Los Totumos, Miranda, Venezuela." *Revista Geográfica de América Central*, 1(74): 137-152. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.74-1.5>. [Consulta: abril, 2025].
- CAMACHO, A.; HERRERA, J.; CAAMAL, J. y C. TEUTLI. 2022. "Influencia de la salinidad en el almacén y flujos de carbono en manglares de franja de una zona cárstica". *Madera y Bosque*, 27(4): n[umero especial. Disponible en: <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2742426>. [Consulta: octubre, 2023].
- CHOUDHARY, B.; DHAR, V. & A. PAWASE. 2024. "Blue carbon and the role of mangroves in carbon sequestration: Its mechanisms, estimation, human impacts and conservation strategies for economic incentives". *Journal of Sea Research*, 199. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seares.2024.102504>. [Consulta: enero, 2025].
- DECRETO SOBRE LA DECLARACIÓN DEL PARQUE NACIONAL LAGUNA DE TACARIGUA (Decreto N°1607). 1974). Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 30.337 (Extraordinario), Febrero 22, 1974.
- DEWIYANTI, I.; KHAIRINA, K. y S. EL RAHIMI. 2024. Carbon stock estimation of mangrove ecosystem in the Kuta Raja Subdistrict, Banda Aceh, Aceh Province. *BIO Web of Conferences. ICFAES*. 87. Disponible en: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248702008>. [Consulta: febrero, 2025].
- DONATO, D.; KAUFFMAN, J.; MURDIYARSO, D.; KURNIANTO, S.; STIDHAM, M. & M. KANNINEN. 2011. "Mangroves among the most carbon rich forests in the tropics". *Nature Geoscience*, 4: 293-297. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/ngeo1123>. [Consulta: enero, 2020].
- ERNAWATI, N.; ASTARINI, I.; SUARNA, I.; AS-SYAKUR, A.; PERWIRA, I.; KRISNA, A. & I. SUGIANA. 2024. "Comparison of Soil Carbon-Nitrogen Ratio at Two Different Mangrove Ecosystem in Bali, Indonesia". *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 25(7): 343-354. Disponible en: <https://doi.org/10.12912/27197050/188738>. [Consulta: abril, 2025].
- FARHABY, A.; SAPRIYAD; HENRY & M. ARIZONA. 2023. Analysis of mangrove litter production and carbon stock in Sukamandi Village, Belitung Timor Regency. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1267/1/012061>. [Consulta: enero, 2025].
- FERREIRA, T.; OTERO, X.; VIDAL, P & F. MACÍAS. 2006. "Are mangrove forest substrates sediments or soils? A case study in southeastern Brazil". *Catena*, 70: 79-91. Disponible en: DOI:10.1016/J.CATENA.2006.07.006. [Consulta: enero, 2025].
- FRIESS, D.; KRAUS, K.; TAILLARDAT, P.; ADAME, M.; YANDO, E.; CAMERON, C; ... & M. SILLANPAA. 2020. "Mangrove blue carbon in the face of deforestation, climate change, and restoration". *Annual Plant Reviews Online*, 3(3). Disponible en: <https://doi.org/10.1002/9781119312994.apr075>. [Consulta: abril, 2023].

- GILMAN, E.; ELLISON, N.; DUKE, C. & C. FIELD. 2008. "Threats to mangroves from climate change and adaptation options: A review". *Aquatic Botany*, 89(2): 237-250. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030437700800003X>. [Consulta: enero, 2022].
- GIRI, C.; OCHIENG, E.; TIESZEN, LL.; ZHU, Z.; SINGH, A.; LOVELAND, T.; ... & N. DUKE. 2011. "Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data Global". *Ecology and Biogeography*, 20(1): 154-159. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x>. [Consulta: enero, 2022].
- GONZÁLEZ, F.; ROBLEDO, B.; PÉREZ M.; FLORES, F.; TORRES, J. y M. LÓPEZ. 2024. "Seasonal variation of organic carbon in the urban tropical mangrove estuary El Salado, in Jalisco, Mexico". *International Journal of Environmental Studies*, 81(5): 1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2317636>. [Consulta: abril, 2025].
- GORDILLO, B.; ZACARIAS, C.; RODRÍGUEZ, M. y K. VIDES. 2022. *Análisis del carbono azul contenido en el componente arbóreo de proyectos en los programas de incentivo forestal bajo la modalidad de protección, dentro del ecosistema de manglar de Guatemala (1998-2021)*. Disponible en: <https://www.studocu.com > blue-carbon-mangroves-gt>. [Consulta: enero, 2025].
- GUERRA, J.; GAYOSO, J.; SCHALATTER, J. y R. NESPOLO. 2005. "Análisis de la biomasa de raíces en diferentes tipos de bosques. Avances en la evaluación de Pinus radiata en Chile". *Bosques*, 26(1): 5-21. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002005000100002>. [Consulta: abril, 2022].
- HERRERA, J.; CAMACHO, A.; PECH, E.; PECH, M.; RAMÍREZ, J. Y C. HERNÁNDEZ. 2016. "Dinámica del Carbono (almacenes y flujos) en manglares de México". *Terra Latinoamericana*, (34): 61-72. Disponible: <https://www.terralatinoamericana.org.mx/>. [Consulta: abril, 2022].
- HERRERA, M. 2021. "Estudio correlacional entre la estructura diamétrica del bosque de manglar y las propiedades edáficas del suelo en la desembocadura del río Unare, estado Anzoátegui, Venezuela". Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas, Venezuela.
- HREDOY, R.; ISLAM, M. & M. KAMRUZZAMAN. 2024. "Variation in soil organic carbon with structural composition of mangrove species in the Sundarbans". *Regional Studies in Marine Science*, 77: 103651. Disponible en: DOI:10.1016/j.rsma.2024.103651. [Consulta: abril, 2025].
- INSTITUTO NACIONAL DE PARQUES (INPARQUES). 2011. *Informe retrospectivo sobre los problemas que presenta el Parque Nacional Laguna de Tacarigua*. Disponible en: <http://leyinfogobierno.ucv.ve > ojs > article > view>. [Consulta: abril, 2020].
- ISLAM, M.; SAHA, C. & M. HOSSAN. 2023. "Biomass and carbon stocks in mangrove-afforested areas, central coastal areas of Bangladesh". *Environmental Challenges*, 13. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2023.100784>. [Consulta: enero, 2024].

- JIANXIANG F.; XIAOWEI C.; JIAN Z.; LIMING W.; XIAOSHAN Z. & L. GUANGHUI. 2019. "Effects of exotic and native mangrove forests plantation on soil organic carbon, nitrogen, and phosphorus contents and pools in Leizhou, China", *CATENA*, 180. Disponible en: DOI:[10.1016/j.catena.2019.04.018](https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.04.018). [Consulta: enero, 2024].
- JIMÉNEZ, J. y A. LUGO. 2000. *Avicennia germinans (L.) L. Mangle Prieto. Familia de las Avicennia*. Disponible en: https://rngr.net/publications/at_download/file/PDF.
- KAUFFMAN, J.; DONATO, D. y M. ADAME. 2013. *Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares*. Disponible en: <https://doi.org/10.17528/cifor/004386>. [Consulta: junio, 2018].
- KAUFFMAN, J.; ADAME, M.; ARIFANTI, V.; SCHILE-BEERS, L.; BERNARDINO, A.; RHOMIA, R.; ... & H. HERNÁNDEZ. 2020. "Total ecosystem carbon stocks of mangroves across broad global environmental and physical gradients". *Ecological Monographs*, 90(2): e01405. Disponible en: DOI:[10.1002/ecm.1405](https://doi.org/10.1002/ecm.1405). [Consulta: enero, 2022].
- KIDA, M. & N. FUJITAKE. 2020. "Organic Carbon Stabilization Mechanisms in Mangrove Soils: A Review". *Forests*, 11(9). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/f11090981>. [Consulta: enero, 2024].
- KOMIYAMA, A.; POUNGPARN, S. & S. KATO. 2005. "Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves". *Journal of Tropical Ecology*, 21: 471–477. Disponible en: DOI:[10.1017/S0266467405002476](https://doi.org/10.1017/S0266467405002476). [Consulta: enero, 2020].
- LIU, T.; LIU, S.; WU, B.; XU, H. & H. ZHANG. 2020. "Increase of organic carbon burial response to mangrove expansion in the Nanliu River estuary, South China Sea". *Progress in Earth and Planetary Science*, 7(71). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40645-020-00387-3>. [Consulta: enero, 2024].
- MACDICKEN, K. G. 1997. *A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects*. Winrock International Institute for Agricultural Development. Forest Carbon Monitoring Program. Virginia, USA. Disponible en: <https://www.researchgate.net/post/download>. [Consulta: enero, 2024].
- MALAVER, N.; RODRÍGUEZ, M. y V. AGUILAR. 2014. "Un diagnóstico de la calidad microbiológica del agua de la laguna de Tacarigua, estado Miranda, Venezuela". *Acta Biol. Venez.*, 34(2): 203-226. Disponible en: https://saber.ucv.ve/ojs/index.php/revista_abv/article/view/9301. [Consulta: enero, 2022].
- MAMIDALA, H.; GANGULY, D.; PURVAJA, R.; SINGH, G.; DAS, S.; RAO, M.; YS, A.; ARUMUGAN, K. & R. RAMESH. 2022. "Interspecific variations in leaf litter decomposition and nutrient release tropical mangroves" *Journal of Environmental Management*. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116902>. [Consulta: enero, 2023].
- MARTÍNEZ, A.; PLAZA, C. y G. GUEVARA. 2014. "Aporte de hojarasca del mangle negro (*Avicennia germinans* L.) en el Caribe colombiano". *Luna azul*, (38): 218-230. Disponible en: DOI:[10.17151/luaz.2014.38.13](https://doi.org/10.17151/luaz.2014.38.13). [Consulta: enero, 2022].

- MATSUI, N.; MEEPOL, W. & J. CHUKWAMDEE. 2015. "Soil organic carbon in mangrove ecosystems with different and sedimentological conditions". *Journal of Marine Science and Engineering*, 3(4): 1.404-1.424. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/jmse3041404>. [Consulta: enero, 2022].
- MENG, Y.; BAI, J.; GOU, R.; CUI, X.; FENG, J.; DAI, Z; ... & G. LING. 2021. "Relationships between above- and below-ground carbon stocks in mangrove forests facilitate better estimation of total mangrove blue carbon". *Carbon Balance and Management*, 16(8). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13021-021-00172-9>. [Consulta: enero, 2022].
- MULAYA, M. & H. ARLEN. 2018. "Production of litter and detritus related to the density of mangrove". *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 130. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/130/1/012033>. [Consulta: enero, 2022].
- NÚÑEZ, F. y M. UGAS. 2018. "Caracterización fisionómica del manglar de *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus* emplazado en la Laguna de Unare, Venezuela". *Terra-Nueva Etapa*, 34(55): 193-218. Disponible en: https://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_terr/issue/view/1804. [Consulta: enero, 2022].
- NÚÑEZ, F., UGAS, M., CALDERÓN, R. y F. RIVAS. 2021. "Cuantificación del carbono orgánico y materia orgánica en suelos no rizosféricos o cubiertos por *Avicennia germinans* (L.) y *Conocarpus erectus* (L.) emplazados en Boca de Uchire, laguna de Unare, Estado de Anzoátegui, Venezuela". *Revista Geográfica de América Central*, 1(66): 371-398. Disponible en: <https://doi.org/10.15359/rgac.66-1.13>. [Consulta: abril, 2022]
- OCHOA, J. 2019. *Dinámica del Carbono Orgánico en manglares de zonas áridas del Sureste del Golfo de California*. Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste, S.C. Mexico. Tesis Doctoral. (Inédito).
- SÁNCHEZ, H.; ÁLVAREZ, R.; PINTO, F.; SÁNCHEZ, A.; PINO, J.; GARCÍA, I. y M. ACOSTA. 1997. "Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Caribe de Colombia" En: H. SANCHEZ/PAEZ y R. ALVAREZ-LEON (eds.), *Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y el Desarrollo de los Manglares en Colombia*. Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://surl.li/vspalf>. [Consulta: abril, 2021].
- SANTOS, D.; ESTRADA, G.; FERNANDEZ, V.; ESTEVAM, M.; DE SOUZA, B. y M. SOARES. 2017. "First Assessment of Carbon Stock in the Belowground Biomass of Brazilian Mangroves". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89(3): 1.579-1.589. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160496>. [Consulta: enero, 2021].
- SAVARI, A.; KHALEGHI, M.; SAFAHIEH, A.; HAMIDIAN, M. & S. GHAEMMAGHAMI. 2020. "Estimation of biomass, carbon stocks and soil sequestration of Gowatr mangrove forests, Gulf of Oman". *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 19. Disponible en: <https://doi:10.22092/IJFS.2020.121484>. [Consulta, enero, 2022].

- SERRATO, R.; ADAME, S.; LÓPEZ, J. y D. FLORES. 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. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5344964>. [Consulta: abril, 2022].
- SITOE, A.; COMISSÁRIO, L. & B. GUEDES. 2014. "Biomass and carbon stocks of Sofala Bay mangrove Forests". *Forests*, 5(8): 1.967-1981. Disponible en: <https://doi:10.3390/f5081967>. [Consulta: enero, 2021].
- SUÁREZ, C. 2016. "Uso y abuso de las lagunas costeras venezolanas". *Revista de Investigación*, 40(87): 053-086. Disponible en: <http://historico.upel.edu.ve:81/revistas/index.php/revinvest/article/view/4313>. [Consulta: abril, 2022].
- TRISSANTI, V.; AMALO, L.; HANDAYANI, L.; NUGROHO, D.; YULIANU, A. & D. MULYANA. 2022. The estimation of biomass and carbon stocks in mangrove forest ecosystem of Karawang Regency, West Java. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. Disponible en: <https://doi:10.1088/1755-1315/1109/1/012099>. [Consulta: abril, 2023].
- UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA y LOS RECURSOS NATURALES. 2021. *Manual para la creación de proyectos de carbono Azul en Europa y el Mediterráneo*. Disponible en: <https://surl.li/uxtstu>. [Consulta: abril, 2022].
- UGAS, M. 2016. *Fisionomía y propiedades edáficas del bosque monoespecífico de Avicennia germinans ubicado en la Península de Chacopata, estado Sucre, Venezuela*. Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas. Venezuela. Trabajo de Grado de Maestría (Inédito).
- VALDÉS, E.; VALDÉS, J.; ORDAZ, M.; GALLARDO, J.; NIETO, J. y C. AYALA. 2011. "Evaluación del carbono orgánico en suelos de los manglares de Nayarit". *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(8): 47-58. Disponible en: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v2i8.540>. [Consulta: abril, 2022].
- VELÁZQUEZ, C.; TOVILLA, C.; ROMERO, E. y A. NAVARRETE. 2019. "Estructura del manglar y su influencia en el almacén de carbono en la Reserva La Encrucijada, Chiapas, México". *Madera y Bosque*, 25(3) . Disponible en: <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2531885>. [Consulta: abril, 2022].
- VINOD, K.; ASOKAN, P.; ZACHARIA P.; ANSAR, C.; VIJAYAN, G.; ANASUKOYA A.; ... y M. NIKHILJITH. 2019. "Assessment of biomass and carbon stocks in mangroves of Thalassery estuarine wetland of Kerala, Southwest coast of India". *Journal of Coastal Research*, 86(1): 209-217. Disponible en: DOI:10.2112/SI86-031.1. [Consulta: abril, 2022].
- WALKLEY, A. & A. BLACK. 1934. "An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method". *Soil Sci.*, 37: 29-38.

- XIAO, Y.; LI, C.; LI, X.; WANG, Y.; SUN, P.; XU, X.; ... & W. XU. 2024. "International mangrove carbon sink research analysis". *Regional Studies in Marine Science*, 77. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2024.103681>. [Consulta: abril, 2025].
- YÁNEZ, P.; ALDAZ, I. y D. BERMEO. 2002. "Producción ex-situ de plántulas de mangle botón (*Conocarpus erectus* L.) en la isla Santa Cruz, Galápagos". *Boletín Fundabotánica*, 10: 9-18. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/237089237>; [Consulta: enero, 2020].
- YEPES, A.; ZAPATA, M.; BOLÍVAR, J.; MONSALVE, A.; ESPINOSA, M.; SIERRA-CORREA, P y A. SIERRA. 2016. "Ecuaciones alométricas de biomasa aérea para la estimación de los contenidos de carbono en manglares del Caribe Colombiano". *Biología Tropical*, 64(2): 913-926. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/449/44945722036.pdf>.
- YÉPEZ, G. 2021. *Análisis comparativo entre los rasgos fisionómicos y las propiedades edáficas de las especies *Avicennia germinans* (L.) y *Conocarpus erectus* (L.) emplazadas en la Laguna de Tacarigua, estado Miranda, Venezuela*. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas, Venezuela. Trabajo de Grado (Maestría, inédito).

Lugar y fecha de finalización del artículo:
Caracas, Venezuela; febrero, 2025

Gentrificación: desarrollo de un modelo predictivo aplicado

en ciudades intermedias de Ecuador

Gentrificação: desenvolvimento de um modelo preditivo aplicado
em cidades intermediárias do Equador

Gentrification: development of a predictive model applied
to medium-sized cities in Ecuador

Boris Orellana Alvear, Natalia Pacurucu y Fernando Pauta Calle

Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Cuenca, provincia de Azuay
Cuenca, Ecuador

boris.orellana@ucuenca.edu.ec; natalia.pacurucu@ucuenca.edu.ec; fernando.pauta@ucuenca.edu.ec

Orellana: <https://orcid.org/0000-0003-2580-8615>

Pacurucu: <https://orcid.org/0000-0002-0375-5295>

Pauta: : <https://orcid.org/0000-0003-0826-6965>

Resumen

La consecuencia de la gentrificación es el desplazamiento forzado de habitantes de bajos ingresos debido al aumento de la plusvalía. Este fenómeno se origina por la inversión inmobiliaria o políticas de regeneración urbana en barrios deteriorados que comúnmente han logrado conservar históricamente su constructo social y sus características paisajísticas. Esta investigación se enfocó en tres ciudades del Ecuador: Cuenca, Manta e Ibarra, que representan la escala de intermediación del país. Se propone un modelo predictivo para la detección temprana de la gentrificación en estas ciudades, utilizando datos censales de 2001 y 2010. El modelo analiza la variación de indicadores intercensales a nivel de sector censal a partir de la correlación de variables censales con la finalidad de encontrar la presión del fenómeno.

La aplicación del modelo reveló diferentes niveles y patrones de presión en las tres ciudades que responden a su dinámica social, geográfica y económica, pero con características significativamente similares en cuanto a los cambios demográficos.

PALABRAS CLAVE: desplazamiento de personas; inversión inmobiliaria; ordenamiento territorial, data censal.

Resumo

A consequência da gentrificação é o deslocamento forçado de habitantes de baixa renda devido ao aumento do valor imobiliário. Esse fenômeno tem origem nos investimentos imobiliários ou nas políticas de regeneração urbana em bairros deteriorados que, historicamente, conseguiram preservar sua estrutura social e suas características paisagísticas. Esta pesquisa se concentra em três cidades do Equador: Cuenca, Manta e Ibarra, que representam a escala de intermediação do país. Propõe-se um modelo preditivo para a detecção precoce da gentrificação nessas cidades, utilizando dados censitários de 2001 e 2010. O modelo analisa a variação dos indicadores intercensitários ao nível do setor censitário a partir da correlação de variáveis censitárias, com o objetivo de encontrar a pressão do fenômeno.

A aplicação do modelo revelou diferentes níveis e padrões de pressão nas três cidades, que respondem à sua dinâmica social, geográfica e econômica, mas com características significativamente semelhantes em termos de mudanças demográficas.

PALAVRAS-CHAVE: deslocamento de pessoas; investimento imobiliário; ordenamento territorial, dados censitários

Abstract

The consequence of gentrification is the forced displacement of low-income residents due to the increase in property value. This phenomenon arises from real estate investment or urban regeneration policies in deteriorated neighborhoods that have historically managed to preserve their social fabric and landscape characteristics. This research focuses on three cities in Ecuador: Cuenca, Manta, and Ibarra, which represent the country's intermediate scale. A predictive model is proposed for the early detection of gentrification in these cities, using census data from 2001 and 2010. The model analyzes the variation of intercensal indicators at the census sector level based on the correlation of census variables, with the purpose of identifying the pressure of the phenomenon.

The application of the model revealed different levels and patterns of pressure in the three cities, reflecting their social, geographic, and economic dynamics, but with significantly similar characteristics in terms of demographic changes.

KEYWORDS: movement of people; real estate investment; land use planning, census data.

1. Introducción

El término 'gentrificación' fue acuñado por Ruth Glass en 1964 para describir las transformaciones urbanas en Londres, caracterizadas por la llegada de residentes de mayores ingresos y el consecuente desplazamiento de la clase trabajadora (Lees, 2008). Desde entonces, el concepto ha evolucionado y se ha aplicado a diversos contextos urbanos a nivel mundial, trascendiendo la mera renovación física para implicar profundas alteraciones en la estructura socioeconómica de los barrios. La gentrificación, entendida en su esencia como el desplazamiento forzado que sufren los habitantes de bajos ingresos debido al incremento de la plusvalía del sector de sus residencias, ya sea por inversión del sector inmobiliario o por políticas públicas orientadas a regenerar o rehabilitar su barrio, es un fenómeno de creciente preocupación a nivel global (Harvey, 2013). El aumento del valor de los arriendos y el costo de vida excluye a sectores menos favorecidos, reemplazándolos por uno de mayores ingresos, provocando la pérdida del tejido social originario y conduciendo a una reestructuración social y económicamente excluyente (Janoschka, 2016).

Comprender la gentrificación requiere examinar conceptos como la brecha social generada por el valor del suelo, el derecho a la ciudad, el papel del barrio como capital social y cultural, la segregación espacial, la desigualdad de clases, la globalización, el capitalismo y la reestructuración urbana (Lerena-Rongvaux, 2023).

Las distintas investigaciones que se desarrollan alrededor de la gentrificación se han realizado predominantemente en ciudades de gran tamaño debido especialmente a la disponibilidad de información, la visibilidad del fenómeno y el interés sobre estas (Lees, 2000). Como resultado, se han encontrado niveles de gentrificación avanzados y consolidados en estos contextos metropolitanos como New York, París, Londres, Santiago de Chile, Buenos Aires, etc. No obstante, las ciudades de menor jerarquía, como las ciudades intermedias, también están comenzando a sufrir los problemas del fenómeno gentrificador (Pérez-Villalón *et al.*, 2023). Estas

ciudades, que actúan como nodos equilibrantes del territorio y presentan una mayor viabilidad para soluciones debido a su tamaño y redes (López-Morales *et al.*, 2019), requieren una atención específica ante los efectos de la gentrificación, dirigiendo esfuerzos principalmente a prevenir la extensión de los límites urbanos, detener la metropolización, evitar la degradación social y reforzar la relación urbano-rural (Smith, 1991).

Ante este escenario, este trabajo propone el desarrollo y la aplicación de un modelo predictivo para la detección temprana de la gentrificación en las ciudades intermedias del Ecuador, con el objetivo de generar insumos para la toma de decisiones en el ordenamiento territorial (Orellana-Alvear y Calle-Jiménez, 2021a). Este modelo se basa en la construcción de una metodología que permita medir el nivel de presión del fenómeno gentrificador a partir de la correlación de las variables de la data censal de los años 2001 y 2010 disponible en el Ecuador, teniendo como unidad de análisis el sector censal. El producto final tiene como finalidad cubrir el vacío existente en cuanto al análisis del fenómeno al interior de los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) en las ciudades intermedias del Ecuador (Zambrano *et al.*, 2021).

La falta de análisis de la gentrificación en los PDOT limita el conocimiento de la realidad de los ámbitos espaciales de dichos instrumentos y la eficiencia de sus determinaciones (Orellana-Alvear y Calle-Jiménez, 2021b). Por lo tanto, resulta pertinente su análisis, requiriendo la extracción y ajuste de herramientas tecnológicas implementadas en investigaciones precedentes que han logrado comparar distintos enfoques para medir la gentrificación y el desplazamiento por medio de datos cuantitativos y cualitativos (Orellana-Alvear *et al.*, 2024).

La investigación se enfoca en las ciudades intermedias del Ecuador, entendidas como centros urbanos que se encuentran en un punto intermedio entre las grandes metrópolis y las pequeñas ciudades (Orellana-Alvear, 2024). Estas ciudades suelen tener una población y una

economía significativas, pero son más pequeñas que las principales capitales regionales, desempeñando un rol principal en la conexión de las distintas regiones rurales y las metrópolis. La determinación de las ciudades intermedias consideró criterios como el tamaño de la población, la importancia económica, la función administrativa, la ubicación geográfica estratégica y el nivel de desarrollo urbano (Orellana-Alvear *et al*, 2024). Tras un análisis exhaustivo, se seleccionaron Cuenca, Manta e Ibarra como casos de estudio representativos de las diferentes tipologías de ciudades intermedias en el Ecuador.

Cuenca fue seleccionada como caso de estudio de las ciudades intermedias del centro-sur del Ecuador. El análisis comparativo de resultados revela que Cuenca presenta una velocidad de gentrificación mayor que Ibarra. Se observa que las categorías referidas a la dimensión económica son las que experimentan mayor presión en Cuenca, lo que se interpreta como un desarrollo orientado hacia mejores condiciones de empleabilidad. Sin embargo, también se nota una disminución en la procedencia multicultural, un problema comúnmente asociado a la gentrificación a nivel mundial.

Manta fue elegida como un ejemplo de ciudad intermedia portuaria. Dentro de Manta, se identificó que el sector central mantiene niveles de presión constantes, lo que sugiere un desarrollo más equilibrado en esta zona de la ciudad. Por otro lado, las áreas periurbanas experimentan niveles de gentrificación más elevados. La revisión *in situ* reveló una inversión a pequeña escala y progresiva por parte de los habitantes de la periferia en sus propiedades.

Ibarra representa a las ciudades intermedias del centro-norte del país. De los tres casos estudiados, Ibarra presenta los menores efectos de presión en las categorías e indicadores de gentrificación. Se observa que el proceso de gentrificación en Ibarra se desarrolla alrededor de un eje vial principal y en el centro histórico. La ciudad muestra niveles de presión más bajos que Cuenca y Manta, con cambios visuales más atenuados y disponibilidad de suelo sin construir.

Además de su representatividad por categoría de intermediación, la selección de estas tres ciudades también se fundamentó en la disponibilidad de datos censales suficientes para los años 2001 y 2010, los cuales son la base para el análisis de la gentrificación.

2. Metodología

La metodología empleada se basa en un enfoque cuantitativo que integra datos censales, fotografías históricas y análisis estadísticos para identificar y predecir el fenómeno de la gentrificación (Orellana-Alvear *et al*, 2024). Se seleccionaron dos censos: 2001 y 2010, proporcionados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) de Ecuador. Estos censos ofrecen información detallada sobre la composición de la población, niveles de educación, ingresos, condiciones de empleo y tenencia de la vivienda.

Una parte fundamental de la metodología es la correlación de variables demográficas y económicas a nivel de manzana, que es la unidad mínima de análisis en este estudio. Se desarrollaron indicadores que reflejan cambios significativos en la composición del vecindario, tales como el valor de las propiedades, los niveles de ingresos, la composición familiar y las tasas de empleo y desempleo. Estos indicadores permiten establecer un panorama claro de cómo la gentrificación está afectando al área de estudio.

Para medir el grado de gentrificación en cada manzana, se construyeron índices compuestos que integran múltiples indicadores. Estos índices se calcularon utilizando técnicas estadísticas, incluyendo el análisis de regresión y el análisis espacial. Estas herramientas permiten identificar áreas con alta probabilidad de ser gentrificadas, proporcionando una base sólida para la interpretación de los datos. Además, se incorporó un análisis intercensal que evalúa la variación de los indicadores entre los diferentes censos. Este enfoque permite identificar tendencias a largo plazo y prever cambios en la dinámica urbana, lo que resulta esencial para entender el fenómeno de la gentrificación en su totalidad.

Para la validación de los resultados, se realizó un análisis histórico que contrasta los datos

censales con las fotografías históricas y otros estudios previos sobre gentrificación en contextos similares. Esta validación asegura la fiabilidad de los hallazgos y proporciona un marco sólido para la interpretación de los datos. Al comparar los datos cuantitativos con la evidencia visual, se logra una comprensión más profunda de cómo ha evolucionado el paisaje urbano de las ciudades y cómo estas transformaciones han impactado a la población local.

Además, se utilizó software de sistemas de información geográfica (SIG) para visualizar y analizar espacialmente los datos recopilados. Esta herramienta permite representar gráficamente las áreas propensas a la gentrificación y facilita la identificación de patrones y tendencias. La capacidad de superponer diferentes capas de información geográfica es fundamental para entender cómo las variables demográficas, económicas y sociales interactúan en el espacio urbano. A través del SIG, se pueden identificar áreas críticas donde la gentrificación es más evidente y donde se requiere atención inmediata

por parte de los responsables de la toma de decisiones.

El análisis de la gentrificación no se limita a la identificación de cambios físicos en el entorno construido, sino que también se enfoca en las transformaciones sociales que acompañan a estos cambios. A medida que se desarrollan nuevas inversiones y se atraen residentes de mayores ingresos, las comunidades originales pueden verse desplazadas, lo que altera el tejido social del vecindario. Por lo tanto, es vital considerar no solo los datos económicos, sino también las experiencias y percepciones de los residentes locales sobre el cambio en su entorno (Orellana-Alvear y Calle-Jiménez, 2021a). El modelo predictivo se construyó a partir de la correlación de variables censales seleccionadas por su relevancia teórica y empírica en el estudio de la gentrificación. La selección de estas variables se basó en dimensiones identificadas en la revisión de literatura y se organizaron en categorías e indicadores (TABLA 1).

TABLA 1. Dimensiones, subdimensiones, categorías e indicadores de la gentrificación.

Fuente: elaboración propia

DIMENSIÓN	Subdimensión		Categoría	Indicador
SOCIAL	S1 = Educación	S1a	Acceso a la Educación	Acceso regular a establecimientos de educación por nivel
		S1b	Nivel Superior de Educación	Título obtenido por finalización de nivel de estudio
	S2 = Salud	S2a	Cuenta con Seguro Social	Seguro social, Seguro Campesino, Seguro Policial o similares
		S2b	Acceso a Jubilación	Haber accedido a la jubilación por seguro social
	S3 = Diversidad	S3a	Sin diversidad étnica	Autoidentificación étnica mestiza o blanca
		S3b	Sin procedencia multicultural	Sin procedencia consanguínea aborígen

Continuación tabla 1

DEMOGRÁFICA	D1 = Densidad	D1a	Densidad mayor a la media	Relación número de personas, hogares, viviendas por manzana
		D1b	Viviendas no habitadas	Viviendas ocupadas, desocupadas, o en construcción
	D2 = Migración	D2a	Inmigración	Inmigración por país, provincia, parroquia rural
		D2b	Emigración	Emigración interna y externa
	D3= Estructura	D3a	Jefes de hogar en pareja	Proporción de integrantes de familia en pareja
		D3b	Relación adultos / jóvenes	Estratificación por edad, con mayoría de adultos
ECONÓMICA	E1 = Bienes	E1a	Vivienda Propia	Propietarios de vivienda en relación a los arrendatarios
		E1b	Espacio disponible en vivienda	Habitaciones disponibles por vivienda
	E2 = Servicios	E2a	Telecomunicaciones	Telefonía - internet
		E2b	Hogares con empleados	Empleados domésticos en hogares
	E3= Empleo	E3a	Nivel Ocupacional	Puesto laboral por categoría
		E3b	Condición de Empleo	Niveles de desempleo

Para cada indicador y manzana, se calculó el porcentaje de variación entre los censos de 2001 y 2010. Posteriormente, se determinó la media aritmética y la desviación estándar de la variación para cada indicador en cada ciudad. Se identificaron las manzanas, cuyos valores se encontraban fuera de la desviación estándar, asignándoles un valor de +1 si la diferencia era positiva (indicando presión positiva para la gentrificación) y -1 si era negativa (indicando presión negativa o ausencia de presión).

Finalmente, se sumaron los valores de presión para cada dimensión y para el conjunto de indicadores, permitiendo estratificar las manzanas en función del grado de presión del fenómeno gentrificador. Se utilizaron sistemas de información geográfica (SIG) para la visualización espacial de los resultados. En la [TABLA 2](#) se puede observar el análisis de porcentaje de variación de la variable S2a de los años 2001 y 2010 por manzana censal.

TABLA 2. Análisis de porcentajes. Cuenca: Cuenta con seguro social (S2a). Fuente: elaboración propia

	Cod. Manzana	2001	2010	%Δ	-	+	
1	01015000100101	60,71	50,00	-10,71	0	0	
2	01015000100102	24,14	32,61	8,47	0	0	
3	01015000100103	46,03	56,44	10,40	0	0	
4	01015000100104	38,30	39,66	1,36	0	0	
5	01015000100106	43,75	42,50	-1,25	0	0	
6	01015000100107	50,00	60,00	10,00	0	0	
7	01015000100201	50,00	57,14	7,14	0	0	
8	01015000100202	35,00	60,00	25,00	0	0	
9	01015000100203	16,67	27,78	11,11	0	0	
10	01015000100204	37,50	38,10	0,60	0	0	
...	
3073	01015005300813	42,50	64,44	21,94	0	0	
3074	01015005300814	42,86	51,61	8,76	0	0	
3075	01015005300815	0,00	100,00	100,00	0	0	
3076	01015005300901	38,10	58,06	19,97	0	0	
3077	01015005300902	33,33	67,57	34,23	0	0	
3078	01015005300903	37,50	48,15	10,65	0	0	
3079	01015005300904	53,49	64,52	11,03	0	0	Media Aritmética de la Variación del indicador:
3080	01015005300905	11,43	48,28	36,85	0	1	Desviación Estándar de la Variación del indicador:
3081	01015005300906	56,25	92,86	36,61	0	1	Rango inferior inicia en:
3082	01015005300909	27,27	29,35	2,08	0	0	Rango superior termina en:

3. Resultados

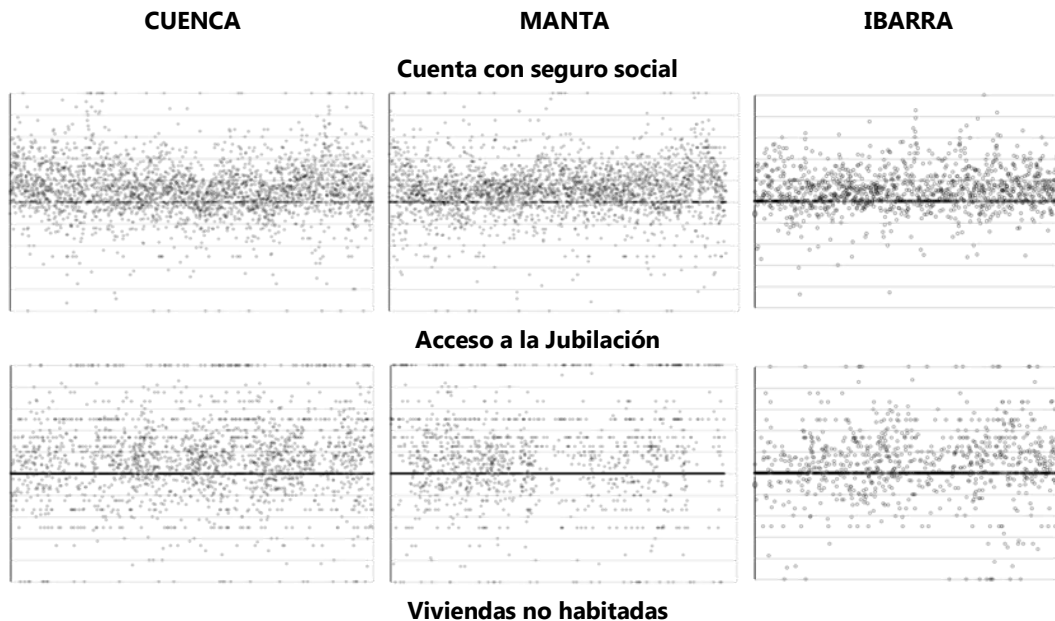
La aplicación del modelo predictivo en las ciudades de Cuenca, Manta e Ibarra arrojó diversos niveles de presión del fenómeno gentrificador en las manzanas analizadas.

En Cuenca, se observó una mayor presión en las dimensiones económicas, particularmente en indicadores relacionados con el nivel ocupacional y la condición de empleo. La procedencia multicultural mostró una disminución, lo cual es consistente con patrones de gentrificación a nivel mundial relacionados con cambios culturales y étnicos. La velocidad de la gentrificación pareció ser más acelerada en Cuenca en comparación con Ibarra. El grado de presión en las manzanas de Cuenca, identificando focos de mayor intensidad.

En Manta, los resultados sugirieron una dinámica diferente, con la presión del fenómeno concentrada en áreas específicas, particularmente en zonas costeras donde se han desarrollado importantes proyectos inmobiliarios. El centro de la ciudad mostró niveles de presión más constantes, mientras que en los periurbanos se apreció una mayor presión,

posiblemente relacionada con la inversión progresiva de los habitantes. La FIGURA 1 presenta algunas dimensiones (Cuenta con seguro social, acceso a la jubilación, viviendas no habitadas, entre otras) en donde se muestra la distribución del grado de presión en cada ciudad. Cada punto en la gráfica representa un sector censal, los que tienen igual comportamiento se aproximan a la media, mientras que los dispersos se encuentran fuera de la desviación estándar.

Esto significa que si la presión de su variación es anómala al comportamiento normal de la ciudad. Por ejemplo, la variable 'cuenta con seguro social' muestra los sectores que están por fuera de la desviación estándar, es decir poseen personas en edad de empleo pleno con seguro social en mayor cantidad que el resto de sectores. Pudiendo ser un componente a tomar en cuenta que evidencia cambios sustanciales enfocados hacia la gentrificación.



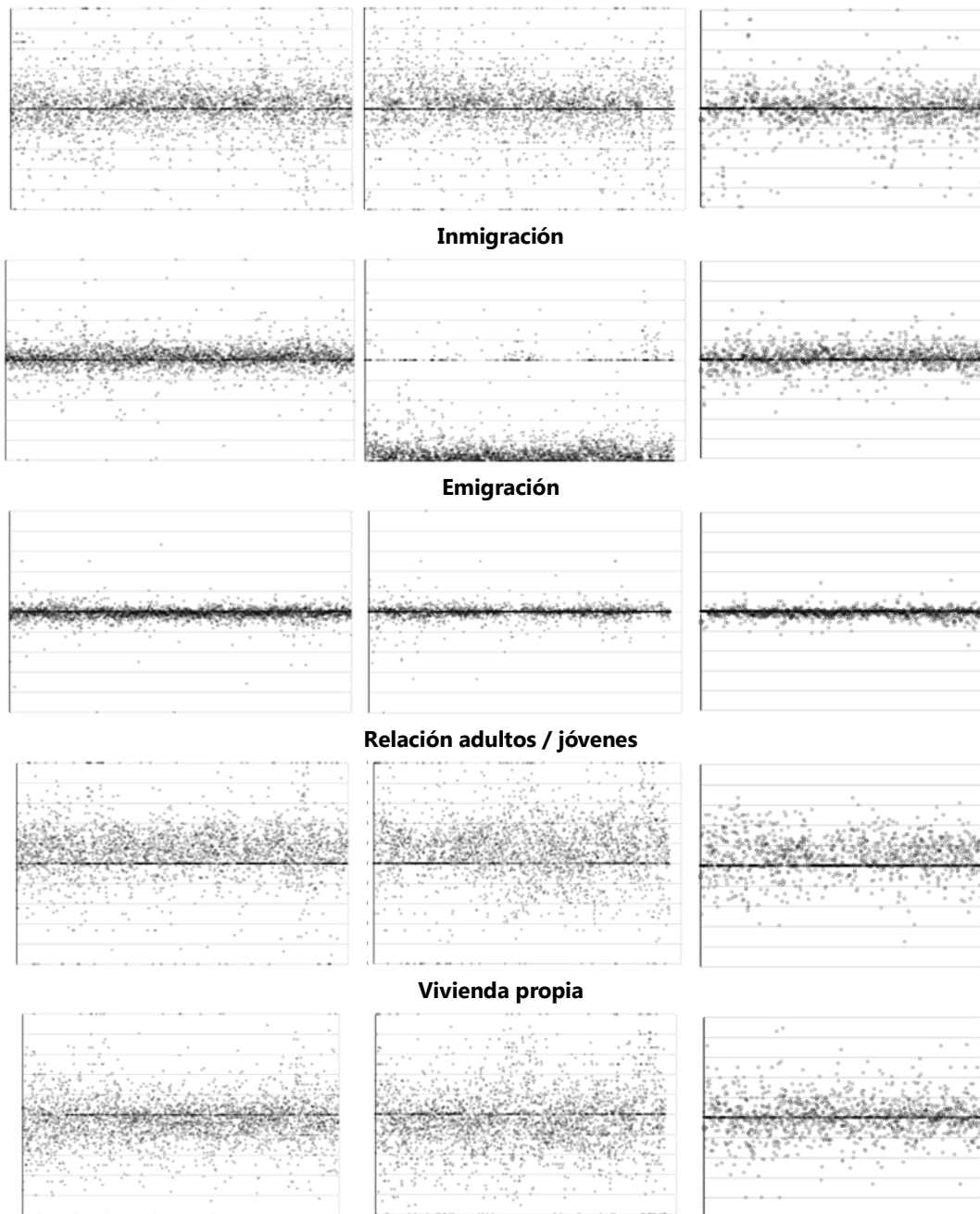
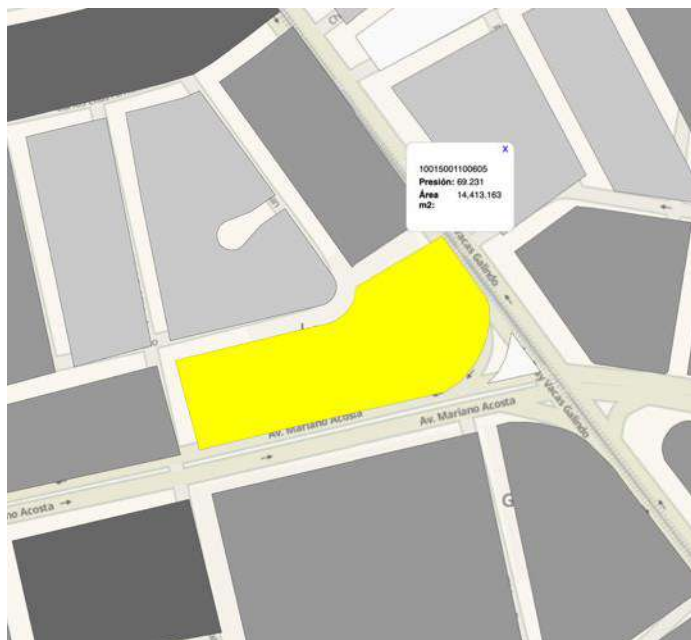


FIGURA 1. Presión del fenómeno gentrificador. Fuente: elaboración propia

La ciudad de Ibarra presentó los menores niveles de presión entre los tres casos de estudio. La presión se identificó principalmente alrededor del eje vial principal y en el centro histórico. La relativa cercanía a la metrópoli de Quito podría influir en una menor presencia de agentes de gentrificación exponencial.

Los resultados encontrados permitieron identificar los sectores censales con cambios significativos que superan el cambio normal de la ciudad considerado dentro de los límites de la desviación estándar para cada caso. En la FIGURA 2, se muestra el análisis a nivel de manzana.

Variable Censal	2001	2010
Viviendas	7	11
Hogares	7	11
Población	29	47
Edad de 5:27	16	19
Personas Estudian	16	18
Edad de 28:97	12	23
Título superior	6	8
Edad de 28:65	12	21
Con Seguro Social	8	11
Edad de 65:97	0	2
Jubilados	0	2
Edad de 1:97	29	44
Mestizos y blancos	29	36
Idioma español	27	44
Viviendas vacías	0	1
Viviendas ocupadas	7	10
Edad de 5:97	28	42
Inmigrantes	0	6
Emigrantes	0	2
Cónyuges en hogar	5	9
Edad de 0:27	17	24
Vivienda propia	5	7
N° Cuartos	26	47
N° Dormitorios	20	28
Con telf. - internet	6	5
Con emp. domésticos	0	0
Ocupación grado 1	3	6
Ocupación grado 4	2	4
Trabajan 40h.	6	16
Desempleados	0	1



2015	https://maps.app.goo.gl/5VTBrtbjmQ3xRSL46	2023	https://maps.app.goo.gl/3C8A9ifaKTd6vxQ56
2014	https://maps.app.goo.gl/DGuvvRhxcbMw4CSR7		

FIGURA 2. Análisis a nivel de Manzana. Fuente: elaboración propia

Este análisis permite examinar la efectividad del modelo. Los cambios del paisaje son consecuentes con los demográficos a lo largo del tiempo, evento que demuestra que la variación significativa en la presión propuesta a futuro recaerá sobre la inversión inmobiliaria expresada en nuevas edificaciones, rehabilitación barrial, equipamientos de comercio masivo.

A diferencia de las metodologías reactivas, este enfoque proactivo facilita el diseño e implementación de políticas públicas orientadas a la protección de grupos vulnerables y a la preservación de la historia e identidad de los barrios.

La aplicación del modelo en ciudades con un valioso patrimonio cultural, como Cuenca, subraya la importancia de equilibrar el desarrollo urbano con la conservación del patrimonio material e inmaterial. La identificación temprana de áreas en riesgo permite una intervención oportuna para proteger el tejido social y cultural amenazado por el proceso de gentrificación.

Si bien la propuesta se enfoca en el contexto ecuatoriano, el modelo y la metodología desarrollada tienen el potencial de ser replicados y adaptados en otras ciudades intermedias de Latinoamérica que comparten desafíos similares relacionados con el rápido crecimiento urbano, la transformación de barrios históricos y la vulnerabilidad de ciertos grupos sociales. La consideración de las especificidades locales y la adaptación del modelo a la disponibilidad de datos en cada contexto serán elementos clave para su efectiva implementación en la región.

Es importante reconocer las limitaciones inherentes al uso de datos censales, cuya periodicidad puede no capturar la dinámica acelerada de los procesos de gentrificación en tiempo real. La combinación con otras fuentes de datos, como información del mercado inmobiliario (obtenida mediante *web scraping*, como se exploró en la tesis), datos de redes sociales y percepciones de los residentes, podría enriquecer el modelo y mejorar su capacidad predictiva.

4. Discusión

El desarrollo de un modelo predictivo de gentrificación adaptado al contexto de las

ciudades intermedias del Ecuador representa un avance significativo en el campo de la planificación territorial. La capacidad de anticipar las áreas en riesgo de gentrificación permite a los gobiernos locales y a los responsables de políticas públicas contar con información precisa y basada en evidencia para la toma de decisiones. A diferencia de las metodologías reactivas, este enfoque proactivo facilita el diseño e implementación de políticas públicas orientadas a la protección de grupos vulnerables y a la preservación de la historia e identidad de los barrios.

Los resultados obtenidos sugieren que el modelo predictivo desarrollado, basado en la correlación de variables censales, puede ser una herramienta útil para la detección temprana de la presión del fenómeno gentrificador en ciudades intermedias del Ecuador. Las diferencias observadas en la intensidad y los patrones de presión entre Cuenca, Manta e Ibarra reflejan las particularidades socioeconómicas y territoriales de cada ciudad.

El modelo presenta limitaciones, principalmente derivadas de la dependencia de los datos censales, los cuales tienen una periodicidad decenal y pueden no capturar la dinámica del fenómeno en períodos intercensales. La falta de información georreferenciada para censos anteriores a 2001 limitó la posibilidad de realizar análisis longitudinales con mayor detalle espacial. Sin embargo, el enfoque metodológico propuesto ofrece una alternativa viable y replicable para la identificación de la presión del fenómeno gentrificador en contextos donde la disponibilidad de información financiera desagregada a nivel barrial es limitada.

La mayor presión en las dimensiones económicas en Cuenca podría estar relacionada con su creciente dinamismo económico y su potencial para convertirse en una metrópoli a mediano plazo. En Manta, la concentración de la presión en áreas costeras subraya el rol de la inversión inmobiliaria ligada al atractivo paisajístico. Los menores niveles de presión en Ibarra podrían indicar una etapa más incipiente del fenómeno, influenciada por su cercanía a Quito.

Es importante reconocer las limitaciones inherentes al uso de datos censales, cuya periodicidad puede no capturar la dinámica acelerada de los procesos de gentrificación en tiempo real. La combinación con otras fuentes de datos, como información del mercado inmobiliario (obtenida mediante *web scraping*, como se exploró en la tesis), datos de redes sociales y percepciones de los residentes, podría enriquecer el modelo y mejorar su capacidad predictiva.

La participación activa de la comunidad en el proceso de identificación de indicadores y en la validación de los resultados del modelo se considera fundamental para asegurar su legitimidad y pertinencia. La socialización de los resultados a través de herramientas accesibles como el *dashboard* interactivo busca empoderar a las comunidades y fomentar la transparencia en la gestión del riesgo de gentrificación.

Finalmente, los hallazgos tienen implicaciones significativas para el ordenamiento territorial en el Ecuador. La detección temprana de la presión del fenómeno gentrificador permite a los gobiernos locales implementar políticas públicas preventivas y correctivas en los PDOT, dirigidas a proteger a las poblaciones vulnerables y mitigar los efectos negativos del desplazamiento. Estas políticas podrían incluir regulaciones de zonificación, incentivos para la vivienda asequible, programas de apoyo para residentes de bajos ingresos y estrategias para preservar el tejido social y la identidad barrial.

5. Conclusiones

Este trabajo ha desarrollado y aplicado un modelo predictivo para la detección temprana de la presión del fenómeno gentrificador en ciudades intermedias del Ecuador, utilizando datos censales de 2001 y 2010. La aplicación del modelo en Cuenca, Manta e Ibarra reveló diferentes niveles y patrones de presión, consistentes con las características particulares de cada ciudad.

La metodología propuesta, además de partir de un proceso amplio de revisión literaria dirigida hacia diversos métodos de definición, medición y predicción del fenómeno propuesto por sendos

investigadores, ha probado con detenimiento diversos enfoques de análisis. Con anterioridad se realizaron investigaciones que integraron análisis de datos censales, SIG y *machine learning* para ofrecer un enfoque proactivo y multidimensional para abordar este complejo fenómeno mediante el entrenamiento de algoritmos basados en redes neuronales. Dicha investigación, en su primer momento, permitió cimentar las dimensiones necesarias para esclarecer los actores y variables necesarias en este segundo momento. Esta metodología si bien resulta más cercana al perfil de los planificadores, no desestima pese a su modelo matemático simplificado, ninguna variable requerida para la identificación plena del fenómeno.

Se encuentra relevante la capacidad de identificar tempranamente las áreas en riesgo de gentrificación permitirá a los tomadores de decisiones diseñar e implementar políticas públicas más efectivas para proteger a las comunidades vulnerables y preservar la riqueza cultural y social de las ciudades intermedias.

La aplicación del modelo en ciudades como Cuenca, Manta e Ibarra demuestra la viabilidad de utilizar datos censales históricos para comprender las dinámicas de la gentrificación a nivel local. La identificación de patrones de cambio y factores de riesgo específicos para cada ciudad proporciona una base sólida para la adaptación y replicabilidad del modelo en otros contextos de ciudades intermedias de la región.

En definitiva, esta investigación subraya la importancia de adoptar enfoques innovadores y basados en evidencia para enfrentar los desafíos de la gentrificación en las ciudades intermedias del Ecuador y de Latinoamérica. La integración de técnicas de análisis avanzado de datos con el conocimiento experto y la participación comunitaria se presenta como una vía prometedora para promover un desarrollo urbano más equitativo, sostenible y respetuoso con la identidad cultural y social de las comunidades.

Futuras líneas de investigación podrían orientarse a la incorporación de las fuentes probadas con anterioridad como la minería de datos, como información catastral actualizada,

datos de plataformas inmobiliarias (utilizando *web scraping*), y estudios cualitativos para complementar y validar los resultados del modelo. Asimismo, se recomienda explorar la aplicación de análisis longitudinales con datos censales futuros y el desarrollo de escenarios predictivos para la planificación urbana a largo

plazo. La implementación de políticas públicas basadas en modelos predictivos como el presentado podría contribuir a un desarrollo urbano más equitativo y sostenible en las ciudades intermedias del Ecuador.

6. Nota

Una versión preliminar se presentó en el VIII Workshop de la Red Iberoamericana de Observación Territorial (RIDOT) y el XIV Simposio Nacional de Desarrollo Urbano y Planificación Territorial, celebrados del 8 al 20 de junio de 2025 en la Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador

7. Referencias citadas

- HARVEY, D. 2013. David Harvey: The right to the city. *Danish Architecture Centre*. Disponible en: <https://davidharvey.org/media/righttothecity.pdf>.
- JANOSCHKA, M. 2016. "Gentrification-displacement-dispossession: Key urban processes in Latin American cities". *Revista INVI*, 31(88): 27-71 Disponible en: <https://doi.org/10.4067/S0718-83582016000300002>.
- LEES, L. 2008. "Gentrification and social mixing: Towards an inclusive urban renaissance?" *Urban Studies*, 45(12): 2.449-2470. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0042098008097099>.
- LEES, L. 2000. "A reappraisal of gentrification: Towards a 'geography of gentrification'". *Progress in Human Geography*, 24(3): 389-408. . Disponible en: <https://doi.org/10.1191/030913200701540483>.
- LERENA-RONGVAUX, N. 2023. "Renewal without gentrification? Towards a critical approach to excluding urban processes in Latin America. Cases in Buenos Aires | ¿Renovación sin gentrificación? Hacia un abordaje crítico de procesos urbanos excluyentes en América Latina. Casos en Buenos Aires". *Eure*, 49(146): 1-22. Disponible en: <https://doi.org/10.7764/eure.49.146.08>.
- LÓPEZ-MORALES, E.; SANHUEZA, C.; ESPINOZA, S. y F. ÓRDENES. 2019. "Real estate verticalization and ground rent valorization due to public infrastructure: An econometric analysis of Greater Santiago, 2008-2011 | Verticalización inmobiliaria y valorización de renta de suelo por infraestructura pública: Un análisis econométrico". *Eure*, 45(136): 113-134. Disponible en: <https://doi.org/10.4067/S0250-71612019000300113>.
- ORELLANA-ALVEAR, B. 2024. "Determinación de las ciudades medias e intermedias del Ecuador". *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 5(1): 3.056-3.089.

- ORELLANA-ALVEAR, B. & T. Calle-Jiménez. 2021a. Analysis of the Gentrification Phenomenon Using GIS to Support Local Government Decision Making. En: T. AHRAM (Ed.), *Advances in Artificial Intelligence, Software and Systems Engineering - Proceedings of the AHFE 2020 Virtual Conferences on Software and Systems Engineering, and Artificial Intelligence and Social Computing* (pp. 348-354) *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 1213 AISC. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-030-51328-3_48.
- ORELLANA-ALVEAR, B. & T. CALLE-JIMÉNEZ. 2021b. Gentrification in Medium-Sized Ecuadorian Cities in the Current Context of Territorial Planning: Literature Review. En: J. CHARYTONOWICZ; A. MACIEJKO, & C. S. FALCÃO (Eds.), *Advances in Human Factors in Architecture, Sustainable Urban Planning and Infrastructure - Proceedings of the AHFE 2021 Virtual Conference on Human Factors in Architecture, Sustainable Urban Planning and Infrastructure, 2021*, pp. 327-336. (Lecture Notes in Networks and Systems; Vol. 272). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-030-80710-8_40.
- ORELLANA-ALVEAR, B.; CALLE-JIMÉNEZ, T. y L. YULÁN. 2024. "Herramientas de apoyo al Ordenamiento Territorial: Propuesta de indicadores de Gentrificación aplicado a ciudades intermedias del Ecuador". *Estudios y Perspectivas*, 4(1): 536-569.
- ORELLANA-ALVEAR, B.; CASTRO, A. O.; CALLE-JIMENEZ, T.; ALVEAR, E. O. & C. P. PEÑALOZA. 2024. "Predicting gentrification in the historic center of a heritage city: case study cuenca – ecuador | predecir la gentrificación en el centro histórico de una ciudad patrimonio: caso de estudio cuenca-ecuador". *Devenir (Peru)*, 11(22): 129-152. Disponible en: <https://doi.org/10.21754/devenir.v11i22.2129>.
- PÉREZ-VILLALÓN, B. E.; ORTEGA-ESQUIVEL, A.; SAAVEDRA, C. y P. LOBOS-PEÑA. 2023. "Renovación urbana en el centro histórico de Santiago, Chile: el caso de la manzana de la Casa Colorada | Introducción. Renovación urbana e integración entre las prácticas de la planificación y la conservación del patrimonio urbano". *Eure*, 49(147): 1-25. Disponible en: <https://doi.org/10.7764/eure.49.147.11>.
- SMITH, N. 1991. "Mapping the gentrification frontier". En: KEITH, M. and ROGERS, A. (Eds.), *Hollow Promises? Rhetoric and Reality in the Inner City*, pp. 84-109. Mansell, Cassell.
- ZAMBRANO, J. P.; CALLE-JIMENEZ, T. & B. ORELLANA-ALVEAR. 2021. GIS for Decision-Making on the Gentrification Phenomenon in Strategic Territorial Planning. En: J. P. SALGADO GUERRERO, J. CHICAIZA ESPINOSA, M. CERRADA LOZADA, & S. BERREZUETA-GUZMAN (Eds.), *Information and Communication Technologies - 9th Conference of Ecuador, TICEC 2021, Proceedings*, pp. 142-156. (Communications in Computer and Information Science; Vol. 1456 CCIS). Disponible e: https://doi.org/10.1007/978-3-030-89941-7_11.

Lugar y fecha de finalización del artículo:
Cuenca, Ecuador; junio, 2025

Evaluación de la contaminación por drenaje ácido en la

Cuesta de Hornillos, Yarabamba, Arequipa, Perú

Avaliação da contaminação por drenagem ácida na
Cuesta de Hornillos, Yarabamba, Arequipa, Peru

Assessment of acid drainage pollution in
Cuesta de Hornillos, Arequipa, Peru

Edgard Gutiérrez Salinas¹, Madeleine Guillén Gómez¹,
Mauro Valdivia Bustamante¹, Armando Minaya Lizarraga¹ y Gustavo Baptista²

¹ Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
Facultad de Geología, Geofísica y Minas
Arequipa, Perú

² Universidade de Brasília (UnB), Instituto de Geociências
Brasília, Brasil

egutierrez@unsa.edu.pe; mguillen@unsa.edu.pe; pvaldiviab@unsa.edu.pe; aminayal@unsa.edu.pe;
gmbaptista@gmail.com

Gutiérrez: <https://orcid.org/0000-0003-2092-1459>

Guillén: <https://orcid.org/0000-0001-8181-8581>

Valdivia: <https://orcid.org/0000-0003-2345-2619>

Minaya: <https://orcid.org/0000-0001-5739-6315>

Baptista: <https://orcid.org/0000-0002-1973-2725>

Resumen

Al noreste del distrito de Yarabamba, varios asentamientos humanos están expuestos a la contaminación por drenaje ácido en el sector Cuesta de Hornillos, cuyas aguas infiltradas de minas abandonadas contaminan la quebrada La Zorra. Estos asentamientos se ubican entre los 2.400 y 3.500 msnm, en una planicie al sureste de Arequipa, con un clima desértico y cálido. Están emplazados en el Batolito de la Caldera, con presencia de rocas intrusivas ácidas características de la zona. Existen minas de sulfuros abandonadas con pasivos ambientales que requieren soluciones. El drenaje ácido afecta la salud y el ecosistema. Un método rápido de detección fue con la aplicación de imágenes satelitales. Las escombreras de minas abandonadas contaminan aguas superficiales y subterráneas con metales pesados. Estudios geoquímicos estáticos y dinámicos predijeron la presencia y desarrollo del drenaje ácido, evaluando el equilibrio entre el potencial de acidificación y neutralización.

PALABRAS CLAVE: pasivos ambientales mineros; drenaje ácido; metales pesados.

Resumo

A nordeste do distrito de Yarabamba, vários assentamentos humanos estão expostos à contaminação por drenagem ácida no setor Cuesta de Hornillos, cujas águas infiltradas de minas abandonadas contaminam o riacho La Zorra. Esses assentamentos estão localizados entre 2.400 e 3.500 metros acima do nível do mar, em uma planície a sudeste de Arequipa, com um clima desértico e quente. Eles estão situados no Batólito da Caldera, com presença de rochas intrusivas ácidas características da região. Existem minas de sulfuros abandonadas com passivos ambientais que requerem soluções. O drenagem ácida afeta a saúde e o ecossistema. Um método rápido de detecção foi a aplicação de imagens de satélite. Os resíduos das minas abandonadas contaminam as águas superficiais e subterráneas com metais pesados. Estudos geoquímicos estáticos e dinâmicos previram a presença e o desenvolvimento da drenagem ácida, avaliando o equilíbrio entre o potencial de acidificação e neutralização.

PALAVRAS-CHAVE: passivos ambientais de mineração; drenagem ácida; metais pesados.

Abstract

In the northeast of the Yarabamba district, several human settlements are exposed to acid drainage contamination in the Cuesta de Hornillos sector, where water infiltrating from abandoned mines contaminates the La Zorra stream. These settlements are located between 2,400 and 3,500 meters above sea level, on a plain southeast of Arequipa, with a hot, desert climate. They are located in the Caldera Batholith, with the presence of acidic intrusive rocks characteristic of the area. There are abandoned sulfide mines with environmental liabilities that require solutions. Acid drainage affects health and the ecosystem. A rapid detection method was the application of satellite imagery. Abandoned mine tailings contaminate surface and groundwater with heavy metals. Static and dynamic geochemical studies predicted the presence and development of acid drainage, evaluating the balance between acidification and neutralization potential.

KEYWORDS: mining environmental liabilities; acid drainage; heavy metals.

1. Introducción

En el extremo nororiental de Yarabamba se encuentran los poblados de San Antonio, Pampas Nuevas y Linares, situados sobre terrenos volcánico-clásticos con tufo volcánicos y rocas intrusivas ácidas a intermedias. Este estudio, parte de un proyecto de investigación de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, que busca identificar los pasivos ambientales mineros y la posible contaminación en la zona de Cuesta de Hornillos, donde minas abandonadas e informales exponen desmontes y escombreras que generan problemas de contaminación debido a la precipitación, erosión e intemperización. El objetivo fue diagnosticar la contaminación existente y su impacto en los asentamientos circundantes, utilizando análisis geoquímicos, ensayos estáticos y cinéticos para evaluar el drenaje ácido.

2. Materiales y métodos En Cuesta de Hornillos (Yarabamba), las minas abandonadas e informales exponen desmontes y depósitos

mineros que, con la precipitación y otros factores hidrometeorológicos, contaminan el área (López *et al.*, 2002). Se realizó un estudio de contaminación de pasivos ambientales utilizando datos sobre geomorfología, clima, geología, sensoramiento remoto e impacto ambiental (Navone, 2003). Se incluyó la recolección de datos de las minas San Antonio, Santa Cecilia, Espinal, Espinal N°3, Pelayo N°2 y San Luis de Hornillos. La metodología incluyó percepción, observación, definición y caracterización de riesgos.

2.1 Área de estudio

La zona de estudio se localiza al sureste de la ciudad de Arequipa; abarca altitudes de 2.450 a 3.200 msnm (FIGURA 1), con un clima desértico y cálido. La temperatura varía entre 7,0°C y 25,0°C; una estación de verano (diciembre-marzo) con presencia de garúa y una estación de invierno (abril-noviembre) con temperaturas frías y presencia de vientos.

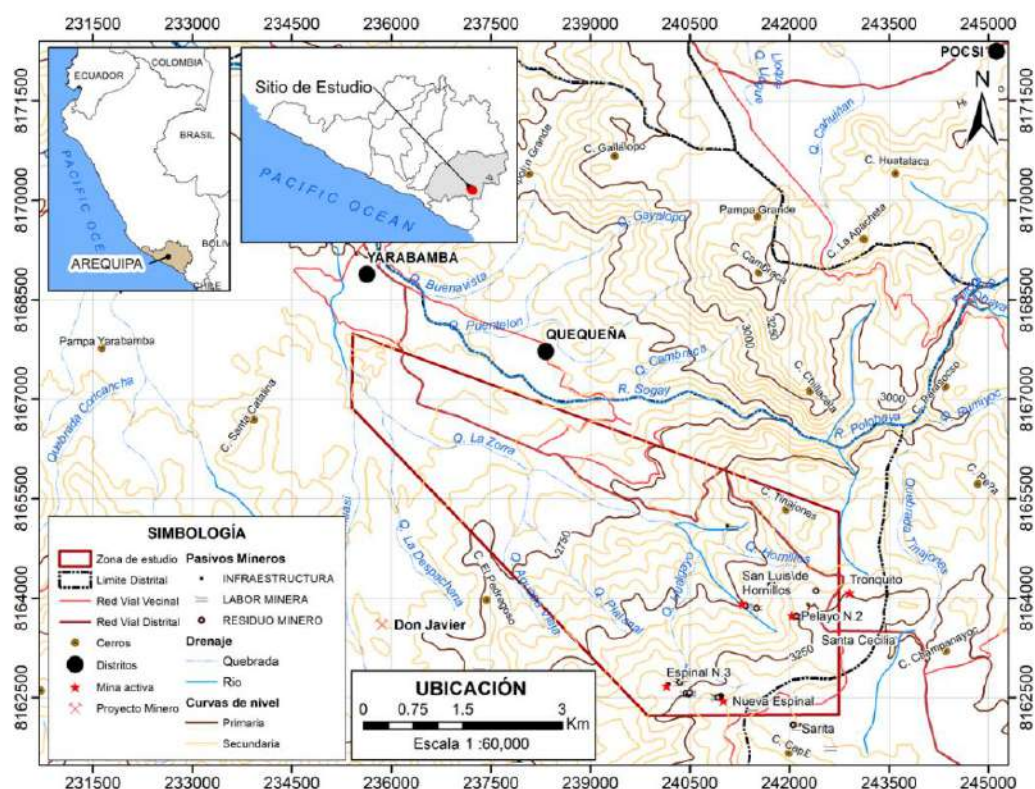


FIGURA 1. Ubicación de los pasivos ambientales, zona de Hornillos–Yarabamba. Fuente: elaboración propia

2.1.1 Geología

La geología del área abarca desde el Jura-Cretácico hasta el Cuaternario. El Grupo Yura (Pino *et al.*, 2004) incluye la formación Puente, con areniscas cuarzosas oxidadas, y la formación Cachíos, compuesta por lutitas carbonosas y areniscas cuarcíticas. En el Neógeno Plioceno, se consolida la formación Añashuayco (Aguilar *et al.*, 2016), presentando rocas volcánicas de composición riolítica. Los depósitos cuaternarios

están constituidos por gravas y arenas no consolidadas, cubren las rocas preexistentes en los cauces de quebradas y riberas de ríos. El Plutón Siete Toldos (Cretácico Superior-Paleógeno Inferior), está compuesto por tonalitas (Chávez, 1982), y la Superunidad Yarabamba, con granodioritas (Cobbing y Pitcher, 1983; Pitcher, 1985), presentan una zona de brechas de cuarzo-turmalina (FIGURA 2).

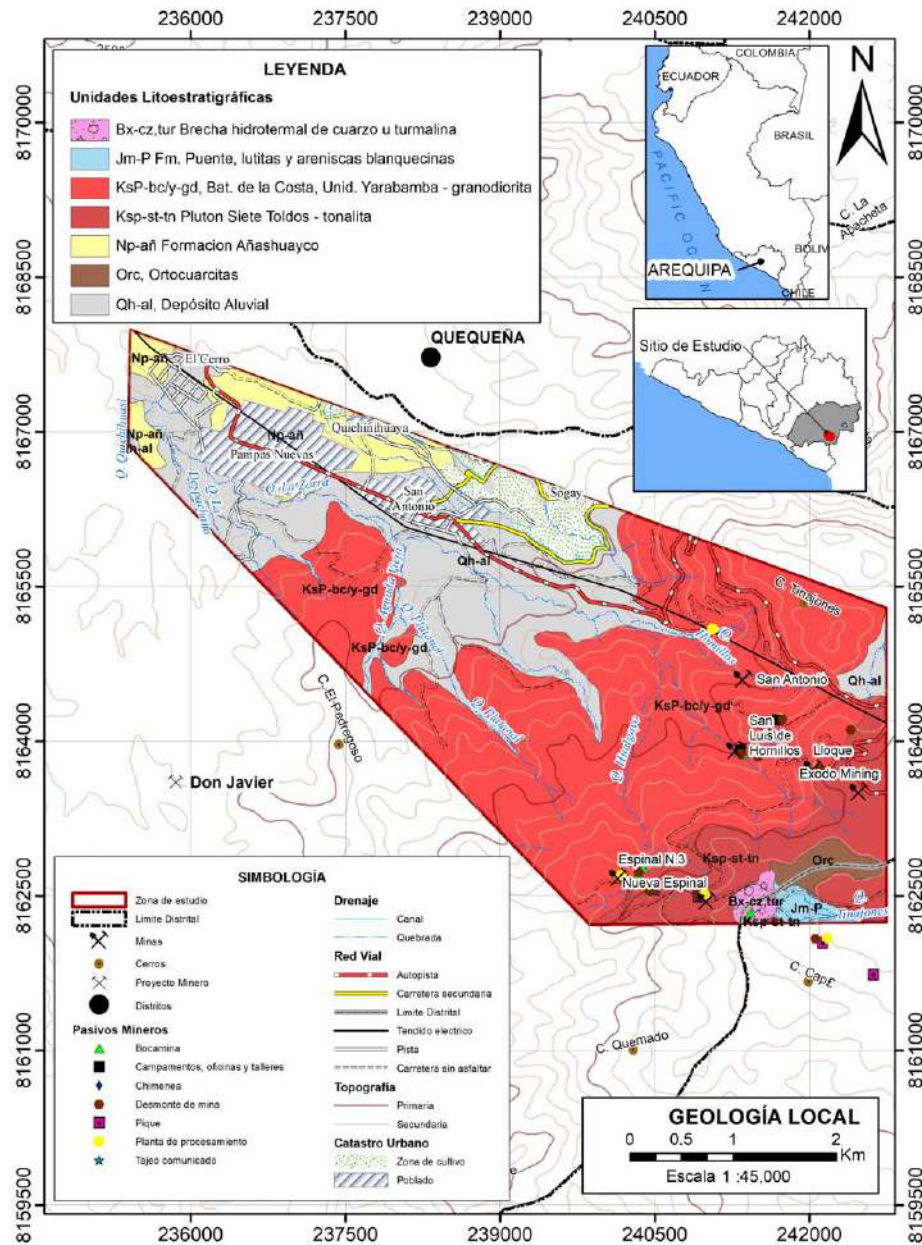


FIGURA 2. Unidades litológicas de la zona de Hornillos-Yarabamba. Fuente: elaboración propia

La mineralización es epitermal a mesotermal, con sulfuros de cobre y hierro, y minerales como cuprita, crisocola y pirita, localizándose minas activas y abandonadas que afectan la quebrada La Zorra y el río Yarabamba.

2.2 Metodología de predicción del drenaje ácido

Para la predicción del drenaje ácido (Smart *et al.*, 2002), se realizó una etapa de muestreo de residuos mineros y aguas. La campaña de muestreo se llevó a cabo entre el 22 y el 30 de septiembre de 2020, recolectando 3 muestras de agua para análisis químicos y 9 muestras de sedimentos de botaderos mineros. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio para análisis mineralógico y geoquímico, incluyendo tests de potencial de generación de drenaje ácido como el Test ABA (CIMM y S., 2007) y la extracción secuencial. Se realizaron pruebas en celdas de humedad durante 20 semanas para evaluar la calidad de los lixiviados y predecir el drenaje ácido.

2.2.1 Muestreos geoquímicos de sedimentos

El muestreo de sedimentos se identificó inicialmente con imágenes satelitales y luego en campo, considerando escombreras de minas abandonadas o paralizadas.

A) Ensayos geoquímicos de sedimentos

Los ensayos para predecir el drenaje ácido incluyeron pruebas estáticas y dinámicas:

- Pruebas Estáticas: Se aplicó el Test ABA (*Acid-*

Base Account) y su versión modificada para medir el potencial ácido (PA) y el potencial de neutralización (PN).

Estas pruebas permiten identificar la capacidad de generación de ácido y neutralización de los residuos mineros (Price y Errington, 1997; Zamora y Benzaazoua, 2003). Se midió el pH en pasta para detectar generación de ácido, (pH > 8 sugiere carbonatos reactivos; pH < 5 indica generación de ácido).

- Pruebas Dinámicas: Complementan los resultados de las pruebas estáticas y predicen la tasa de producción de ácido y el desarrollo del drenaje ácido en función del tiempo (Zamora y Benzaazoua, 2003). La prueba de celdas húmedas acelera la meteorización natural y verifica los resultados de las pruebas estáticas. El potencial de neutralización (PN) se mide en equivalentes de carbonato de calcio (CaCO₃) y se calcula el potencial neto de neutralización (PNN) como la diferencia entre PN y PA.

A.1) Tests Estáticos

El Test ABA clasifica el potencial de generación de ácido en bajo, marginal o alto. La relación PN/PA determina la categoría y la necesidad de pruebas cinéticas adicionales (TABLA 1). Conceptualmente un número positivo indica un potencial alcalino, mientras que un número negativo sugiere potencial ácido.

TABLA 1. Determinación del potencial de generación de acidez. Fuente: elaboración propia

PNN	PN/PA	Interpretación
>20	>3	Bajo o nulo potencial de generación de ácido
<20	1 a 3	Potencial marginal de generación de ácido
<0	<1	Alto Potencial de generación de ácido
-20 y 20	Si PN/PA > 3	Bajo Riesgo de formar drenaje ácido
Difícultosa	Si PN/PA varía de 1 a 3	Zona de Incertidumbre (hacer Test Cinético)

El Test NAG (Generación Neta de Acidez) complementa al Test ABA al medir el potencial neto de generación ácida mediante oxidación acelerada de sulfuros en presencia de peróxido.

El pH en pasta proporciona una estimación cualitativa del pH inicial de la muestra, indicando la capacidad de neutralización o presencia de acidez mineral (Kania, 1998).

A.2) Test Cinético

El test dinámico o cinético intenta reproducir de forma acelerada los procesos naturales de oxidación y meteorización que ocurren en el medio (García, 2013). Para ello, se utilizó el Test de Celda Húmeda (TCH), basado en la norma ASTM D5744-96 (*Standard Test Method for Accelerated Weathering of Solid Materials Using a Modified Humidity Cell*). Este test permitió simular la reactividad química de una muestra de mineral en laboratorio, construyendo columnas de lixiviación que se nutren periódicamente con los materiales de alimentación, concentrado y relave. Se controló semanalmente los parámetros químicos de lixiviados como el pH y la conductividad eléctrica, permitiendo determinar la calidad del agua de drenaje y su variación en el tiempo.

Las mediciones de pH y conductividad verificaron si el agua de las muestras genera acidez y en qué lapso de tiempo ocurre este proceso. Además, se calculó el Eh (potencial de oxidación) utilizando la fórmula: $Eh = 1,23 - 0,59 \text{ pH}$ (Robertson y Barton, 1990). El test simula la meteorización natural acelerada de una muestra sólida, generando efluentes semanales movilizados por una solución acuosa que es agregada, colectada y analizada durante 20 semanas. El ciclo semanal incluyó tres días de

inyección de aire seco (humedad relativa < 10%), tres días de inyección de aire húmedo (humedad relativa > 95%), y un día de riego con agua. Este test tuvo como objetivo determinar la calidad del efluente (ácido, alcalino o neutro), así como el contenido de cationes y aniones en los efluentes, midiendo el pH-Eh, la conductividad eléctrica, la alcalinidad/acidez y la concentración de metales (Robertson y Barton, 1990).

2.2.2 Muestreo geoquímico de aguas

El drenaje ácido de roca (DAR) resulta de los procesos de oxidación y lixiviación de minerales sulfurosos, variando desde ligeramente alcalino a ácido. Los principales productores de DAR son los drenajes en minas subterráneas, minas abandonadas, escorrentías en minas a tajo abierto, lixiviados de escombreras, residuos mineros y relaveras expuestas (Dos Santos *et al*, 2020). En septiembre del 2020 se realizó una campaña de muestreo de aguas siguiendo el protocolo Nacional de Monitoreo de la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Los puntos de muestreo se identificaron con imágenes satelitales y se ubicaron en campo, considerando accesibilidad y posible presencia de DAR. Los puntos fueron PM-1 (Qda La Zorra), PM-2 (Qda La Zorra II) y PM-3 (Qda Alto Hornillos), (TABLA 2).

TABLA 2. Localización de los puntos de muestreo de aguas. Fuente: elaboración propia

Punto de muestreo	Altitud (msnm)	Coordenadas E	Coordenadas N	Lugar de muestreo
PM-1	2845,00	926,456	8'213,425	Qda La Zorra
PM-2	2712,00	929,356	8'134,567	Qda La Zorra II
PM-3	2659,00	987,567	8'325,865	Qda Alto Hornillos

Se caracterizó la calidad del agua en cada punto, siguiendo el protocolo para aguas superficiales del ANA. Las muestras fueron recolectadas en frascos de 600 ml, homogeneizadas y enviadas al laboratorio AGQ-Lima para su análisis geoquímico.

2.2.3 Ensayo geoquímico de aguas

El drenaje ácido de pH bajo y rico en metales depende del tiempo, con una química del agua

de drenaje que se torna gradualmente más ácida y con concentraciones crecientes de metales. Se evaluaron elementos esenciales como aniones, metales totales y disueltos, pH, alcalinidad y acidez. Para los sólidos en suspensión se aplicó la técnica de Gravimetría, para los carbonatos la técnica ICP-OES, para bicarbonatos la titulación volumétrica, y para la mayoría de los elementos minerales se aplicó la técnica ICP-MS y la espectrofotometría UV-Vis.

3. Resultados y discusión

3.1 Ensayos estáticos: resultados y discusión

Se obtuvieron los resultados del Test ABA de sedimentos y del Test NAG.

3.1.1 Ensayos y discusión del Test ABA de sedimentos

Los resultados del Test ABA se obtuvieron del análisis de 9 muestras de sedimentos y se

interpretaron según los parámetros siguientes (TABLA 3): Azufre total, Fizz Rating, pH Pasta, Potencial de acidez máximo (MPA), Potencial de neutralización Neto (NNP), Potencial de neutralización Lawrence, Ratio Potencial de Neutralización (RNP), Sulfato total y Sulfuro total.

TABLA 3. Resultados analíticos de los análisis de sedimentos del área de Yarabamba. Fuente: elaboración propia

	Punto de Muestreo	BOT-001	BOT-002	BOT-003	BOT-004	BOT-005	BOT-006	BOT-007	BOT-008	BOT-009
Parámetro	Unidades									
Test ABA										
Azufre Total	%	0,02	0,06	0,05	0,17	0,16	0,06	0,02	0,05	0,02
Fizz Rating		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	0,0	0,0	0,0
pH Pasta	Unidades de pH	7,28	7,60	7,27	7,61	7,35	7,44	7,33	5,55	7,44
Potencial de Acidez Máximo (MPA)	Kg CaCO ₃ /Ton	0,313	1,56	0,938	5,00	3,44	1,25	0,313	0,938	0,313
Potencial de Neutralización Neto (NNP)	Kg CaCO ₃ /Ton	3,22	3,96	3,59	2,02	0,59	8,30	4,71	-0,90	3,72
Potencial Neutralización Lawrence	Kg CaCO ₃ /Ton	3,53	5,52	4,53	7,02	4,03	9,55	5,02	0,043	4,03
Ratio Potencial de Neutralización (RNP)		11,3	3,54	4,83	1,40	1,17	7,64	16,0	0,05	12,9
Sulfato Total	% S	0,01	0,01	0,02	0,01	0,05	0,02	0,01	0,02	0,01
Sulfuro Total	%	0,01	0,05	0,03	0,16	0,11	0,04	0,01	0,03	0,01

3.1.2 Evaluación de los análisis sobre generación de acidez

La relación entre la razón NP/AP y el contenido de sulfuro en las muestras (TABLA 4) indica que las muestras 2, 3, 4, 5, 6 y 8 presentan generación de

acidez. Los resultados revelan que todas las muestras evaluadas tienen un potencial para generar acidez, según los criterios de calificación NPR y NP/AP.

TABLA 4. Interpretación de los resultados del Test ABA. Fuente: elaboración propia

Muestra	PH pasta	AP	NP	NNP	NP/AP	Sulfuro %	pH NAG	NNP
1	7,28	0,01	0,02	3,22	2,0	0,01	6,04	0,01
2	7,60	0,05	0,06	3,96	1,20	0,05	6,84	0,01
3	7,27	0,03	0,05	3,59	1,17	0,03	6,56	0,02
4	6,00	0,16	0,17	2,02	1,06	0,16	6,86	0,01
5	7,35	0,11	0,16	0,59	1,45	0,11	6,71	0,05
6	7,44	0,04	0,06	8,30	1,50	0,04	6,88	0,05
7	7,53	0,01	0,02	4,71	2,00	0,01	7,95	0,01
8	5,55	0,03	0,05	0,90	1,67	0,03	7,39	0,02
9	7,44	0,01	0,02	3,72	2,00	0,01	7,12	0,01

El consumo de álcali necesario para el NAG hasta pH 4,5 se considera un indicador de la cantidad de ácido libre presente, como H_2SO_4 , junto con hierro y aluminio disueltos que consumen álcali para formar hidróxidos. La obtención hasta pH 7,0 refleja la acidez resultante del consumo de material neutralizante por reacciones de hidroxilación de iones metálicos, que precipitan como hidróxidos en el rango de pH de 4,5 a 7,0. Las figuras correspondientes al criterio NP/AP y la correlación NP/AP-%S, indican que las muestras estudiadas son materiales generadores de acidez (NP/AP < 1 y %S > 0,3).

3.1.3 Ensayos y discusión del Test NAG

El Test de Celda Húmeda (TCH) replicó en el laboratorio el proceso natural de meteorización y oxidación de rocas y minerales expuestos a la intemperie dentro de instalaciones mineras. Los valores de pH medidos después de 24 horas permitieron clasificar los materiales como potenciales generadores de acidez, considerando el pH final menor a 4,5 unidades (Canmet, 2009). La prueba NAG (*Neutralization Acid Generation*) midió la cantidad de ácido libre (como el ácido sulfúrico) y el consumo de álcalis para formar hidróxidos de hierro y aluminio, con dos niveles de titulación: hasta pH=4,5 para medir el ácido libre y hasta pH=7 para evaluar la acidez resultante de la neutralización (TABLA 5).

TABLA 5. Resultados analíticos NAG. Fuente: elaboración propia

Parámetro	Unidades	BOT-001	BOT-002	BOT-003	BOT-004	BOT-005	BOT-006	BOT-007	BOT-008	BOT-009
NAG (pH 4,5)	kg H ₂ SO ₄ /t	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
NAG (pH 7,0)	kg H ₂ SO ₄ /t	0,29	< 0,20	0,39	0,23	1,36	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
pH NAG	Unidades de pH	6,09	6,84	6,56	6,86	6,71	6,88	7,95	7,39	7,12

Para caracterizar los materiales según el método NAG (TABLA 6), se utilizó la siguiente clasificación (Canmet, 2009):

TABLA 6. Resultados analíticos NAG. elaboración propia

Resultado Prueba NAG	Clasificación
pH NAG <4,5 y NAG >10	Alta generación de acidez
pH NAG >4,5 y 1 < NAG <10	Baja generación de acidez
pH NAG >4,5 y NAG <1	No genera acidez

Se aplicó la tabla de decisiones para la categorización de materiales basada en el Test

estático (TABLA 7), siguiendo la guía metodológica sobre drenaje ácido en la industria minera.

TABLA 7. Tabla de decisiones. Fuente: elaboración propia

PNN		PN/PA	Interpretación
>20		>3	Bajo o nulo potencial de Generación de ácido
<20		1 a 3	Potencial Marginal de generación de ácido
<0		<1	Alto Potencial de Generación de ácido
-20 y 20	Interpretación Difícil	Si PN/PA > 3	Bajo Riesgo de formar Drenaje ácido
		Si PN/PA varía de 1 a 3	Zona de Incertidumbre (se recomienda Test Cinético)

Se proporciona una visión detallada de cómo se determinan los potenciales generadores de acidez en los materiales mediante pruebas específicas y su interpretación basada en tablas de decisión.

3.2 Ensayos cinéticos: resultados y discusión

Las pruebas cinéticas realizadas en la zona de estudio tienen como objetivo predecir la generación de drenaje ácido que podría afectar la calidad del agua en fuentes superficiales y subterráneas. Estos ensayos permitieron evaluar el comportamiento geoquímico a través de la disolución de metales. Los parámetros controlados en las pruebas incluyeron pH, conductividad eléctrica, potencial redox, sulfatos, cloruros, nitratos, nitritos, alcalinidad, bicarbonatos, fluoruros, carbonatos y metales disueltos.

Los resultados muestran un rango de pH entre 4,42 y 7,10. La presencia de minerales de hierro contribuye a la disminución del pH; sin embargo, los valores obtenidos no indican una fuerte generación de acidez. La conductividad eléctrica varía desde 80,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la celda de humedad N°7 hasta 14,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la celda N°18, lo que sugiere una disminución de iones disueltos con el tiempo. El potencial Redox, que se mantiene positivo con un promedio de 300 mV, indica que el agente oxidante prevalece sobre el reductor, contribuyendo a la acidificación de las celdas

húmedas. La generación de sulfatos como resultado de la oxidación de minerales sulfuros es mínima, señalando una velocidad de oxidación lenta en las celdas de humedad. La alcalinidad liberada por los carbonatos reduce la generación de ácido debido a la mineralogía de la zona de estudio.

El análisis de metales disueltos muestra concentraciones promedio bajas y dispersas para cada celda de humedad: 0,001 ppm (Al), 0,0025 ppm (Ar), 2,91 ppm (S), 0,047 ppm (B), 4,25 ppm (Ca), 0,13 ppm (Cu), 0,019 ppm (Sr), 0,086 ppm (Fe), 0,61 ppm (Mg), 0,041 ppm (Mn), 0,033 ppm (Pb), 1,43 ppm (K), 20,38 ppm (SiO₂), 0,79 ppm (Na), y 0,0395 ppm (Zn). Estas concentraciones indican una lixiviación limitada de elementos solubles en las celdas de humedad.

En relación con el pH y el tiempo/celda, se observa que en las primeras celdas de lavado (C1, C2, C3, C4, C5, C6), el pH se mantiene entre 6,57 y 7,1. En las celdas C7 a C14, el pH disminuye hasta 4,42, mientras que en las últimas celdas (C19, C20), el pH aumenta a 6,89. Esto indica una lenta generación de acidez, sin considerar los efectos de hidrólisis y precipitación de minerales secundarios presentes en la zona de estudio. La FIGURA 3 ilustra la concentración de metales disueltos en función del pH y el tiempo/celda, confirmando la tendencia de pH y la velocidad de generación de acidez observada en las celdas.

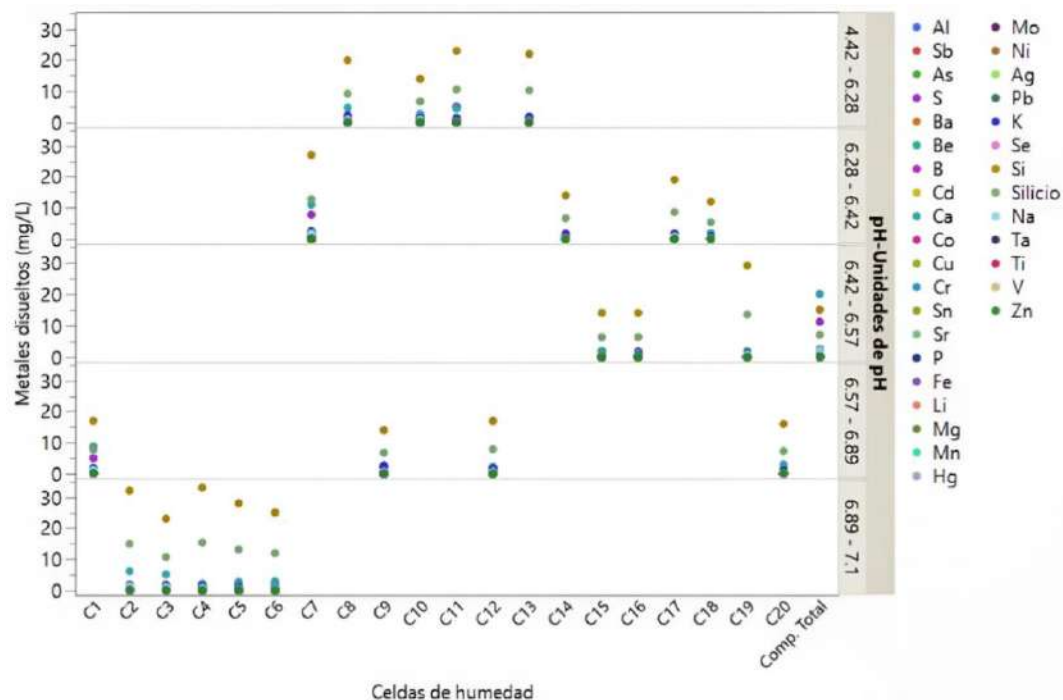


FIGURA 3. Metales disueltos vs pH vs tiempo/celda humedad. Fuente: elaboración propia

3.2.1 Interpretación del resultado de aguas

A) Concentración de aniones

Cloruros: El análisis del contenido de cloruros en las muestras de agua recolectadas revela que los niveles están por debajo del límite máximo permisible de 1000 mg/L para usos de agua en riego y bebida de animales (ECA. 2017).

- Qda. La Zorra: Presenta concentraciones en un rango de 72,3 – 88,6 mg/L.
- Alto Hornillo: Muestra valores de 15,6 mg/L.

Aunque todos los valores están dentro de los límites permisibles, se observa que la concentración de cloruros aumenta desde la zona de Qda. Alto Hornillo hasta Qda. La Zorra. Este incremento se acompaña de niveles de nitratos bajos, con valores de 1,77 mg/L, como se muestra en la FIGURA 4. Las implicaciones

principales en la contaminación residual establecen el aumento en la concentración de cloruros a lo largo del flujo del agua, siendo un indicador de una probable contaminación residual doméstica. Esto se relaciona con la presencia de pequeñas viviendas y zonas cultivadas cerca de las minas, lo que podría ser un indicador potencial de problemas de contaminación microbiológica en el futuro, en cuanto a la concentración de metales, la alcalinidad del agua y la presencia de cloruros podrían influir en la concentración de metales en el agua.

La proximidad a áreas habitadas y cultivadas puede contribuir a estos niveles, sugiriendo la necesidad de un monitoreo continuo para prevenir futuros problemas de contaminación.



FIGURA 4. Contenido de cloruros. Fuente: elaboración

Sulfatos: El análisis del contenido de sulfatos en el área de estudio muestra que, en general, los niveles están por debajo de los límites permitidos por la normativa vigente para aguas (FIGURA 5).

En la Qda. Alto Hornillos: Presenta un contenido de sulfatos de 47 mg/L. *En la Qda. La Zorra:* Muestra una concentración más alta, con valores que oscilan entre 234-254 mg/L. Las implicaciones y causas se evidencian en el incremento de la concentración con la variación en los niveles de sulfatos, con un notable

incremento aguas abajo, se puede atribuir a la presencia de actividades mineras en la zona. Este aumento está asociado a la oxidación de sulfuros, un proceso que genera sulfatos como subproducto.

La FIGURA 6 ilustra este patrón de aumento en la concentración de sulfatos a medida que se avanza desde Qda. Alto Hornillos hacia Qda. La Zorra, confirmando el impacto de la actividad minera en la calidad del agua en esta región.

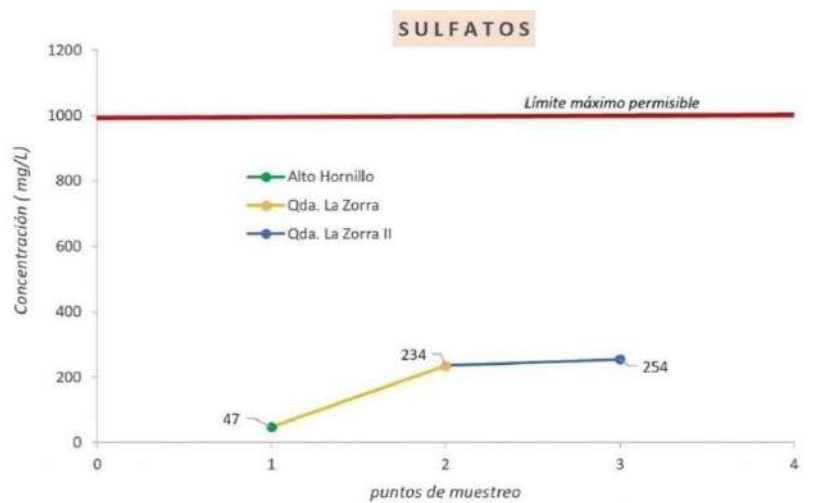


FIGURA 5. Contenido de sulfatos. Fuente: elaboración propia



FIGURA 6. Concentración de aniones y cationes. Fuente: elaboración propia

B) Concentraciones de sodio, calcio y magnesio

Los análisis de los cationes sodio (Na), calcio (Ca) y magnesio (Mg) muestran un patrón de aumento en las concentraciones aguas abajo de la Qda. Alto Hornillos. En la misma zona las

concentraciones de magnesio, calcio y sodio (TABLA 8), aumentan aguas abajo de la Qda. En mención, con los valores más altos registrados en la Qda. La Zorra II.

TABLA 8. Concentración de aniones y cationes en las Qdas. Alto Hornillo y La Zorra. Fuente: elaboración propia

Estación	Unidad	Mg	Ca	Na	Cloruros	Sulfatos
Alto Hornillo	Mg/L	10,7	41,0	21,0	15,6	47,0
Qda. La Zorra	Mg/L	29,1	90,0	49,0	72,3	234,0
Qda. La Zorra II	Mg/L	31,9	96,0	53,0	88,6	254,0

La proporción de los aniones cloruro, sulfato, bicarbonato y de cationes sodio, calcio y magnesio permiten caracterizar la naturaleza de las aguas muestreadas. La concentración de aniones es predominante en comparación con la de cationes en las muestras de agua (FIGURA 6).

Los aniones muestran un aumento notable aguas abajo de la quebrada Alto Hornillos. Este incremento está asociado con la litología y mineralización de la zona, influenciada por las minas Éxodo, Lloque, Espinal, Hornillos y San Antonio. La presencia de minerales en estas minas contribuye a una mayor concentración de aniones en las aguas subterráneas en comparación con las aguas superficiales. El predominio de aniones y su incremento aguas abajo reflejan el impacto de la actividad minera

sobre la calidad del agua, especialmente en las áreas cercanas a las minas. Este fenómeno puede llevar a una mayor concentración de ciertos iones en las aguas subterráneas en relación con las superficiales, lo que debe ser monitoreado para evaluar el potencial impacto ambiental. El diagrama de Piper, nos muestra que el agua resulta ser mayormente de tipo sulfatada cálcica (FIGURA 7).

Los aniones muestran un aumento notable aguas abajo de la quebrada Alto Hornillos. Este incremento está asociado con la litología y mineralización de la zona, influenciada por las minas Éxodo, Lloque, Espinal, Hornillos y San Antonio. La presencia de minerales en estas minas contribuye a una mayor concentración de aniones en las aguas subterráneas en

comparación con las aguas superficiales. El predominio de aniones y su incremento aguas abajo reflejan el impacto de la actividad minera sobre la calidad del agua, especialmente en las áreas cercanas a las minas. Este fenómeno puede llevar a una mayor concentración de ciertos iones

en las aguas subterráneas en relación con las superficiales, lo que debe ser monitoreado para evaluar el potencial impacto ambiental. El diagrama de Piper, nos muestra que el agua resulta ser mayormente de tipo sulfatada cálcica (FIGURA 7).

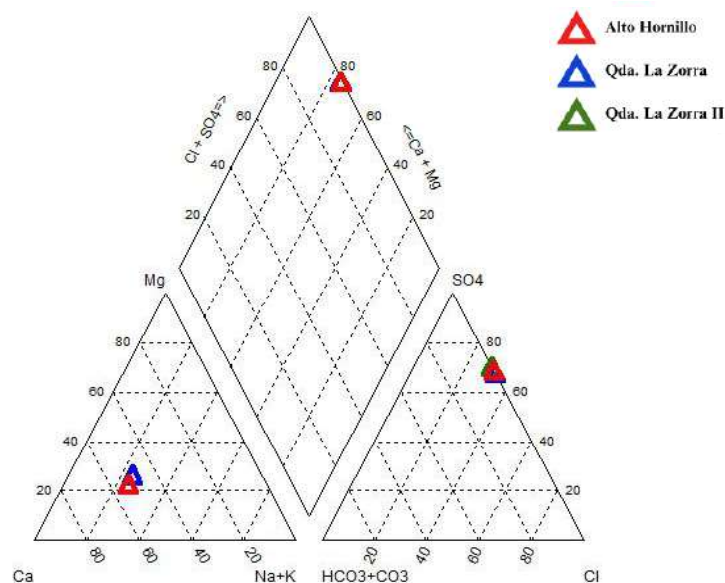


FIGURA 7. Diagrama de Piper. Fuente: elaboración propia

La influencia de las formaciones geológicas predominantes en la zona, son rocas intrusivas, que actúan como agentes de dilución debido a su contenido de sílice y aluminio. Estos minerales pueden mitigar en cierta medida la acidez del agua, y la mineralización de pirita en las rocas puede desencadenar la generación de acidez. La pirita, al descomponerse químicamente en condiciones de superficie, libera elementos que, al interactuar con el agua, provocan cambios en el pH. A pesar de la dilución proporcionada por las formaciones intrusivas, la presencia de pirita en las rocas puede contrarrestar este efecto al liberar ácido.

3.2.2 Concentración de metales totales y disueltos

Las concentraciones de metales totales y disueltos en las muestras de agua de la zona de Alto Hornillos y quebrada La Zorra son muy similares, comparadas con los Estándares de

Calidad Ambiental (ECA) del gobierno peruano. En la zona de la quebrada Zorra II excede los límites máximos permisibles para la categoría 1/A1, con una concentración de sulfatos de 254 mg/L, derivada de sulfuros como consecuencia de la actividad minera. En la cabecera de la cuenca, los valores son menores debido a la dispersión y movilidad aguas abajo hasta la quebrada Zorra II. Las concentraciones de metales tóxicos presentes en el agua no representan un riesgo para los seres vivos en los alrededores de la zona de estudio, ya que están muy por debajo de los límites máximos permisibles.

4. Conclusiones

Se han identificado seis minas abandonadas e informales mediante imágenes satelitales de Perusat-1, cuyos residuos y desmontes amenazan con generar deterioro ambiental y contaminación en las áreas bajas circundantes. Estos desechos

representan un peligro significativo durante las épocas de lluvia, ya que pueden provocar la formación de drenaje ácido y contaminar tanto el agua como el suelo. Las minas se encuentran dentro de la red hidrográfica de la quebrada La Zorra, lo que podría afectar el subsuelo, el nivel freático y las aguas utilizadas por los habitantes locales.

Las muestras, de acuerdo con las tablas NPR y NP/AP, indican una posible generación de acidez. Los ensayos cinéticos y estáticos confirman estos resultados, mostrando variaciones de pH entre 4,42 y 7,10, con una disminución del pH debido a la presencia de minerales de hierro, aunque no se identificó una fuente significativa de generación de ácido. El análisis de metales disueltos revela bajos niveles de concentración y dispersión,

sugiriendo una lixiviación mínima en las celdas de humedad. Los ensayos estáticos de nueve muestras indican generación de acidez en la mayoría de ellas. En las celdas de humedad C1 a C6, el pH se mantiene entre 6,57 y 7,1, mientras que en las celdas 7 a 14 disminuye a 4,2, y en las celdas 19 y 20 se observa un ligero aumento del pH a 6,89, con una lenta generación de acidez.

Las concentraciones de cloruros y sulfatos están por debajo de los límites máximos permisibles, pero presentan variaciones a lo largo de las quebradas muestreadas. Aguas abajo de la quebrada Alto Hornillos, las concentraciones de sodio, calcio y magnesio aumentan, al igual que las concentraciones de metales totales y disueltos, que son similares en las zonas de Alto Hornillos y quebrada La Zorra.

5. Agradecimientos

Agradecimiento especial a la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa por el financiamiento del proyecto de investigación *IBAIB-01-2018-UNSA*, por ceder el tiempo para la culminación de este estudio, como producción académica derivada de la labor docente.

6. Referencias citadas

AGUILAR, R.; THOURET, J. y P. SAMANIEGO. 2016. Actividad eruptiva en sistemas de larga duración, relaciones entre el complejo post-caldérico Chachani y las ignimbritas Plio-cuaternarias de la cuenca de Arequipa. *Resúmenes*. Sociedad Geológica del Perú, Lima. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1597>.

CANMET MINING and MINERAL SCIENCES LABORATORIES. 2009. *Prediction Manual for Drainage Chemistry from Sulphidic Geologic Materials*. MEND Report 1.20.1. Ministry of Natural Resources Ottawa, Canada.

CIMM T & S S.A. 2007. *Aplicación de test ABA y evaluación de generación neta de acidez a muestras de geología de Compañía Minera del Pacífico*. Informe Final. Santiago de Chile.

COBBING, E. & W. PITCHER. 1983. "Andean plutonism in Peru and its relationship to volcanism and metallogenesis at a segmented plate edge". En: RODDICK, J.A. (Ed.), *Circum-Pacific plutonic terranes*. Geological Society of America, Memoir 159, Boulder, Colorado, pp. 277-291. Disponible en: <https://doi.org/10.1130/MEM159-p277>.

CHÁVEZ, A. 1982. *Estratigráfica y tectónica del sector de Chapi (departamento de Arequipa y de Moquegua)*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Perú. Tesis doctoral.

DOS SANTOS, K.; GÓMEZ BARREIRO, J. y S. BARRIOS. 2020. *El placer aurífero del arroyo Fresnedoso (Perales del Puerto, Cáceres, España)*. Informe técnico no publicado. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/10g9EEM-ukfyD-cBoP1Qdu0mBsiclKN8O/view?pli=1>.

GARCÍA, S. 2013. *Modelación del potencial de drenaje ácido de botaderos: calibración a partir de celdas húmedas y granulometría*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Santiago de Chile. Memoria de Título de Geólogo. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/113400>.

ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA). 2017. *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM: Estándares de Calidad Ambiental para aguas*. Lima, Perú. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/3671-004-2017-minam>.

KANIA, T. 1998. "Métodos de laboratorio para la contabilidad ácido-base: una actualización". En: *La predicción del drenaje de minas de carbón y la prevención de la contaminación en Pennsylvania*, capítulo 6, pp. 15-16. Ingeoexpert. España.

LÓPEZ, E.; ADUVIRE, O. y D. BARETTINO. 2002. "Tratamientos pasivos de drenajes ácidos de mina: estado actual y perspectivas de futuro". *Boletín Geológico y Minero*, 113(1): 3-21. Disponible en: https://www.igme.es/Boletin/2002/113_1_2002/4-articulo%20tratamientos.pdf.

NAVONE, S. M. 2003. *Sensores remotos aplicados al estudio de los recursos naturales*. Universidad de Buenos Aires (UBA), Buenos Aires, Argentina.

PINO, A.; SEMPERE, T.; JACAY, J. y M. FORNARI. 2004. "Estratigrafía, paleogeografía y paleotectónica del intervalo Paleozoico superior-Cretáceo inferior en el área de Mal Paso-Palca (Tacna)". En: *Nuevas contribuciones del IRD y sus contrapartes al conocimiento geológico del sur del Perú*. Publicación Especial N° 5, pp. 15-44. Sociedad Geológica del Perú Lima.

PITCHER, W. 1985. "A multiple and composite batholith". En: W. Pitcher (ed.), *Magmatism at a plate edge. The Peruvian Andes*, pp. 243-249. John Wiley and Sons Inc. New York, USA.

PRICE, B. y E. ERRINGTON. 1997. *Guía sobre lixiviación de metales y drenaje ácido de la minería en la Columbia Británica*. British Columbia Ministry of Energy and Mines. Canada.

ROBERTSON, A. M. & J. P. BARTON-BRIDGES. 1990. Cost effective methods of long-term acid mine drainage control from waste rock piles. *Design for Closure—Proceedings of the GAC—MAC Conference*, Vancouver, B.C., Canada.

SMART, R.; SKINNER, W.; LEVAY, G.; GERSON, A.; THOMAS, J. SOBIERAJ, H.; ... y M. Miller. 2002. *Manual de prueba ARD: predicción del proyecto P387A y control cinético del drenaje ácido de minas*. Songor Carrión 79. AMIRA, I.

ZAMORA, G. y M. BENZAAZOUA. 2003. "Predicciones de drenaje ácido de roca mediante test geoquímicos estáticos y dinámicos". *Revista Metalúrgica UTO*, 24: 513.

Lugar y fecha de finalización del artículo:
Arequipa, Perú; octubre, 2025

Potential and degree of interest in obtaining the protected designation of origin in the two

dairy-producing subregions in Antioquia, Colombia, as
a competitiveness strategy

Potencial y grado de interés en la obtención de la denominación de origen protegida en dos subregiones productoras de lácteos en Antioquia, Colombia, como estrategia de competitividad

Potencial e grau de interesse em obter a denominação de origem protegida em duas subregiões produtoras de laticínios em Antioquia, Colômbia, como estratégia de competitividade

Jorge Ariel Franco-López¹, Juan Camilo Patiño-Venegas¹ y Jhoany Alejandro-Arias²

¹ Instituto Tecnológico Metropolitano, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Departamento en Ciencias Administrativas
Medellín, Antioquia, Colombia

² Universidad de Los Lagos, Vicerrectoría de Investigación y Posgrado
Osorno, Chile

jorgefranco@itm.edu.co; juanpatino@itm.edu.co; jhoanyvalencia@itm.edu.co; javalenciar@gmail.com

Franco-López: <https://orcid.org/0000-0002-0507-2914>

Patiño-Venegas: <https://orcid.org/0000-0002-8334-9296>

Valencia-Arias: <https://orcid.org/0000-0001-9434-6923>

Abstract

Protected Designation of Origin (PDO) is a key strategy for accessing competitive markets by highlighting the unique characteristics of products linked to geographic, natural, human, and technological factors. This study analyzes the potential and interest of two dairy-producing subregions in obtaining PDO recognition as a competitiveness tool. A comparative, analytical, and descriptive methodology with a mixed approach and a multifactorial experimental design was applied. Data was collected from 75 companies belonging to the production, industrialization, and marketing sectors. The bibliometric analysis revealed significant scientific development in the dairy sector. The results show that 36.5% of companies are unaware of the PDO, and that factors such as the type of link and sustainable development influence its viability, with a statistical value of 0.1819. The experimental design suggests that the combination of subregion, production link, and sustainable approach can determine the success of a regional dairy PDO.

KEYWORDS: designation of origin; dairy industry; dairy region; comparative analysis.

Resumen

La denominación de origen protegida (DOP) constituye una estrategia clave para acceder a mercados competitivos al resaltar las características exclusivas de productos ligados a factores geográficos, naturales, humanos y tecnológicos. Este estudio analiza el potencial e interés de dos subregiones productoras de lácteos en Antioquía, Colombia, para obtener el reconocimiento DOP como herramienta de competitividad. Se aplicó una metodología comparativa, analítica y descriptiva con enfoque mixto y diseño experimental multifactorial. Se recopilieron datos de 75 empresas pertenecientes a los eslabones de producción, industrialización y comercialización. El análisis bibliométrico evidenció un desarrollo científico significativo en el sector lácteo. Los resultados muestran que el 36,5% de las empresas no conocen el DOP, y que factores como el tipo de eslabón y el desarrollo sostenible influyen en su viabilidad, con un valor estadístico de 0,1819. El diseño experimental sugiere que la combinación entre subregión, eslabón productivo y enfoque sostenible puede determinar el éxito de una DOP láctea regional.

PALABRAS CLAVE: denominación de origen; industria lechera; región lechera; Análisis comparativo.

Resumo

A Denominação de Origem Protegida (DOP) é uma estratégia fundamental para acessar mercados competitivos, destacando as características únicas dos produtos vinculadas a fatores geográficos, naturais, humanos e tecnológicos. Este estudo analisa o potencial e o interesse de duas sub-regiões produtoras de laticínios em obter o reconhecimento da DOP como ferramenta de competitividade. Foi aplicada uma metodologia comparativa, analítica e descritiva com abordagem mista e um delineamento experimental multifatorial. Os dados foram coletados de 75 empresas pertencentes aos setores de produção, industrialização e comercialização. A análise bibliométrica revelou um desenvolvimento científico significativo no setor de laticínios. Os resultados mostram que 36,5% das empresas desconhecem a DOP e que fatores como o tipo de vínculo e o desenvolvimento sustentável influenciam sua viabilidade, com um valor estatístico de 0,1819. O delineamento experimental sugere que a combinação de sub-região, vínculo de produção e abordagem sustentável pode determinar o sucesso de uma DOP regional de laticínios.

PALAVRAS-CHAVE: denominação de origem; indústria de laticínios; região leiteira; análise comparativa.

1. Introduction

A producer will seek high levels of productivity in order to penetrate markets; however, competitiveness is also required, which "*demands strong public-social-private collaboration in the regulation of certain economic activities and in an appropriate sectoral industrial policy*" (Estrada *et al.*, 2013: 17). Medeiros *et al.* (2019) emphasize additional systemic and dynamic factors, including innovation, market size, infrastructure, labor, and the macroeconomic context. The proposal emphasizes the enhancement of competitiveness through the Protected Designation of Origin (PDO) in the dairy sector of northern and eastern Antioquia, Colombia. As Arancibia (2016) indicates, a PDO is a designation that recognizes products with unique characteristics from their origin, reflecting quality and best practices. In Europe, the PDO is classified as a geographical indication; in the U.S., it functions as a certification mark; and in other regions, it is used as an ingredient brand (Escandón-Orellana, 2016). This approach is predicated on the principle of ensuring the authenticity of products and thwarting the proliferation of imitation, a notion that finds substantiation in the Palmero cheese case study, which demonstrated a correlation between enhanced production methodologies and sustainability (Bermejo *et al.*, 2021).

As indicated by official bodies such as the European Parliament and the Council (2012), a further advantage of a PDO is to ensure that farmers and producers receive a fair income for the qualities and characteristics of a given product or its production method. It also helps consumers make informed choices and fosters the adoption of sustainable technologies. A clear example is the Indian dairy sector, where systemic approaches improve production, traceability, and authenticity (Kaushik *et al.*, 2024). In Latin America, Villegas and Cervantes (2011) highlight

PDO cases like Morelos rice and Mexican artisanal cheeses. Ecuadorian examples such as cacao arriba, Montecristi hats, and Galápagos coffee are also mentioned. Other notable PDOs include Pisco and giant corn from Cusco (Peru), Singani and Royal quinoa (Bolivia), Cacao de Chuao and Cucuy Pecayero (Venezuela), and Colombian coffee. As Pino *et al.*, 2018 observe, La Rioja wine, established in 1925, remains Spain's oldest PDO.

In this context, dairy farming has also demonstrated its relevance as a traditional sector that can benefit from the dynamics of territorial differentiation and associated quality, as evidenced by recent studies conducted in Brazil and Colombia. These studies analyze the spatial importance of dairy farming in São Paulo (Ribeiro *et al.*, 2024) and the impact of forage supplements on productivity in dairy cows in Nariño (Nieto-Sierra *et al.*, 2020), respectively. The cases under consideration illustrate how the articulation between local practices and valorisation strategies can strengthen regional agri-food systems.

1.1 State of the art

The bibliometric search revealed that the dairy subsector's PDOs worldwide, ranging from 1988 to 2021 in the Scopus database (FIGURE 1), have documented research papers in 10 countries. Research has primarily focused on cheeses, animal analysis, and nutrients to improve milk quality, with relevance across multiple disciplines such as agricultural and biological sciences, immunology and microbiology, veterinary science, environmental sciences, and social sciences. Recent studies, including those by Iotti *et al.* (2024) and Ferronato *et al.* (2025), emphasise sustainability and carbon footprint in cheese production with PDOs, highlighting their role in enhancing both competitiveness and environmental responsibility.

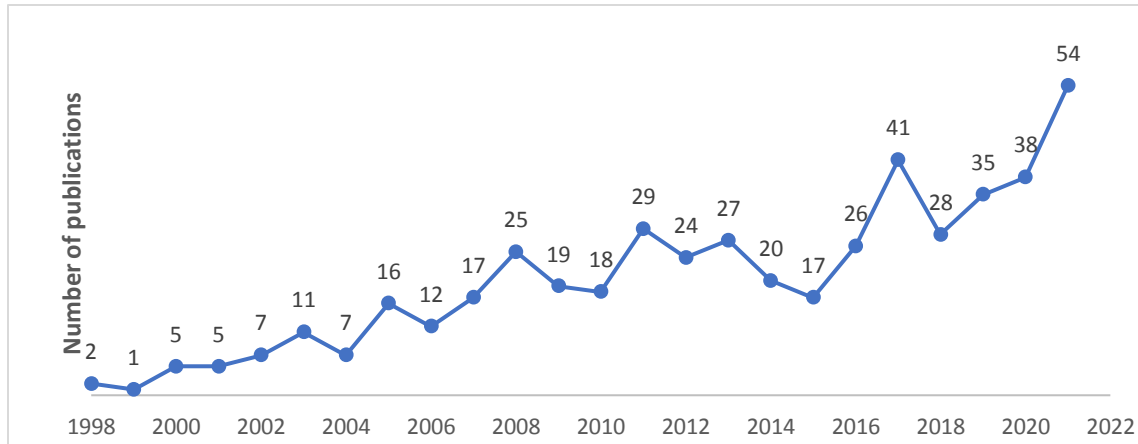


FIGURE 1. Scientific production of PDOs in the dairy sector (1998–2021). Source: Scopus, compiled by authors

This growing trend is indicative of the increased interest in PDOs within the global dairy sector. Over the course of a 23-year period, 484 works have been produced. In relation to the subject under discussion, there is a substantial body of literature on the subject, with works representing a range of cheeses. To illustrate this point, consider Mozzarella cheese, which is characterized by a high moisture content and is produced using traditional technology and direct acidification. This process results in the generation of a PDO (Natrella *et al.*, 2020). Altieri *et al.* (2020) emphasise that the authenticity of Mozzarella cheese is determined by the materials used, based on the ratio of carbon, nitrogen, and oxygen isotopes. Other studies describe PDO cheeses such as Serpa (Araújo-Rodrigues *et al.*, 2020), Idiazábal (Moran *et al.*, 2019), Sierra de la Estrella (Reis *et al.*, 2019), and Buffalo Mozzarella from Campana (Bontempo *et al.*, 2019), highlighting their unique sensory and chemical attributes.

Gaglio *et al.* (2019) present a discussion on the influence of bacterial biofilms made with seven types of wood on Vastedda (Italy) PDO cheeses, noting that wooden vats act as bacterial reservoirs essential to the cheese's unique flavour. These biofilms preserved dominant species, maintaining sensory identity. Morandi *et al.* (2019) used lactic acid bacteria to inhibit *Listeria* and other Gram-positive bacteria, protecting

both health and flavour. Uymaz *et al.* (2019) analyzed PDO Ezine cheese (Turkey), finding that non-starter lactic acid bacteria enhance product quality. In 1996, Bontempo *et al.* (2019) indicated that Buffalo Mozzarella cheese with a Protected Designation of Origin (PDO) is recognized for its tradition, influenced by environmental conditions and traditional methods. Mammi *et al.* (2018) argue that food additives improve cow's milk quality, exemplified by Parmigiano Reggiano. However, Barrios *et al.* (2016) highlight ongoing performance and technology challenges in the dairy industries of developing countries.

1.2 Problem situation

This concise overview of the substantial scientific advancements in the dairy sector's PDO facilitates the formulation of a proposal that aims to address the following: firstly, the level of interest in two specific subregions situated in an emerging economy (Antioquia, Colombia) and the significance of acquiring a PDO as a competitive asset in both subregions, which share a similar productive vocation. As posited by Sgroi *et al.* (2021), the enhancement of business competitiveness is a pivotal stratagem for achieving success, exerting a favourable influence on both the geographical region and the natural environment. Marulanda and Martínez (2018) describe the socioeconomic features of the Eastern subregion. The Medellín Chamber of

Commerce (CCM) (2017) outlines economic limitations in the northern subregion. Medina *et al.* (2019) emphasized soil conditions. Corantioquia (2016) reports high water usage. Delgado-Pertíñez *et al.* (2021) link environment and milk quality. Cassolini (2018) notes hygiene deficiencies. Bolívar Parra *et al.* (2020) evaluate microbial safety in Quesito.

1.3 Research question

The two defined regions are indicative of the dairy potential of the region and the country as a whole. Initially, and without the necessary research knowledge, two products were identified: quesito (small cheese) in the northern subregion and a cheese without yet knowing the specific characteristics that make it unique in the eastern subregion. The initial approach to the detection of a PDO gives rise to a research question that delineates the objective of the work: This study will examine the potential and degree of interest of the two subregions in achieving a PDO in their dairy sector as a competitiveness strategy. At the objective level, the research focuses on analyzing the potential and degree of interest of the two dairy production subregions in obtaining a PDO.

2. Materials and method

The research is framed within a comparative and analytical study, understood as "*an intellectual operation through which the states of one (or more) objects are compared based on at least one common property*" (Fideli, 1998; Marradi, 1991, cited in Piovani y Krawczyk, 2017: 3). The approach adopted is also descriptive, with the objective being to identify and understand the realities and unique characteristics of the object of study (Aguirre & Jaramillo, 2015). In this case, the focus is on two dairy subregions whose geographic, climatic, productive, and cultural features suggest potential competitive advantages. This demands a detailed territorial characterization and a contextualized narrative. In this sense, Younas *et al.* (2023) propose the

"MIRACLE" narrative framework to structure thick descriptions in qualitative research. This reinforces the importance of rigorously documenting the unique characteristics of the subregions studied. In their study, Guevara *et al.*, (2020) posit that the crux of the matter lies in identifying homogeneous characteristics that enable the establishment of behavioral structures in each locale.

The research method is mixed, also termed multi-methods, mixtures, or methodological triangulations, as Pereira (2011) and Ruiz (2008) designate it, signifying that this research paradigm permits the integration of quantitative and qualitative studies. To operationalize this, the study incorporated three types of perspectives, or 'links', in each dairy subregion—producers, industrial processors, and marketers—to assess potential and interest in the PDO. The producer category refers to cattle herds, the industrial to processors, and the marketer to distribution agents. A structured survey was used to gather data. Casas *et al.* (2023) describe this as a research technique that collects a series of representative data from the population, with a view to exploring, predicting and explaining characteristics. The survey format included 10 questions, as shown in TABLE 1, aimed at obtaining general insights into the subregions and offering a preliminary overview of the information regarding the PDO.

Thereafter, contact was initiated with all relevant stakeholders in the dairy production sectors within the two subregions, resulting in the compilation of a total of 74 records. From this dataset, a random sample of respondents was then selected for further engagement. The data obtained were processed using a comparative analysis approach and multifactorial experimental design, with a view to identifying emerging themes and patterns that enrich the factors influencing perceptions of dairy products in the study subregions. As illustrated in FIGURE 2, the responses obtained from each subregion and link are presented.

TABLE 1. Question format for the 3 links in the dairy subsector. Source: own elaboration

Variable	Question
v0	Category
v1	Company name
v2	Subregion
v3	How many years has the company been established?
v4	In which municipality is your company located?
v5	How many employees do you have in your company?
v6	What products does your company offer?
v7	Do you know what a designation of origin is and its impact on sustainable development?
v8	What kind of products are produced in the region where you are located?
v9	What product do you consider to be the most representative of the region?
v10	Do you consider that dairy products are produced with respect for the environment (sustainable development)?

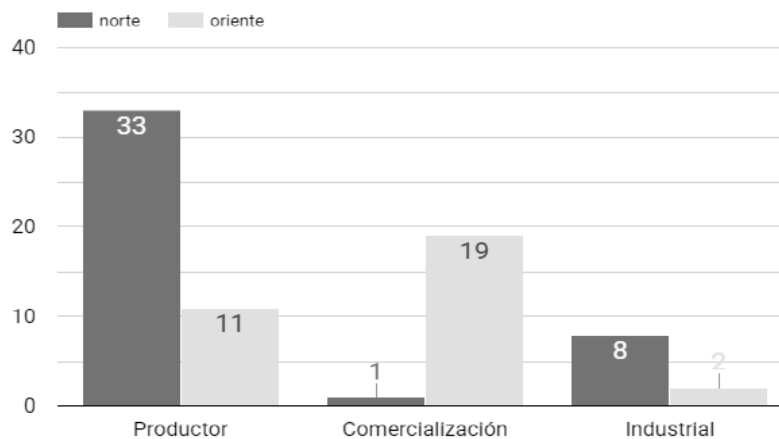


FIGURE 2. Survey responses for each subregion and link. Source: Prepared by the authors

The northern subregion has the highest production in the region, accounting for 70% of total production. The largest producer population is located there, with a total of 33 responses from one marketer and eight industrial producers. In the eastern subregion, 11 records were obtained from producers, 19 from marketers, and two from industrial producers. Finally, at the methodological level, the collected data were analyzed, coded, and the responses categorized.

3.1 Descriptive comparative analysis

In the course of the survey conducted in order to ascertain the respondents' knowledge of the PDO, the following responses were obtained: 63.51% of respondents were unaware of the term 'PDO', while 12.16% of production links in the eastern subregion and 10.81% in the northern subregion were familiar with the term. As illustrated in FIGURE 3, the data is broken down to show the details for each link and subregion.

3. Results

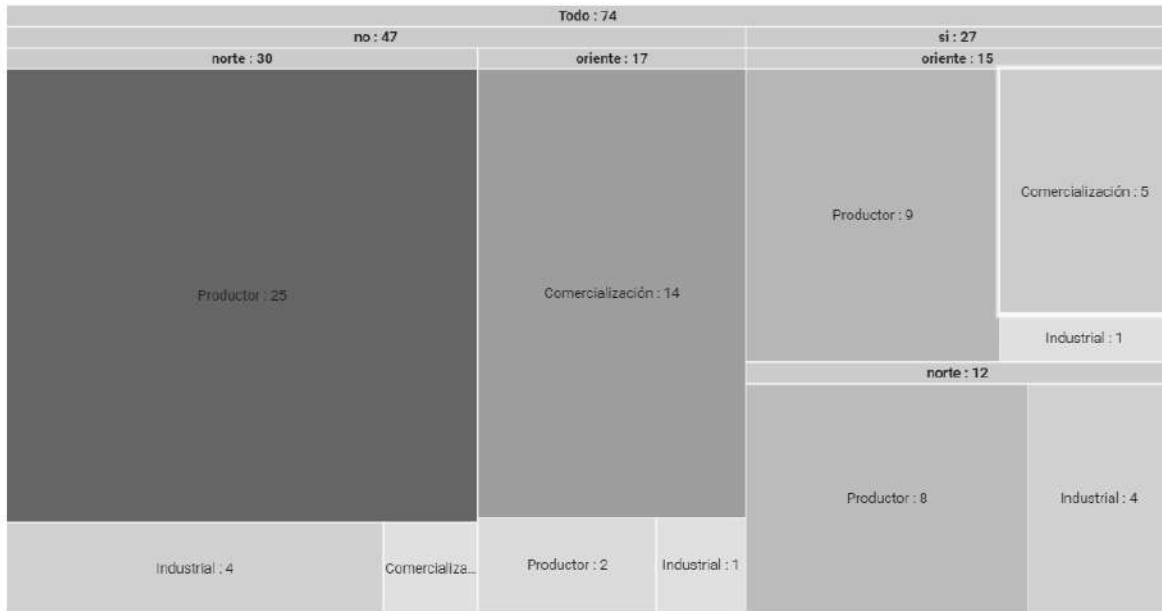


FIGURE 3. Knowledge of PDOs by link in subregions. Source: prepared by the authors

The responses obtained in the eastern dairy subregion demonstrate that the majority of respondents understand the PDO as a competitiveness factor. As illustrated in FIGURE 4, the majority of companies engaged in the

production, marketing and industrial links of the dairy sector are situated in the northern subregion of the department, accounting for 56.8% of all relevant entities.

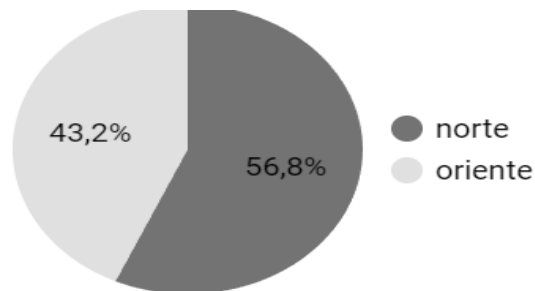


FIGURE 4. Company participation in the survey by dairy subregion. Source: prepared by the authors

The northern subregion is comprised of 17 municipalities, of which it is notable that the dairy subregion is represented by six localities. Similarly, the Eastern subregion is comprised of 23 municipalities, of which a mere 9 have been

recognized for their dairy production. As illustrated in FIGURE 5, the responses for each link in the production chain are represented for each of the subregions.

As illustrated in FIGURE 6, the most representative products for each region are indicated. In this case, 32 companies in the Northern region identified milk as the most significant product, while a mixture of cheese and milk was recognized to a lesser extent by companies in the Eastern region.

In the Northern subregion, milk is the most prominent product, while in the Eastern region, cheese is the most significant. Furthermore, the survey revealed some of the most common problems for producers, which are highlighted in FIGURE 7 for each subregion.

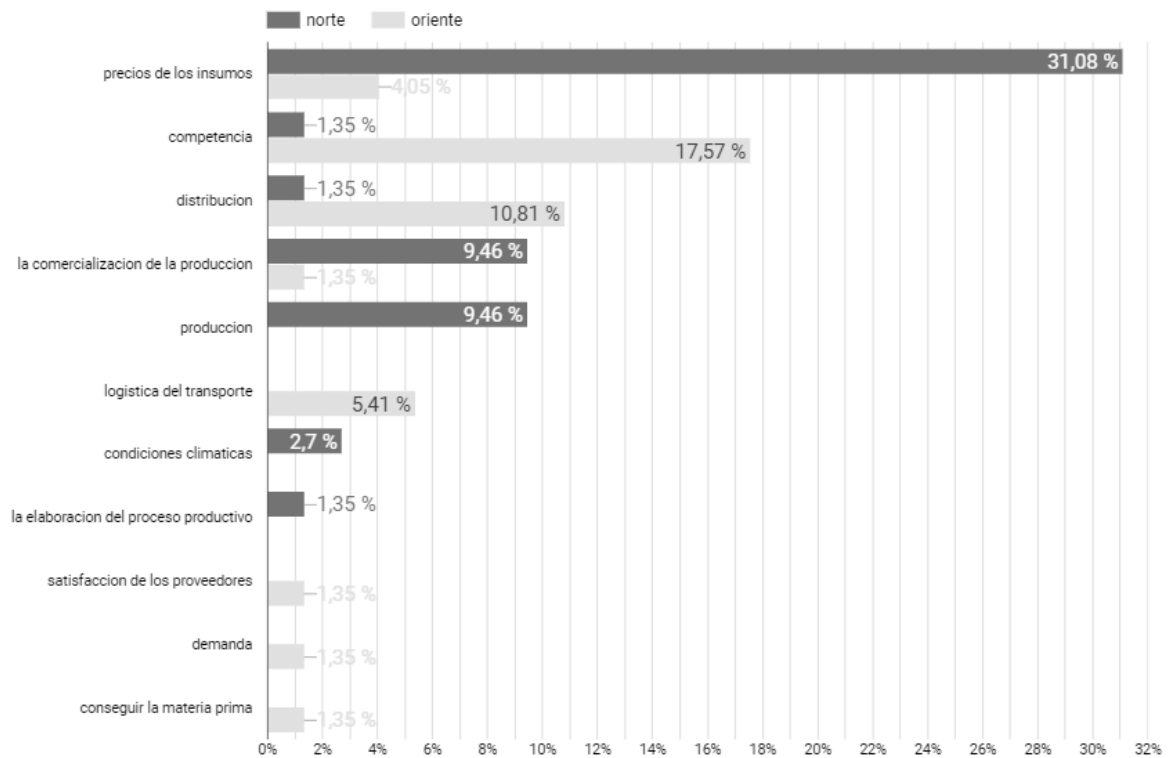


FIGURE 7. Difficulties faced by producers in dairy subregions. Source: prepared by the authors

In order to obtain the PDO, productive activity in each of the links must face various challenges. The northern subregion struggles with high production input costs, while the eastern subregion faces competition and distribution issues. The northern link is mainly productive, complicating marketing efforts, unlike the eastern subregion, which faces logistical difficulties. The high cost of agricultural inputs in the north is critical, as *"the prices of agricultural raw materials have increased substantially. Depending on the type of good, their price has doubled and even quadrupled in relation to manufactured goods."* (Roitbarg, 2021: 3). The

OECD-FAO (2018) explains this increase as resulting from high per capita consumption of agricultural goods. Market competition in the east must be analyzed, although a *"dynamic market where there are no barriers... will result in more options for consumers."* (Tassano, 2016: 106). Godás (2006) highlights the strategic role of distribution in the production chain, involving logistics, channels, and points of sale.

3.2 Multifactorial experimental design

A multifactorial experimental design was developed to ascertain which factors or combinations of factors influence the PDO

process. This methodology pertains to an approach entailing the simultaneous manipulation of multiple independent variables or factors under study (Beg & Rahman, 2021). The primary objective of this study is to analyze the manner in which these variables interact and affect a dependent variable within a controlled environment (Metteler *et al.*, 2014). This design facilitates the exploration of not only the primary effects of each factor, but also the interactions between them, thereby enabling a more profound comprehension of causal relationships.

The primary applications of this methodology are threefold: firstly, to investigate and optimize processes; secondly, to evaluate treatments; and thirdly, to understand complex phenomena (Telford, 2007). The data obtained from the survey were used for three variables considered important for establishing a PDO (Salamon *et al.* 2016), resulting in a 2x3x2 design with the number of companies as the dependent variable.

From this, seven hypotheses are proposed in the multifactorial experimental design to evaluate its effects, as follows:

HYPOTHESIS	SUPPOSED
1	The subregion does not have a statistically significant effect on the dependent variable
2	The type of business does not have a statistically significant effect on the dependent variable
3	Subregion and type of business do not have a statistically significant effect on the dependent variable
4	Sustainable development in DOP does not have a statistically significant effect on the dependent variable
5	The subregion and sustainable development in DOP do not have a statistically significant effect on the dependent variable
6	The type of link and sustainable development in DOP do not have a statistically significant effect on the dependent variable
7	Subregion, link type and sustainable development in DOP do not have a statistically significant effect on the dependent variable

Source: own elaboration

The model that represents the experimental design is presented below:

$$Y_{ijk} = \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Where:

Y = Number of companies

α = Subregion (North, East)

β = Type of link (Producer, industrial, marketer)

γ = Sustainable development in PDO (Known, unknown)

αβ = Combination of factors: subregion and type of link

αγ = Combination of factors: subregion and sustainable development in PDO

βγ = Combination of factors: type of link and sustainable development in PDO

αβγ = Combination of factors: subregion, type of link, and sustainable development in PDO

ANOVA was applied to test the hypotheses of the experimental design, serving as a statistical technique to compare groups and detect significant differences. In a multifactorial design,

ANOVA assesses the effects of two or more independent variables on a dependent variable. It divides total variance into between-group and within-group components. If the between-group

variance significantly exceeds the within-group variance, it indicates that at least one group differs from the others (Molugaram & Rao, 2017).

The results shown in TABLE 2 support this conclusion and confirm the presence of significant differences among the groups.

TABLE 2. ANOVA result multifactorial experimental design. Source: own development

Variable	Quadratic sum	Degrees of freedom	Statistic F	PR(>F)	Comparative
Subregion	8.33E+06	1.0	3.01E+05	0.612324	Do not reject H1
Link type	7.20E+07	1.0	2.60E+06	0.181998	Reject H2
Region: link type	2.00E+08	1.0	7.23E+06	0.054734	Reject H3
Sustainable development DOP	3.33E+07	1.0	1.20E+06	0.333998	Reject H4
Region: sustainable development DOP	2.13E+07	1.0	7.71E+05	0.429463	Reject H5
Link type: sustainable development DOP	8.20E-23	1.0	2.97E-24	1.0	Do not reject H6
Region: link type, sustainable development DOP	1.28E+08	1.0	4.63E+06	0.097879	Reject H7
Residual	1.11E+08	4.0			

It is evident from the results and, moreover, in consideration of the hypothesis acceptance criterion, that the following relationship must be established:

$F < Pr$ statistic (F): The hypothesis is not rejected, it is accepted.

As demonstrated in TABLE 2, an analysis of the statistics employed for the evaluation of hypotheses reveals the following findings: firstly, the subregion associated with hypothesis 1, and the intersection of the variables Link Type and sustainable development in PDO, linked to hypothesis 6, exhibit no statistically significant impact on the number of associated firms within the PDO. However, the type of link and sustainable development in PDO hypotheses 2 and 4 have a statistically significant effect on the number of linked firms in the PDO research. Furthermore, the interactions of hypotheses 3, 5 and 7 have been found to be statistically significant.

4. Discussion

4.1 Comparison with other studies

The findings of this research reveal that, despite the productive and cultural potential of the dairy subregions of northern and eastern Antioquia, a low level of awareness about the Protected Designation of Origin persists. This represents both a challenge and an opportunity. In other regions of the world, the consolidation of products with PDOs has been shown to be an effective strategy for strengthening regional competitiveness, provided that the product's identity is articulated with agroecological conditions and differentiated production practices. For instance, Gagliano *et al.* (2025) demonstrated that the sensory and physical-chemical characteristics of Parmigiano Reggiano cheese exhibit significant variation depending on the type of forage consumed by livestock. This underscores the necessity to consider local variables such as diet, environment, and traditional practices in the characterization of products with PDOs.

In this sense, technological innovation also plays a strategic role in the positioning of dairy products with a territorial identity. Luo *et al.* (2025) demonstrated that the incorporation of functional polysaccharides into products such as goat's milk yoghurt can enhance their nutritional and technological properties without compromising their authenticity. From a regulatory and public policy perspective, it is essential to accompany these differentiation processes with robust institutional frameworks. Products derived from raw milk have garnered mounting attention for their nutritional benefits, microbiological richness, and connection with artisanal practices, as emphasized by Cains and Wales (2024). However, these products are subject to stringent sanitary control standards. Additionally, as Sarma *et al.* (2025) have demonstrated, factors such as producer attitudes, perceived control, and social norms shape adoption intentions, requiring training, trust, and organizational development throughout the production chain.

Finally, it is imperative to advance research processes that not only physicochemically characterize products with PDO potential, but also comprehensively and contextually document the relationship between territory, culture, and production practices. The 'MIRACLE' narrative framework proposed by Younas *et al.* (2023) offers a relevant methodological approach to capture these complexities, thereby enabling a more comprehensive understanding of the symbolic, economic and ecological value of local dairy products.

4.2 Implications

The study identifies clear opportunities to promote regional development through the recognition of dairy products with Protected Designation of Origin (PDO). This status can serve as a strategic instrument to differentiate regional offerings, facilitate access to specialized markets, and enhance the added value of traditional products. To achieve this, it is essential that producers, processors, and marketers receive training and technical support to understand the

value of PDOs and the requirements for obtaining them.

From a technological perspective, integrating traditional practices with functional innovations can boost competitiveness. Advances in microbiology, nutrition, and preservation allow for the creation of new product lines aligned with consumer demands for healthy, natural, and sustainable foods. This requires strong collaboration between producers, research centers, and rural development organizations.

In the social and organizational context, the success of a PDO strategy depends on factors such as actor cohesion across the production chain, territorial identity, and openness to innovation. Therefore, interventions must combine technical assistance with participatory processes, local governance mechanisms, and incentives for associative development, aiming to consolidate a strong and sustainable territorial identity.

4.3 Future research

It is recommended that the results obtained be used to derive key recommendations for the guidance of future research. Firstly, further qualitative studies are recommended in order to understand the reasons underlying the low level of awareness of PDOs in certain subregions, particularly those with a high concentration of companies, such as the northern subregion. This would facilitate the design of targeted training strategies, taking into account the cultural, logistical and economic particularities of each territory. In addition, subsequent research endeavors could encompass the integration of supplementary variables pertaining to local public policies, accessibility to sustainable production technologies, and inter-firm cooperation networks. These variables have the potential to exert influence on the adoption of PDOs as a means of differentiation and competitiveness strategy.

Secondly, the multifactorial experimental design revealed no statistically significant effects between the combinations of subregion, type of link, and awareness of PDOs. Consequently, future research should explore potential

mediating or moderating variables, including company size, the educational attainment of those responsible, access to formal markets, and membership in trade associations. These factors may provide a rationale for observed variations in the implementation of practices aimed at sustainable development with PDOs. Furthermore, the execution of longitudinal studies would be pertinent in order to evaluate the progression of knowledge and the adoption of PDOs over time. Such studies would also ascertain the actual impact of PDOs on the competitiveness and sustainability of dairy production systems.

Finally, it is recommended to develop interdisciplinary approaches that integrate economic, environmental, and social perspectives in the study of PDOs. This will facilitate the development of more robust and contextualized models that consider not only production factors but also the structural conditions that determine the viability of implementing PDOs in territories with differentiated realities. In addition, geospatial and value chain analyses could be incorporated to identify territories with the greatest potential for PDO recognition, thus facilitating strategic decision-making by public, private, and community institutions.

5. Conclusion

The geographical provenance of a product is of paramount importance for the PDO, particularly in the primary sector (agriculture, livestock), such as the production of dairy products and certain artisanal processes. The geographical origin of a product provides a context, whether historical and/or cultural, that supports the authenticity and tradition associated with the product. Furthermore, it enables consumers to identify and appreciate its specific characteristics, thereby engendering trust and ensuring quality and legitimate origin. The guarantee of authenticity and added value is also provided, with the preservation of local traditions and the stimulation of economic development in producing regions being further promoted. The multifactorial experimental design presented associations for regional decision-making and for

the dairy subsectors in each subregion. The findings indicated that the PDO is a significant factor, irrespective of geographical location, and that the various links in the production chain are also of importance. Moreover, sustainable development is imperative for attaining such certification, given that the contemporary world is grappling with the acute consequences of environmental protection. It is imperative to emphasise that the presence of these dairy products is predominantly observed in extensive rural areas, where the practice has been perpetuated by successive generations of farmers who depend on this activity as their primary source of revenue. Consequently, the acquisition of a PDO functions as a letter of introduction, facilitating market entry and enhancing the quality of life for this demographic.

In summary, the PDO is founded on the principles of quality and authenticity, with the objective of creating a unique product. It is incumbent upon the subregions addressed to make efforts to find products with a PDO. Consequently, the necessity to concentrate on each subregion was identified, given that, while both subregions share the same productive vocation, they also face different problems. Consequently, the various stages of production possess distinct interests, and ultimately, the fundamental element demanded by diverse global markets is that the production, in this instance dairy products, embodies environmental sustainability, signifying sustainable development. It is evident, based on empirical evidence and accumulated knowledge, that the northern dairy subregion possesses a product with the potential to be designated with a Protected Designation of Origin (PDO) status. The following query is submitted for consideration: Conversely, the eastern subregion has yet to be characterized in sufficient detail to determine whether it meets the necessary criteria for this distinction. The subsequent investigative step is to corroborate the aforementioned hypothesis from producers, processors, consumers, and experts.

6. Acknowledgments

We gratefully acknowledge the efforts of the Metropolitan Technological Institute in supporting the generation of new knowledge by providing resources to the research area. We also acknowledge the valuable collaboration of the Medellín Chamber of Commerce in bringing us closer to the productive sectors to obtain information, especially in these remote rural areas. We believe this demonstrates the relationship between university and business, seeking to contribute to the business and social fabric.

7. References quoted

- AGUIRRE, J. y L. JARAMILLO. 2015. "El papel de la descripción en la investigación cualitativa". *Cinta Moebio*, (53): 175-189. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-554X2015000200006>.
- ALTIERI, S.; SAIANO, K.; BIONDI, M.; RICCI, P. & C. LUBRITTO. 2020. "Traceability of 'Mozzarella di Bufala Campana' production chain by means of carbon, nitrogen and oxygen stable isotope ratios". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(3): 995-1003. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jsfa.10100>.
- ARANCIBIA, M. 2016. "The Importance of Appellations of Origin and Geographical Indications for National". *Iberoamericana de Viticultura, Agroindustria y Ruralidad*, 3(8): 267-283. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4695/469546449013.pdf>.
- ARAÚJO-RODRÍGUES, H.; TAVARIA, F.; DOS SANTOS, M.; ALVARENGA, N. & M. PINTADO. 2020. "A review on microbiological and technological aspects of Serpa PDO cheese: An ovine raw milk cheese". *International Dairy Journal*, 100. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.104561>.
- BARRIOS, D.; RESTREPO-ESCOBAR F. y M. F. CERON-MUNOZ. 2016. "Análisis de la competitividad del sector lechero: caso aplicado al norte de Antioquia, Colombia". *Innovar*, 23(48): 33-44.
- BEG, S. & M. RAHMAN. 2021. "Design of experiments application for analytical method development". In: *Handbook of Analytical Quality by Design*, pp. 191-197. Academic Press. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820332-3.00011-X>.
- BERMEJO, L. A.; FAÇANHA, D. A. E.; GUERRA, N. B. & J. J. VIERA. 2021. "Protected Designation of Origin as driver of change in goat production systems: Beyond added value". *Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias UNCuyo*, 53(1): 196-206. Disponible en: <https://doi.org/10.48162/rev.39.019>.
- BOLIVAR PARRA, L.; GIRALDO HINCAPIÉ, P. A. & O. I. MONTOYA CAMPUZANO. 2020. "Antimicrobial activity of a synthetic bacteriocin found in the genome of *Lactobacillus casei* on the microbiota of Antioquian soft cheese (Quesito Antioqueño)". *Vitae*, 27(1). Disponible en: <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v27n1a02>.
- BONTEMPO, L.; BARBERO, A.; BERTOLDI, D.; CAMIN, F.; LARCHER, R.; PERINI, M.; & E. PIASSENTIER. 2019. "Isotopic and elemental profiles of Mediterranean buffalo milk and cheese and authentication of Mozzarella di Bufala Campana PDO: An initial exploratory study". *Food Chemistry*, 285: 316-323. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.160>.

- CAINS, M. & N. S. WALES. 2024. *The Benefits of Raw Milk Cheese Production*. Nuffield, Australia
- CÁMARA DE COMERCIO DE MEDELLÍN. 2017. *Perfil socioeconómico de la subregión del norte*. Medellín, Colombia.
- CASAS, J.; REPULLO, J. y J. DONADO. 2003. "La encuesta como técnica de investigación. elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I)". *Atención Primaria*, 31(8): 527-538. Disponible en: <https://www.elsevier.es> > [es-revista-atencion-primaria-2](#).
- CASSOLINE, L.; MUNERA, O.; OLIVERA- ANGEL, M. & M. CERÓN. 2018. "Caracterización de sistemas de producción lechera de Antioquia con sistemas de ordeño mecánico". *Livestock Research for Rural Development*, 30(5): 1-10. Disponible en: <https://acortar.link/WZpdtC>.
- CORANTIOQUIA. 2016. *Manual de producción y consumo sostenible gestión del recurso hídrico: sector Lácteo*. Disponible en: <https://www.corantioquia.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/Lacteos.pdf>.
- DELGADO-PERTIÑEZ, M.; MARTÍN-GARCÍA, I.; MENA, Y.; ZARAZAGA, L. Á. & J. L. GUZMÁN. 2021. "Supplementing the diet of dairy goats with dried orange pulp throughout lactation: II effect on milk fatty acids profile, phenolic compounds, fat-soluble vitamins and antioxidant capacity". *Animals*, 11(8): 2.421. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ani11082421>.
- ESCANDÓN-ORELLANA, P. 2016. "Informe Escandón La Denominación de Origen". *Revista Iberoamericana de Viticultura, Agroindustria y Ruralidad (RIVAR)*, 3(8): 284-329.
- ESTRADA, B.; PAZ, M.; SANABRIA, A. y J. UXÓ. 2013. *Qué hacemos con la falacia que vincula la salida de la crisis con bajas salariales que en verdad no mejoran la competitividad*. Akal. Madrid, España. Disponible en: <https://elibro.bibliotecaitm.elogim.com/es/ereader/bibliotecaitm/49697>.
- FERRONATO, G.; TOBANELLI, N.; BANI, P. & L. CATTANEO. 2025. "Carbon footprint assessment of dairy milk and Grana Padano PDO cheese and improvement scenarios: A case study in the Po Valley (Italy)". *Animals*, 15(6): 811. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ani15060811>.
- GAGLIANO, M. A.; TURA, M.; SOGLIA, F.; CEVOLI, C.; BARBIERI, S.; BRASCHI, G., ... & E. VALLI. 2025. "Sensory and instrumental characterization of Parmigiano Reggiano Protected Designation of Origin Cheese obtained from milk of cows fed fresh herbage vs. dry hay". *Foods*, 14(10): 1.781. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/foods14101781>.
- GAGLIO, R.; CRUCIETA, M.; SCATASSA, M.; TOLONE, M.; MANCUSO, I.; CARDAMONE, C. & L. SETTANNI. 2019. "Influence of the early bacterial biofilms developed on vats made with seven wood types on PDO Vastedda della valle del Belice cheese characteristics". *International Journal of Food Microbiology*, 291: 91-103. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.11.017>.
- GODÁS, L. 2006. "La distribución: instrumento para el diseño de estrategias de marketing en la oficina de farmacia". *Offarm*, 25(10): 116-120. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13095510>.

- GUEVARA, G.; VERDESOTO, A. y N. CASTRO. 2020. "Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)". *Recimundo*, 163-173. Disponible en: [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\)julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3)julio.2020.163-173).
- IOTTI, M.; FERRI, G.; MANGHI, E.; CALUGI, A. & G. BONAZZI. 2024. "Sustainability assessment of the performance of parmigiano reggiano PDO firms: A comparative analysis of firms' legal form and altitude range". *Sustainability*, 16(20), 9093. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su16209093>.
- KAUSHIK, H.; RAJWANSHI, R. & A. BHADAURIA. 2024. "Modeling the challenges of technology adoption in dairy farming". *Journal of Science and Technology Policy Management*, 15(6): 1.455-1.480. Disponible en: <https://doi.org/10.1108/JSTPM-09-2022-0163>.
- LUO, Z.; ZHU, Y.; XIANG, H.; WANG, Z.; SUN, X. & Z. GUO. 2025. "Characterization of heat-induced whey protein-Dendrobium officinale polysaccharide and its application in goat milk yogurt". *International Journal of Biological Macromolecules*, 143319. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.143319>.
- MAMMI, L.; PALMONARI, A.; FUSTINI, M.; CAVALLINI, D.; CANESTRARI, G.; J. CHAPMAN, J. & A. FORMIGONI. 2018. "Immunomodulant feed supplement to support dairy cows health and milk quality evaluated in Parmigiano Reggiano cheese production". *Animal Feed Science and Technology*, 242: 21-30. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.05.011>.
- MARULANDA, D. y J. MARTÍNEZ. 2018. "Actualidad socioeconómica de Oriente antioqueño y su proyección de crecimiento articulado con el papel de la Universidad de Antioquia seccional Oriente Antioqueño". *Science of Human Action*, 32: 359-390. Disponible en: <https://doi.org/10.21501/2500-669X.2929>.
- MEDEIROS, V.; GONÇALVES, L. y E. CAMARGOS. 2019. "La competitividad y sus factores determinantes: un análisis sistémico para países en desarrollo". *Revista de la CEPAL*, (129): 7-27. Disponible en: <https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/>.
- MEDINA, S.; ARISMENDI, J. y M. CERÓN-MUÑOZ. 2019. "Descripción de las relaciones entre parámetros químicos en suelos de fincas lecheras del norte de Antioquia, Colombia. Livestock". *Research for Rural Development*, 31(7). Disponible en: <https://acortar.link/NWWJzM>.
- METTELER, T.; EURICH, M. & R. WINTER. 2014. "On the use of experiments in design science research: A proposition of an evaluation framework". *CAIS*, 34(10): 223-240 Disponible en: <https://doi.org/10.17705/1CAIS.03410>.
- MOLUGARAM, K. & S. RAO. 2017. "Analysis of Variance". *ANOVA*, 451-462. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/314661054_ANOVA_Analysis_of_Variance.
- MORAN, L.; ALDEZABAL, A.; ALDAI, N. & J. BARRON. 2019. "Terpenoid traceability of commercial sheep cheeses produced in mountain and valley farms: From pasture to mature cheeses". *Food Research International*, 126. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108669>.

- MORANDI, S.; SILVETTI, T.; BATTELLI, J. & M. BRASCA. 2019. "Can lactic acid bacteria be an efficient tool for controlling *Listeria monocytogenes* contamination on cheese surface? The case of Gorgonzola cheese". *Food Control*, 96, 499-507. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.10.012>.
- NATRELLA, G.; FACCIA, M.; LORENZO, J.; DE PALO, P. & G. GAMBACORTA. 2020. "Short communication: Sensory characteristics and volatile organic compound profile of high-moisture mozzarella made by traditional and direct acidification technology". *Journal of Dairy Science*, 103(3): 2.089-2.097. Disponible en: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17059>.
- NIETO-SIERRA, D. F.; LAGOS-BURBANO, E.; AVELLANEDA-AVELLANEDA, Y. & E. CASTRO-RINCÓN. 2020. "Productivity of dairy cows supplemented with silage of fava bean or fodder beet". *Agronomía Mesoamericana*, 31(2): 341-351. Disponible en: [doi:10.15517/am.v31i2.37806](https://doi.org/10.15517/am.v31i2.37806).
- PARLAMENTO EUROPEO y DEL CONSEJO. 2012. *Reglamento No. 1151/2012 Regímenes de calidad de los productos agrícolas y alimenticios*. Unión Europea. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2012/343/L00001-00029.pdf>.
- PEREIRA, Z. 2011. "Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta". *Electrónica Educare*, XV(1): 15-29. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1941/194118804003.pdf>.
- PINO, S.; AGUILAR, H. & L. SISALEMA. 2018. "The denomination of origin for cocoa arriba. In search of the holy Grail". *Espacios*, 39(16): 1-15. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/>.
- PIOVANI, J. & N. KRAWCZYK. 2017. "Comparative Studies: historical, epistemological and methodological notes". *Educação & Realidade*, 42(3): 821-839. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/2175-623667609>.
- REIS, L.; BAHRI, H.; SÁ MORAIS, J.; VELOSO, A.; FONTES, L. & E. LEMOS. 2019. "Assessing Serra da Estrela PDO cheeses' origin-production date using fatty acids profiles". *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(4): 2.988-2.997. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00219-z>.
- RIBEIRO, G. L.; LOURENZANI, W. L.; BÁNKUTI, F. I. & P. A. BUSTOS MAC-LEAN. 2024. "Importance of dairy activity in the state of São Paulo: a spatial analysis". *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento*, 20(3): 206-226.
- ROITBARG, H. 2021. "Factores detrás del aumento de precios en el sector agrícola a inicios del siglo XXI: rentas, salarios, petróleo y productividad". *Desarrollo y Sociedad*, (88): 169-199. Disponible en: <https://doi.org/10.13043/dys.88.5>.
- RUIZ, C. 2008. "El enfoque multimétodo en la investigación social y educativa: una mirada desde el paradigma de la complejidad". *Revista de Filosofía y Socio Política de la Educación*, (8): 13-28. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2785456>.

- ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) - FAO. 2018. *Perspectivas Agrícolas 2016-2025*. Disponible en: OECD Publishing, París. DOI: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-es.
- SALAMON, P.; WEIBLE, D.; WEBER, S. & I. CHISTOPH-SCHULZ. 2016. "Pros and cons of introducing a mandatory country of origin labelling for dairy products in Germany". *International journal on foods system dynamics*, 314-323. Disponible en: <https://doi.org/10.18461/pfsd.2016.1634>.
- SARMA, P. K.; ALAM, M. J.; RABBANI, G.; BEGUM, I. A.; AHMED, J. U. & A. M. MCKENZIE. 2025. "Farmers' behavioral intentions to adopt livestock interventions for food security: a theory of planned behavior approach". *Discover Sustainability*, 6(1): 190. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s43621-025-00960-0>.
- SGROI, F.; DONIA, E. & A. M. MINEO. 2021. "Company competitiveness as a variable success strategy for the Territory and the Environment". *Calitatea*, 22(180): 139-147.
- TASSANO, H. 2016. "Competencia y regulación". *Derecho PUCP*, (76): 105-121. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18800/derechopucp.201601.004>.
- TELFORD, J. 2007. "A Brief Introduction to Design of Experiments". *Johns Hopkins Apl Technical Digest*, 27(3): 224-232. Disponible en: <https://secwww.jhuapl.edu/techdigest/Content/techdigest/pdf/V27-N03/27-03-Telford.pdf>.
- UYMAZ, B.; AKÇELIK, N. & Y. ZERRIN. 2019. "Physicochemical and microbiological characterization of protected designation of origin ezine cheese: Assessment of Non-starter Lactic Acid Bacterial Diversity with Antimicrobial Activity". *Food Science of Animal Resources*, 39(5): 804-819. Disponible en: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e71>.
- VILLEGAS, A. y F. CERVANTES. 2011. "La genuinidad y tipicidad en la revalorización de los quesos artesanales mexicanos". *Estudios Sociales*, 19(38): 146-164. Disponible en: <https://redalyc.org/pdf/417/41719205006.pdf>.
- YOUNAS, A.; FÀBREGUES, S.; DURANTE, A.; ESCALANTE, E. L.; INAYAT, S. & P. ALI. 2023. "Proposing the "MIRACLE" narrative framework for providing thick description in qualitative research". *International Journal of Qualitative Methods*, 22: 16094069221147162. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/16094069221147162>.

Lugar y fecha de finalización del artículo:
Medellín, Antioquia, Colombia; junio, 2025

Analise do Índice da Qualidade da Paisagem do Médio rio Cristalino, município de Cocalinho, Mato Grosso, Brasil

Análisis del Índice de Calidad del Paisaje del Medio río Cristalino, municipio de Cocalinho, Mato Grosso, Brasil

Analysis of the Landscape Quality Index of the Middle Cristalino River, Municipality of Cocalinho, Mato Grosso, Brazil

Maria de Fátima Vilela¹, Ivo Augusto Lopes Magalhães², Ana Clara Alves de Melo¹, Giovana Maranhão Bettiol³, Lidiamar Barbosa de Albuquerque¹ y Edson Eyji Sano¹

¹ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Cerrados, Planaltina

² Universidade de Brasília (UnB), Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas e Geodinâmica

³ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA sede), Brasília DF, Brasil

marina.vilela@embrapa.br; ivosrmagalhaes@gmail.com; aanaclara_alves@hotmail.com; gibettiol@gmail.com; lidiamar98@yahoo.com; edson.sano@gmail.com

Vilela: <https://orcid.org/0000-0002-0002-5844>

Magalhães: <https://orcid.org/0000-0003-4136-1972>

Melo: <https://orcid.org/0000-0002-6399-9689>

Bettiol: <https://orcid.org/0000-0003-0619-3061>

Albuquerque: <https://orcid.org/0000-0003-0260-7642>

Sano: <https://orcid.org/0000-0001-5760-556X>

Resumo

O objetivo do estudo foi determinar o Índice de Qualidade da Paisagem (IQP) na bacia hidrográfica do médio rio Cristalino no município de Cocalinho, estado de Mato Grosso, Brasil, por meio de ferramentas de sistema de informações geográficas e técnicas de sensoriamento remoto. O estudo foi baseado no mapeamento de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica obtido por meio da fotointerpretação do mosaico mensal do satélite PlanetScope adquirido em setembro de 2022, disponível na plataforma *Google Earth Engine*. O passivo ambiental nas áreas de preservação permanente (APPs) foi estimado calculando-se as áreas de intervenção antrópica ao longo dessas áreas de preservação. Para análise da qualidade da paisagem, foram considerados os dados de vegetação nativa, fragmentação, degradação e passivo ambiental ao longo das APPs, categorizados segundo a escala de Braun-Blanquet. A área do passivo ambiental em APPs hídricas foi mensurada em 4.061 ha, o que representa um passivo de 29%. O IQP calculado foi de 3,75, considerado como de média a alta qualidade ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: fragmentação florestal; métricas da paisagem; geoprocessamento; restauração ecológica.

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar el Índice de Calidad del Paisaje (IQP) en la cuenca hidrográfica del medio río Cristalino, en el municipio de Cocalinho, estado de Mato Grosso, Brasil, mediante el uso de herramientas de sistemas de información geográfica y técnicas de teledetección. El estudio se basó en el mapeo del uso y cobertura del suelo de la cuenca hidrográfica a través de la fotointerpretación de un mosaico mensual del satélite PlanetScope, adquirido en septiembre de 2022, disponible en la plataforma *Google Earth Engine*. El pasivo ambiental en las áreas de preservación permanente (APPs) fue estimado calculando las áreas de intervención antrópica a lo largo de dichas zonas de preservación. Para el análisis de la calidad del paisaje, se consideraron los datos de vegetación nativa, fragmentación, degradación y pasivo ambiental en las APP, categorizados según la escala de Braun-Blanquet. El área del pasivo ambiental en las APP hídricas fue medida en 4.061 ha, lo que representa un pasivo del 29%. El IQP calculado fue de 3,75, considerado como de calidad ambiental media a alta.

PALABRAS CLAVE: fragmentación forestal; métricas del paisaje; geoprociamiento; restauración ecológica

Abstract

The objective of the study was to determine the Landscape Quality Index (LQI) in the watershed of the Middle Cristalino river, located in the municipality of Cocalinho, in the state of Mato Grosso, Brazil, using geographic information system (GIS) tools and remote sensing techniques. The study was based on land use and land cover mapping of the watershed through photointerpretation of a monthly mosaic from the PlanetScope satellite, acquired in september 2022, available on the Google Earth Engine platform. Environmental liabilities in permanent preservation areas (APPs) were estimated by calculating the areas of anthropogenic intervention along these preservation zones. For the landscape quality analysis, data on native vegetation, fragmentation, degradation, and environmental liability along the APPs were considered, categorized according to the Braun-Blanquet scale. The area of environmental liability in riparian APPs was measured at 4,061 hectares, representing a liability of 29%. The calculated LQI was 3.75, which is considered to reflect medium to high environmental quality.

KEYWORDS: forest fragmentation; landscape metrics; geoprocessing; ecological restoration.

1. Introdução

A Ecologia da Paisagem contém diretrizes para maximizar a conservação da biodiversidade em paisagens com intensas interações humanas. A base teórica da Ecologia de Paisagem é a teoria da biogeografia de ilhas, proposta por MacArthur e Wilson (1967), a qual é baseada na fragmentação do habitat e configuração de paisagens que afetam a biodiversidade. Essa teoria sugere que o número de espécies de uma determinada área depende do equilíbrio entre a taxa de imigração de novas espécies e a taxa de extinção de espécies existentes, o qual é influenciado por fatores como tamanho da ilha ou do habitat e sua distância e grau de conectividade com outras áreas com potencial de colonização (Primack e Rodrigues, 2001).

A conectividade entre fragmentos de habitat pode ser promovida por meio da implementação ou reestabelecimento de corredores ecológicos, como exemplificado pela restauração de matas ciliares. Tais corredores constituem instrumentos estratégicos no planejamento da conservação ambiental e no manejo sustentável de ecossistemas naturais (Teixeira e Borges, 2024).

Os corredores ecológicos facilitam a movimentação de espécies entre fragmentos, aumentando a diversidade e a resiliência das populações, mesmo quando não são unidades formais de conservação da biodiversidade (Magalhães *et al.*, 2024). Desse modo, eles desempenham um papel fundamental no planejamento ambiental ao integrar áreas protegidas e fornecer uma estratégia eficaz para a proteção da biodiversidade em regiões ameaçadas (Araujo e Bastos, 2019). Por outro lado, esses corredores também funcionam como zonas-tampão, protegendo os ecossistemas de impactos externos como poluição agrícola e industrial.

Alguns autores começaram a propor índices de qualidade de paisagem (IQPs) a partir da necessidade de entender e mensurar as ações antrópicas que afetam a biodiversidade de diferentes regiões. Com o aumento crescente da fragmentação dos ecossistemas e da degradação ambiental, a Ecologia de Paisagem começou a enfatizar as análises das interações entre uso da terra, fragmentação de habitats e distribuição de espécies em diferentes escalas

geoespaciais e temporais (Wu e Hobbs, 2007). A análise do IQP é essencial para a implementação de políticas de restauração ecológica, pois permite avaliar e monitorar a condição ambiental de uma área baseada em aspectos como cobertura vegetal nativa, diversidade de habitats, fragmentação, conectividade estrutural e funcional entre fragmentos e degradação (Forero-Medina e Vieira, 2007; Rodrigues *et al.*, 2011; Rother *et al.*, 2018).

A importância do IQP pode ser vista sob os seguintes aspectos: 1) ajuda a entender a saúde do ecossistema, ou seja, como diferentes elementos da paisagem interagem e qual o impacto dessas interações na biodiversidade local; 2) auxilia na gestão do processo de restauração, pois, a partir dos dados qualitativos da paisagem, pode-se priorizar áreas que fornecerão maior benefício ecológico, promovendo a resiliência dos ecossistemas; 3) possibilita avaliar a eficácia das práticas implementadas e ajustar estratégias conforme necessidade, por meio da integração de dados de solo, água, flora e fauna, criando uma visão holística da paisagem; e 4) facilitar a comunicação com as comunidades locais, ao proporcionar dados visuais e quantitativos que exemplificam a importância da conservação e restauração, o que pode aumentar o engajamento da comunidade local, resultando em sensibilização, mobilização e participação efetiva da população em iniciativas de sustentabilidade ambiental para a conservação da biodiversidade (Vilela *et al.*, 2011; Leite *et al.*, 2013; Silva e Souza, 2014; Metzger, 2018; Dambrowski e Marenzi, 2023).

Dentre os instrumentos básicos de análise da qualidade da paisagem, destacam-se o uso de ferramentas de sistemas de informação geográfica (SIG) que, por sua vez, conseguem fornecer informações de cunho geoespacial acerca da estrutura da paisagem por meio das métricas da ecologia da paisagem (Syrbe e Walz, 2012). Dentre as principais métricas da ecologia da paisagem, incluem-se as de área, forma, borda de isolamento de área núcleo e conectividade (Thiago *et al.*, 2024). Essas métricas podem proporcionar medidas simples que quantificam diferentes elementos da

paisagem, servindo de base para a verificação de transformações e prováveis efeitos, além da modelagem de condições futuras (Silva e Souza, 2014).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi determinar o IQP na bacia hidrográfica do Médio rio Cristalino, município de Cocalinho, MT, por meio de ferramentas de SIGs e técnicas de sensoriamento remoto. Até onde sabemos, não há nenhum estudo que tenha analisado o IQP dessa bacia. Neste contexto, esse estudo abordou a seguinte premissa: O IQP possibilita o entendimento das modificações estruturais e geoespaciais provocadas por ações antrópicas na paisagem, com a finalidade de direcionar e subsidiar intervenções visando a restauração ecológica de matas ripárias em áreas impactadas e/ou estratégicas para facilitar a conexão entre os fragmentos e permitir o fluxo gênico, assim como dar subsídios para a proposição de boas práticas de manejo adequado a conservação dos recursos naturais?

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do Médio rio Cristalino localiza-se na região leste do estado de Mato Grosso, situada entre as coordenadas geográficas 14° 28' e 13° 27' de latitude Sul e 51° 70' e 50° 74' de longitude Oeste na

projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Zona 24 L, no sistema de referência geocêntrico para a América do Sul (FIGURA 1). A referida bacia ocupa uma área de 635.986 hectares e abrange o município de Cocalinho com a presença dos principais afluentes: ribeirão Água Preta, o ribeirão Corixo da Pedra e o ribeirão das Piabas.

O rio Cristalino é considerado o mais importante tributário do canal principal na bacia hidrográfica do Médio rio Cristalino, correspondendo a 54% da área total da bacia do rio Cristalino e a 2% da bacia do Médio rio Araguaia. Segundo Latrubesse e Stevaux (2006), a bacia do rio Araguaia é dividida em três partes: Alto, Médio e Baixo Araguaia, sendo considerada um dos mais importantes sistemas fluviais da América do Sul, por drenar duas áreas fitogeográficas de enorme biodiversidade: a floresta Amazônica, ao norte, e o Cerrado, ao sul.

O clima na área de estudo caracteriza-se, segundo a classificação climática de Köppen, pelo tipo Aw, que corresponde ao clima tropical, com inverno seco e verão chuvoso e com precipitação média anual entre 1.600 mm a 1.900 mm e temperatura média anual entre 24 °C a 26 °C (Alvares *et al.*, 2013).

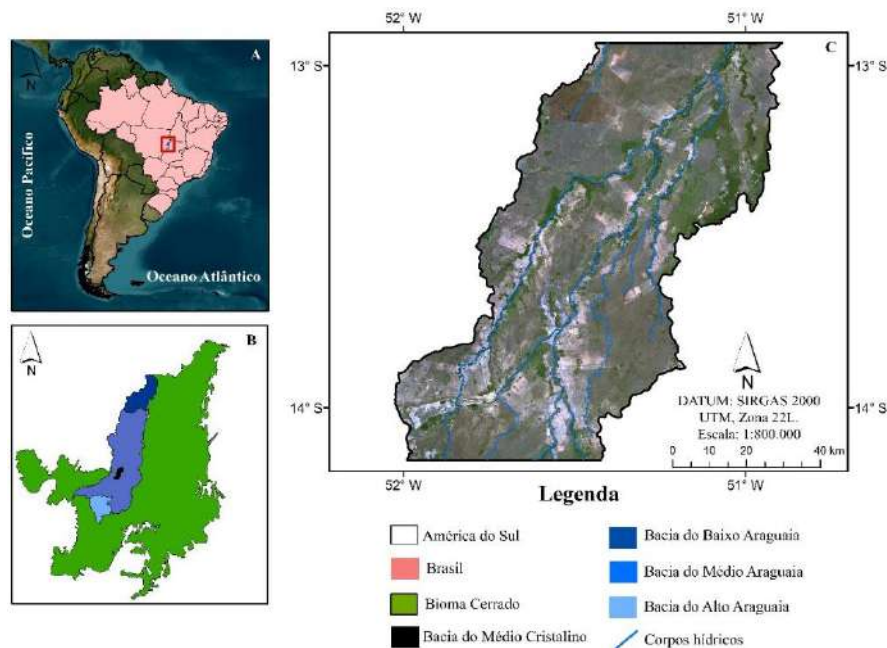


FIGURA 1. Caracterização da área de estudo. (A) Área em estudo no contexto global; (B) bacia hidrográfica do rio Araguaia e bioma Cerrado e (C) localização geográfica da bacia hidrográfica do Médio rio Cristalino, no município de Cocalinho, estado de Mato Grosso, Brasil

2.2. Abordagem metodológica

Os procedimentos metodológicos para cálculo do IQP foram adaptados do estudo de Vilela *et al.*, (2011). Esse índice é obtido considerando-se os dados de declividade, hipsometria, compartimentos geomorfológicos, tipologia da cobertura vegetal e interferências antrópicas.

A delimitação das classes de uso e cobertura da terra na bacia do Médio rio Cristalino foi obtido no mês de setembro de 2022 por meio do mosaico mensal da imagem do satélite *PlanetScope* que corresponde a uma constelação de mais de 200 nanosatélites denominados *Dove*. Esses satélites são construídos e operados pela empresa Planet e apresentam uma capacidade de imageamento de 340 milhões de km² por dia (Cheng *et al.*, 2020). As imagens são adquiridas por meio de quatro bandas nas faixas espectrais do azul (banda 1, 455–515 nm), verde (banda 2, 500–590 nm), vermelho (banda 3, 590–670 nm) e infravermelho próximo (banda 4, 780–860 nm). Os sensores operam com visada ao nadir, faixa de imageamento de 24,6 km, resolução espacial de 3,7 m e resolução radiométrica de 12 bits (Planet Team, 2020).

Recentemente, a Planet estabeleceu uma parceria com a *Kongsberg Satellite Services* (KSAT) e Airbus para fornecer, aos usuários de todo o mundo, acesso aos mosaicos de imagens *PlanetScope* para diversas aplicações como combate ao desmatamento e degradação florestal. A área coberta por essa iniciativa denominada *Norway's International Climate and Forests Initiative Satellite Data Program* (NICFI), (Pandey *et al.*, 2023) abrange vários países localizados entre as latitudes 30° N e 30° S, incluindo o Brasil. Os usuários têm acesso aos mosaicos semestrais na plataforma *Google Earth Engine* (GEE) para o período de dezembro de 2015 e agosto de 2020, tornando-se mensais a partir deste período (Planet Team, 2020). O mapeamento do uso e cobertura da terra foi realizado por meio de fotointerpretação do mosaico de setembro de 2022, com suporte do aplicativo ArcGIS 10.4.

O passivo ambiental em Áreas de Preservação Permanente (APPs) foi calculado

com base nas áreas de intervenção antrópica encontradas ao longo dessas áreas de preservação, conforme metodologia empregada pela Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável (FBDS, 2015). Inicialmente, foi feita a vetorização dos corpos d'água da bacia. Rios com largura inferior a 10 m foram digitalizados como linhas, enquanto rios com largura superior a 10 m foram digitalizados como polígonos.

Posteriormente, separaram-se os mesmos em recortes de 10 em 10 metros, calculando-se, em seguida, a largura do rio. Tais recortes foram agrupados a cada 100 metros. A determinação das faixas das APPs levou em consideração a Lei nº 12.651/2012, popularmente conhecida como Novo Código Florestal brasileiro e que dispõe sobre proteção da vegetação em áreas de APPs e de Reserva Legal (Brasil, 2012). Para rios com largura inferior a 10 m, a faixa de proteção é de 30 m, enquanto para rios com largura entre 10 m a 50 m, a faixa de proteção é de 50 metros. Na área de estudo, não há rios com largura superior a 50 metros, cuja faixa de proteção seria de 100 metros.

As faixas de proteção de 30 metros e de 50 metros da área de estudo foram criadas por meio da função buffer disponível no aplicativo ArcGIS 10.4. Em seguida, o mapa de uso e cobertura da terra foi recortado com o mapa de APPs hídricas para quantificar o passivo ambiental da bacia. Na FIGURA 2, são ilustradas as etapas da abordagem metodológica utilizada neste estudo.

Para a análise do IQP, foram calculados os percentuais relacionados às seguintes variáveis: cobertura vegetal nativa (C_{vn}), fragmentação baseada no isolamento (F_{raI}), fragmentação baseada na contribuição para a cobertura vegetal nativa total (F_{raC}) áreas degradadas (A_{de}), isto é, presença de atividades de mineração e queimada, além das APPs. Para determinação do IQD, os percentuais das variáveis acima mencionados foram categorizados de 0 a 5, segundo a escala de Braun-Blanquet (1979), (TABELA 1).

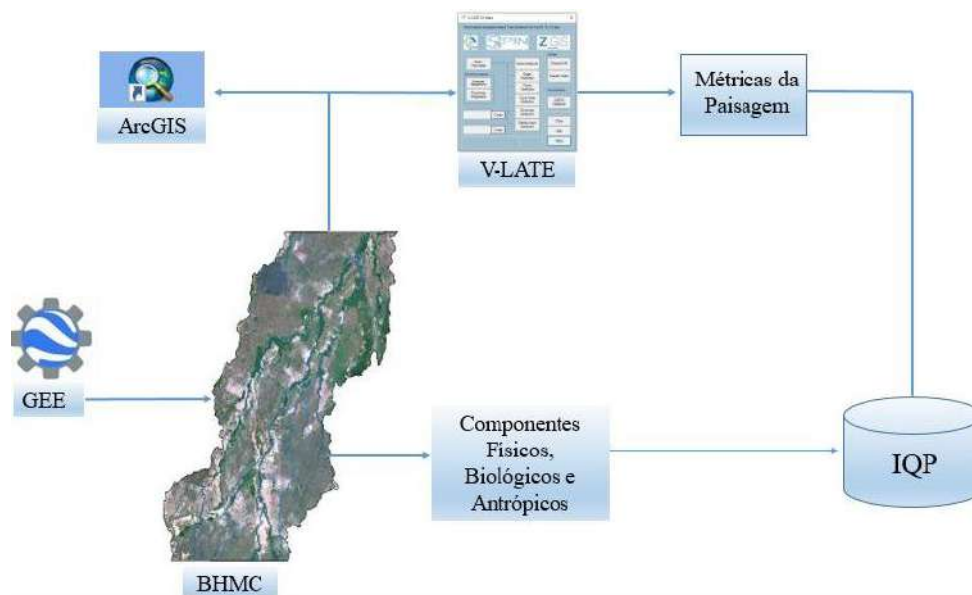


FIGURA 2. Fluxograma metodológico referente às etapas de desenvolvimento do estudo na bacia hidrográfica do Médio rio Cristalino, MT

TABELA 1. Valores de Índice de Qualidade da Paisagem (IQD) da cobertura vegetal nativa (Cvn), fragmentos baseados no isolamento (FraI) e na contribuição para a cobertura vegetal nativa total (FraC), áreas degradadas (Ade) e áreas de proteção permanente (APP), segundo a escala de Braum-Blanquet (1979)

IQD	Cvn	FraI	FraC	Ade	APP
0	0	> 75%	> 75%	> 75%	0
1	≤ 5%	50 – 75%	50 – 75%	50 – 75%	≤ 25%
2	5 – 25%	25 – 50%	25 – 50%	25 – 50%	25 – 50%
3	25 – 50%	5 – 25%	5 – 25%	5 – 25%	50 – 75%
4	50 – 75%	≤ 5%	≤ 5%	≤ 5%	75 – 99%
5	> 75%	0	0	0	100%

O mapa de uso e cobertura de terras foi empregado para gerar as métricas da paisagem com o intuito para determinação do valor do IQP. Essas métricas foram geradas por meio do *plug-in* denominado *vector-based landscape analysis tools extension (V-LATE)*, desenvolvido para o aplicativo ArcGIS 10.4. A variável cobertura da vegetação nativa foi calculada pela relação entre área ocupada pela cobertura vegetal nativa na bacia e área total da bacia (Eq. 1). Para o cálculo da fragmentação da vegetação nativa, foram considerados os parâmetros isolamento e forma e relevância do fragmento na área total de vegetação nativa. Assim, o índice de fragmentação foi obtido dividindo-se a média da soma dos valores dos índices de isolamento e de contribuição do fragmento (Eq. 2). Neste estudo, foram considerados todos os fragmentos florestais,

pois, além de outras funções, os fragmentos, mesmo com área reduzida, servem como área de descanso e abrigo para as aves.

$$Cvn = 100 \times \frac{\text{Área de Cvn (ha)}}{\text{Área total da bacia (ha)}} \quad (1)$$

$$\text{Índice de fragmentação} = \frac{\text{Iso} + \text{IConfFrag}}{2} \quad (2)$$

em que:

Iso = índice de isolamento;

IConfFrag = índice de contribuição do fragmento.

A variável isolamento foi obtida dividindo-se o número total de fragmentos florestais isolados, isto é, aqueles com distância superior a 180 m do fragmento mais próximo, pelo número total de fragmentos florestais (Eq. 3). A variável contribuição do fragmento, que representa a

contribuição da área dos fragmentos de vegetação em relação a cobertura total de vegetal nativa, foi estimada pela relação entre área total de fragmentos de vegetação nativa e área total de cobertura vegetal nativa na bacia (Eq. 4). Quanto maior a contribuição dos fragmentos de vegetação nativa, menor é a qualidade da paisagem, pois se pressupõe maior fragmentação das áreas nativas.

$$\text{Isolamento} = 100 \times \frac{\text{N}^\circ \text{ total de fragmentos isolados}}{\text{N}^\circ \text{ total de fragmentos}} \quad (3)$$

$$\text{Contribuição} = 100 \times \frac{\text{Área total fragmentos (ha)}}{\text{Área total cobertura vegetal nativa (ha)}} \quad (4)$$

A variável área degradada foi obtida dividindo-se a área total degradada na bacia pela área total da bacia (Eq. 5), Por último, a variável APP foi obtida pela relação entre área total preservada e área total da APP da bacia (Eq. 6).

$$\text{Área degradada} = 100 \times \frac{\text{Área total degradada (ha)}}{\text{Área total da bacia (ha)}} \quad (5)$$

$$\text{APP} = 100 \times \frac{\text{Área total preservada na APP (ha)}}{\text{Área total da APP na bacia (ha)}} \quad (6)$$

O IQP foi calculado pela média aritmética entre as seis variáveis acima mencionadas (Eq. 7). O IQP varia de 0 a 5, sendo zero atribuído à área de estudo com qualidade extremamente baixa, enquanto o valor 5 é atribuído à área de estudo com qualidade da paisagem muito boa (TABELA 2).

$$\text{IQP} = \frac{\text{Cvn} + \text{IFra} + \text{Isolamento} + \text{Contr} + \text{Ade} + \text{APP}}{6} \quad (7)$$

em que:

Cvn = cobertura de vegetação nativa;

IFra = índice de fragmentação;

Contr = contribuição; Ade = área degradada; APP = área de preservação permanente.

TABELA 2. Interpretação das seis classes de Índice da Qualidade da Paisagem (IQP), segundo a escala de Braum-Blanquet (1979)

IQP	Interpretação
0	Extremamente baixa
1	Muito baixa
2	Baixa
3	Média
4	Alta
5	Muito alta

3. Resultados e discussão

Na FIGURA 3 é mostrado o mapa de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Médio rio Cristalino. A quantificação das classes de mudança de uso da terra, representadas em hectares e seus percentuais em relação à área de estudo, são apresentados na TABELA 3. Identificaram-se sete classes de uso e cobertura da terra: Área Alagada ou Pantanosa, Corpos d'água, Formação Florestal, Formação Savânica + Campo de Murundus, Fragmento Florestal (Formação Florestal isolada em uso antrópico), Mineração e Uso Antrópico.

Observou-se uma extensa área de cobertura vegetal composta em maior predominância pela Formação Savânica com Campos de Murundus, distribuídas em todas as regiões da bacia hidrográfica, representando 52,1% da bacia. Também foram encontradas extensas áreas de Formação Florestal (12,6%) na bacia hidrográfica. Já em relação às classes de uso não florestal, destaca-se a presença de 170.366 hectares de atividades antrópicas. A classe com menor ocorrência foi a mineração, com 205 hectares.

TABELA 3. Classes de uso e cobertura da terra da bacia do Médio rio Cristalino no ano de 2022

Classe	Área (ha)	Porcentagem (%)
Área Alagada ou Pantanosa	41.192	6,5
Corpos d'Água	3.921	0,6
Formação Florestal	80.000	12,6
Formação Savânica com Murundus	333.955	52,5
Fragmento Florestal	6.347	1,0
Mineração	205	0,03
Uso Antrópico	170.366	26,8
Total	635.986	100

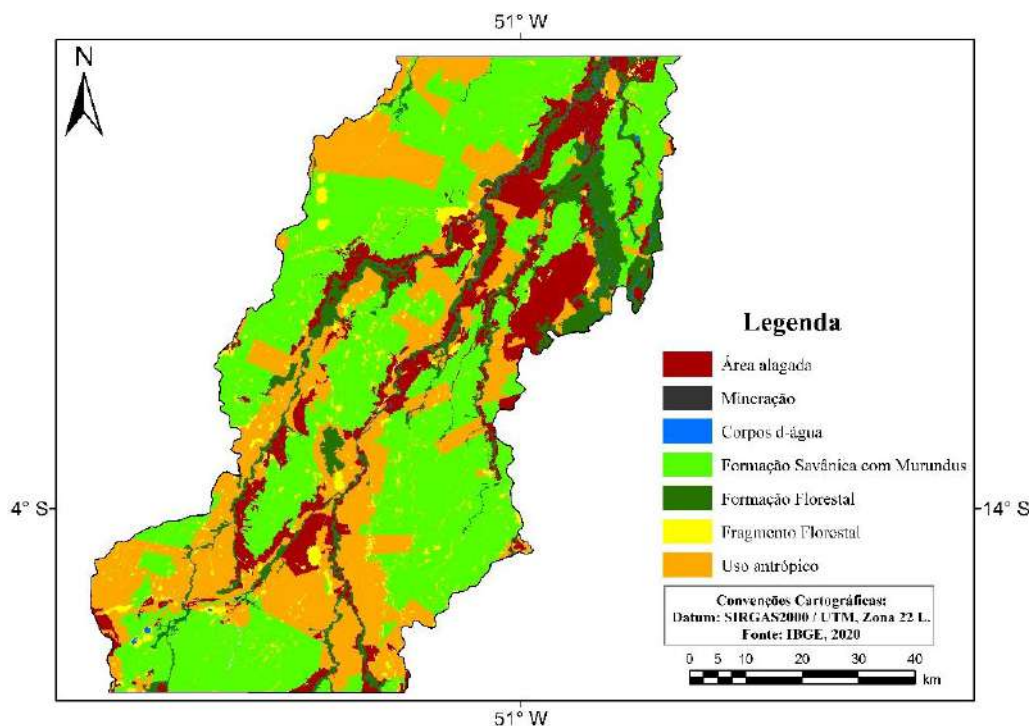


FIGURA 3. Uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Médio rio Cristalino

Foram mapeados 3.946 hectares de rios com largura superior a 10 metros e 905 quilômetros de rios com largura inferior a 10 metros (FIGURA 4). Notou-se ainda a presença de diversas ilhas na região nordeste da bacia.

As APP's hídricas totalizaram uma área de 14.076 hectares. Em referência as áreas com passivo ambiental inseridas nas APPs hídricas, mensurou-se um total de 4.061 hectares, o que representa um passivo ambiental de 29% (TABELA 4).

O mapeamento das classes de uso e ocupação da terra permitiu identificar os

passivos ambientais em áreas de APPs de corpos hídricos reclassificados para as classes não florestais e florestais. O passivo ambiental em formações não florestais esteve inserido tanto nos rios com largura superior a 10 metros como nos rios com largura inferior a 10 metros, totalizando uma área de 10.014 hectares. O passivo ambiental em formações não florestais totalizou 4.061 hectares, ocorrendo de forma mais expressiva ao longo das APPs dos rios com largura inferior a 10 metros (FIGURA 5).

TABELA 4. Classes de uso e cobertura da terra nas APPs hídricas na área de estudo

Classe	Área (ha)	Porcentagem (%)
Área Alagada ou Pantanosa	1.455	10,3
Corpos d'Água	10	0,1
Formação Florestal	9.890	70,3
Formação Savânica com Murundus	1.538	10,9
Fragmento de Formação Florestal	124	0,9
Uso Antrópico	1.059	7,5
Total	14.076	100

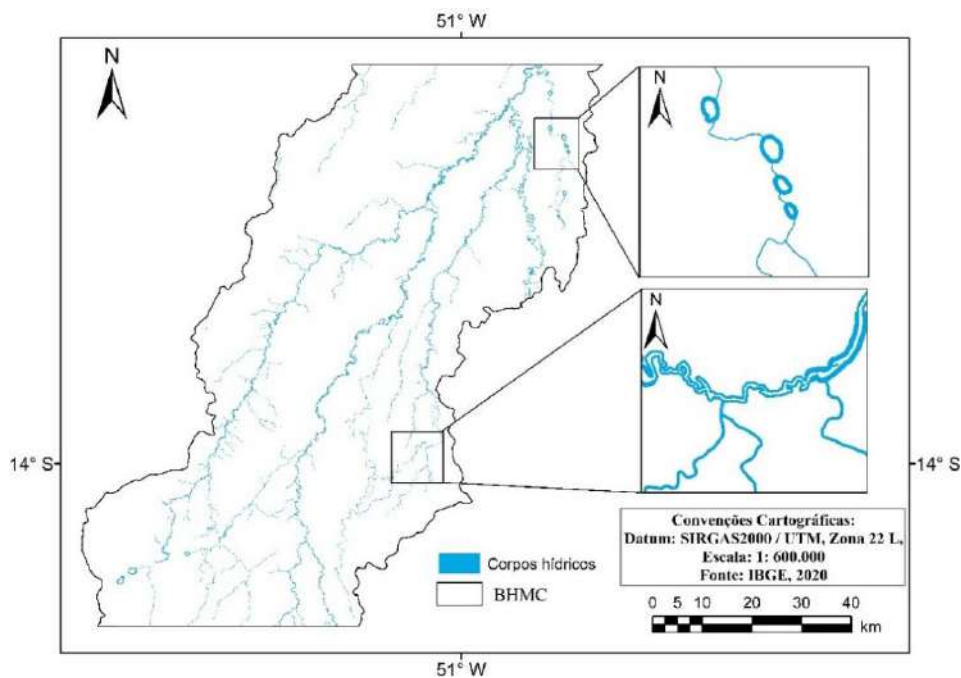


FIGURA 4. Corpos hídricos da bacia hidrográfica do Médio rio Cristalino

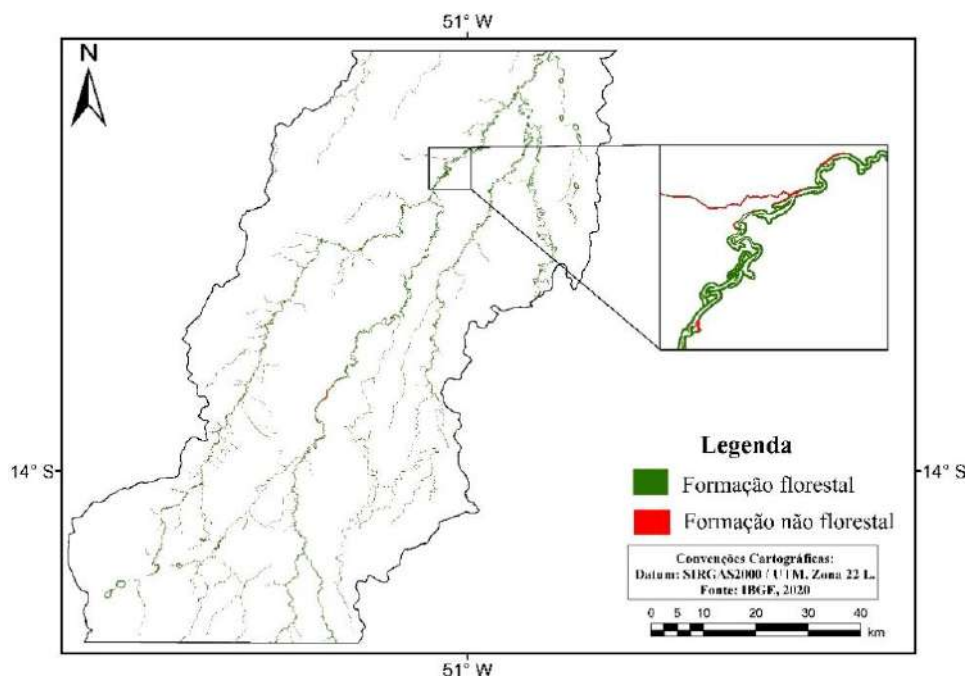


FIGURA 5. Passivos ambientais nas áreas de preservação permanente de corpos hídricos da bacia hidrográfica do Médio rio Cristalino

A vegetação natural ocupou 72,6% da área de estudo (461.494 hectares). A área coberta com vegetação nativa na região em estudo apresentou grande extensão, contribuindo para o bom resultado associado ao ICvn, com valor escalar igual a 4. O índice de fragmentação

determinou o percentual do isolamento de 40,9% e da contribuição do fragmento em 2,0%, o que correspondeu a um índice de isolamento de 2, índice de contribuição de fragmento de 4 e índice de fragmentação de 3. Os fragmentos pequenos e/ou irregulares podem aumentar a

fragilidade ambiental, favorecendo o aumento do efeito de borda. Quanto maior a irregularidade do fragmento, maior o efeito de borda, que acaba estabelecendo, no habitat, espécies generalistas atraídas pelas bordas com tendência a penetrar nos núcleos, colocando em risco as espécies nativas (Silva e Souza, 2014) e causando desequilíbrio nesses ambientes.

A estrutura da paisagem afeta o fornecimento de serviços por meio de múltiplos processos, como efeitos de fragmentação, borda e conectividade (Metzger *et al.*, 2021). A conectividade, que é o inverso da fragmentação, determina o grau em que uma paisagem facilita ou restringe o movimento dos organismos entre fragmentos. Ela influencia a sobrevivência das populações e a dinâmica populacional em paisagens fragmentadas (Forero-Medina e Vieira, 2007). O isolamento

entre os fragmentos, dependendo da distância entre eles, pode dificultar a manutenção das populações e a atração de fauna, principalmente a de polinizadores e dispersores de sementes e, conseqüentemente, dos serviços ecossistêmicos e dos fluxos que ligam essas áreas. A conectividade dos fragmentos é uma propriedade essencial, pois sem fluxo não há serviço, a menos que a oferta e a demanda ocorram exatamente no mesmo local (Dambrowski & Marenzi, 2023).

O percentual de área degradada foi mensurado em 2,8% (TABELA 5). As APPs na bacia de estudo possui extensa cobertura vegetal, comprovando ser uma bacia com alta preservação de biodiversidade. Os remanescentes nas áreas de APPs foi mensurado em 92,1%. O IQP calculado foi de 3,75.

TABELA 5. Análise do Índice da Qualidade da Paisagem (IQP) da bacia do Médio rio Cristalino, município de Cocalinho, estado de Mato Grosso, Brasil

Métricas	Percentual (%)	IQP
Cobertura vegetal nativa	72,6	4
Fragmentação		3
Isolamento	40,9	2
Contribuição do fragmento	2,0	4
Área degradada	2,8	4
Área de preservação permanente	92,1	4
IQP		3,75

Em síntese, o cálculo das métricas da paisagem e do IQP são fundamentais para se avaliar a qualidade ambiental dos remanescentes florestais. Com esses dados, pode-se planejar as melhores estratégias para a restauração ecológica (Longo *et al.*, 2024), possibilitando aumentar a cobertura florestal e a conectividade entre fragmentos visando a ampliação da proteção ambiental (Dambrowski & Marenzi, 2023), promovendo um maior fluxo gênico da biodiversidade e o retorno dos serviços ecossistêmicos de maneira eficaz e sustentável (Metzger, 2018).

4. Conclusões

A cobertura da vegetação nativa da bacia hidrográfica do Médio rio Cristalino e as áreas

de APPs estão em boas condições de preservação, entretanto, o índice de fragmentação já indica processos de supressão da vegetação nativa, apresentando fragmentos com um percentual de isolamento entre 25% e 50%.

O valor do IQP de 3,75 mostra que a qualidade da paisagem na bacia hidrográfica foi considerada entre média a alta. Desse modo, é possível programar medidas para reverter o processo de expansão da degradação, bem como promover a restauração ecológica de matas ripárias e propor rotas de corredores ecológicos que possibilitam o restabelecimento do fluxo gênico e o aumento da biodiversidade.

Em geral, o cálculo do IQD na bacia hidrográfica mostrou-se de fácil obtenção e

compreensão, apresentando a possibilidade de ações estratégicas de desenvolvimento sustentável e inserção de outras variáveis ambientais. Por fim, a aplicação do índice também poderá subsidiar a formulação de políticas públicas na área de estudo.

5. Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no contexto do programa "Araguaia Vivo 2030", apoiado pela Tropical Water Research Alliance (TWRA) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) (conv. P&D&I TWRA/FAPEG 03/2023, proc. n.º 202210267000536).

6. Referências citadas

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C. e J. L. M. GONÇALVES. 2013. "Köppen's climate classification map for Brazil". *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728.
- ARAÚJO, T. M. S. e F. H. BASTOS. 2019. "Corredores ecológicos e conservação da biodiversidade: aportes teóricos e conceituais". *Revista da Casa da Geografia de Sobral*, 21(2): 716-729.
- BRASIL. Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. *Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa*. Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1979. *Fitosociologia. Bases para el Estudio de las Comunidades Vegetales*. Madrid, Espanha.
- CHENG, Y.; VRIELING, A.; FAVA, F.; MERONI, M.; MARSHALL, M. & S. GACHOKI. 2020. "Phenology of short vegetation cycles in a Kenyan rangeland from PlanetScope and Sentinel-2". *Remote Sensing of Environment*, 248: 1-20.
- DAMBROWSKI, V. e R. C. MARENZI. 2023. "Análise da ecologia da paisagem da bacia hidrográfica do Rio Itajaí, SC, Brasil". *Revista do Departamento de Geografia*, 43: 1-15. Disponível em: DOI:[10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2023.202870](https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2023.202870).
- FORERO-MEDINA, G. e M. V. VIEIRA. 2007. "Conectividade funcional e a importância da interação organismo-paisagem". *Oecologia Brasiliensis*, 11(4): 493-502.
- FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (FDBS). 2015. *Hidrografia, nascentes, rios duplos, massas d'água e áreas de preservação permanente (APPS)*. Brasília, DF. Disponível em: <<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/geonetwork/srv/api/records/a61b73f1-ca5b-4776-808a-a708209254f1>>.
- LATRUBESSE, M. E. e J. C. STEVAUX. 2006. "Características físico-bióticas e problemas ambientais associados à planície aluvial do Rio Araguaia, Brasil Central". *Revista Geociências*. 5:(1): 65-73. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8384381>.
- LEITE, M. S.; TAMBOSI, LEANDRO R.; ROMITELLI, I. & J. P. METZGER. 2013. "Landscape ecology perspective in restoration projects for biodiversity conservation: A review". *Natureza & Conservação*, 11, 108-118. Disponível em: DOI:[10.4322/natcon.2013.019](https://doi.org/10.4322/natcon.2013.019).
- LONGO, R. M. e A. L. SILVA; CARVALHO, M. M. e A. I. RIBEIRO. 2024. "Métricas da paisagem e qualidade ambiental nos remanescentes florestais do Ribeirão Quilombo em Campinas/SP". *Ciência Florestal*, 34(1), e71899. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509871899>.

- MACARTHUR, R. H. & E. O. WILSON. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press.
- MAGALHÃES, I. A. L.; THIAGO, C. R. L. e A. R. SANTOS. 2024. "Integração geotecnologias e lógica fuzzy na identificação de fragmentos florestais e rotas de corredores ecológicos". *Revista Geográfica Venezuelana*, 65(2): 430-446. Disponível em: <https://doi.org/10.53766/RGV/2024.65.2.10>.
- METZGER, J. P. 2018. *Interface project: Relationships among landscape structure, ecological processes, biodiversity, and ecosystem services*. São Paulo, Brasil.
- METZGER, J. P.; VILLARREAL-ROSAS, J.; SUÁREZ-CASTRO, A. F.; LÓPEZ-CUBILLOS, S.; GONZÁLEZ-CHAVES, A.; ... & J. R. RHODES. 2021. "Considering landscape-level processes in ecosystem service assessments". *Science of the Total Environment*, 796, 149028. Disponível em: DOI: [10.1016/j.scitotenv.2021.149028](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149028).
- PANDEY P.; KINGTON, J.; KANWAR, A.; SIMON, R. & L. ABRAHAM. 2023. *Planet basemaps for NICFI data program: Addendum to basemaps product specification*. Disponível em: https://assets.planet.com/docs/NICFI_Basemap_Spec_Addendum.pdf.
- PLANET TEAM. 2020. *Planet Surface Reflectance Product v2*. Planet Labs, Inc.
- PRIMACK, R. B. e E. RODRIGUES. 2001. *Biologia da Conservação*. Planta. São Paulo, Brasil.
- RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G.; ARONSON, J.; BARRETO, T. E.; VIDAL, C. Y. & P. H. S. BRANCALION. 2011. "Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil". *Forest Ecology and Management*, 26(10): 1.605-1.613.
- ROTHER, D. C.; VIDAL, C. Y.; FAGUNDES, I. C.; SILVA, M. M.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. G.; VIANI, R. A. G. & P. H. S. BRANCALION. 2018. "How legal-oriented restoration programs enhance landscape connectivity? Insights from the Brazilian Atlantic Forest". *Tropical Conservation Science*, 11: 1-9.
- SILVA, M. S. F. e R. M. SOUZA. 2014. "Padrões espaciais de fragmentação florestal na flora do Ibura, Sergipe". *Mercator*, 13(3): 121-137.
- SYRBE, R. U. & U. WALZ. 2012. "Spatial indicators for the assessment of ecosystem services: Providing, benefiting and connecting areas and landscape metrics". *Ecological Indicators*, 21: 80-88.
- TEIXEIRA, J. A. e F. F. BORGES. 2024. A importância de corredores ecológicos para a preservação da biodiversidade. In: Simpósio de Tecnologia FATEC, *Anais...* SITEC. Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- THIAGO, C. R. L.; MAGALHÃES, I. A. L. e A. R. SANTOS. 2024. "Identificação de fragmentos florestais potenciais para a delimitação de corredores ecológicos na bacia hidrográfica do rio Itapemirim, ES por meio técnicas de sensoriamento remoto". *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(2): 595-612.

VILELA, M. F.; AQUINO, F. G.; ALBUQUERQUE, L. B. e L. G. BARIONI. 2011. Desenvolvimento de índice de qualidade da paisagem para áreas de bovinocultura de corte no bioma Cerrado: Resultados preliminares. In: Congresso de Ecologia do Brasil, 10. *Anais...* São Lourenço, MG. Sociedade de Ecologia do Brasil.

WU, J. & R.HOBBS. 2007. *Key Topics in Landscape Ecology*. Cambridge University Press.

Local e data de finalização do artigo:
Brasília, Brasil; fevereiro, 2025

Criterios para localización de infraestructuras de telesalud/telemedicina, utilizando datos geoespaciales, Ecuador

Crítérios para localização de infraestruturas de telessaúde/telemedicina,
utilizando dados geoespaciais, Equador

Criteria for locating telehealth/telemedicine infrastructure,
using geospatial data, Ecuador

**Natalia Pacurucu-Cáceres, Lorena Vivanco Cruz, Villie Morocho Zurita
Rosario Achig, Verónica Viloria y Mónica González**

Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Cuenca, provincia de Azuay
Cuenca, Ecuador

natalia.pacurucu@ucuenca.edu.ec; lorena.vivanco@ucuenca.edu.ec; villie.morocho@ucuenca.edu.ec;
rosario.achig@ucuenca.edu.ec; veronica.viloria@ucuenca.edu.ec; monica.gonzalez@ucuenca.edu.ec

Pacurucu: <https://orcid.org/0000-0002-0375-5295>

Vivanco: <https://orcid.org/0000-0003-2286-3010>

Morocho: <https://orcid.org/0000-0002-8196-2644>

Achig: <https://orcid.org/0000-0001-6538-9166>

Viloria: <https://orcid.org/0009-0008-2275-8302>

González: <https://orcid.org/0000-0002-1031-2150>

Resumen

Las limitaciones económicas del sector público, el difícil acceso a servicios de salud en zonas urbanas y rurales, y la ausencia de normativas y metodologías estandarizadas para ubicar puntos de telemedicina son retos comunes en Ecuador y en otros países de la región. Ante ello, la telemedicina surge como una alternativa para ampliar la cobertura, especialmente en territorios rurales. Este trabajo propone criterios y variables para la localización de equipamientos de telesalud, aprovechando herramientas de código abierto para integrar información geoespacial oficial en la infraestructura de datos espaciales (IDE) de la Universidad de Cuenca. Esto permitirá desarrollar una plataforma semiautomatizada que facilite la aplicación de una metodología de localización en el marco de ciudades inteligentes, fortaleciendo el acceso equitativo de la ciudadanía a la red nacional de telesalud. Como caso de estudio, se utiliza la parroquia Baños–Ecuador, orientado a la provisión de servicios ambulatorios como diagnóstico, triaje y monitoreo de pacientes.

PALABRAS CLAVE: equipamiento de salud; telemedicina; localización; ciudades inteligentes.

Resumo

As limitações econômicas do setor público, o difícil acesso aos serviços de saúde em áreas urbanas e rurais e a ausência de normas e metodologias padronizadas para localizar pontos de telemedicina são desafios comuns no Equador e em outros países da região. Diante disso, a telemedicina surge como uma alternativa para ampliar a cobertura, especialmente em territórios rurais. Este trabalho propõe critérios e variáveis para a localização de equipamentos de telessaúde, aproveitando ferramentas de código aberto para integrar informações geoespaciais oficiais na infraestrutura de dados espaciais (IDE) da Universidade de Cuenca. Isso permitirá o desenvolvimento de uma plataforma semiautomatizada que facilite a aplicação de uma metodologia de localização no âmbito das cidades inteligentes, fortalecendo o acesso equitativo dos cidadãos à rede nacional de telessaúde. Como estudo de caso, utiliza-se a paróquia de Baños–Equador, voltada para a prestação de serviços ambulatoriais, como diagnóstico, triagem e monitoramento de pacientes.

PALAVRAS-CHAVE: equipamentos de saúde; telemedicina; localização; cidades inteligentes.

Abstract

Economic constraints in the public sector, difficult access to health services in urban and rural areas, and the absence of standardized regulations and methodologies for locating telemedicine points are common challenges in Ecuador and other countries in the region. In response, telemedicine has emerged as an alternative for expanding coverage, especially in rural areas. This paper proposes criteria and variables for the location of telehealth equipment, using open-source tools to integrate official geospatial information into the spatial data infrastructure (SDI) of the University of Cuenca. This will enable the development of a semi-automated platform that facilitates the application of a location methodology within the framework of smart cities, strengthening equitable access for citizens to the national telehealth network. The parish of Baños, Ecuador, is used as a case study, focusing on the provision of outpatient services such as diagnosis, triage, and patient monitoring.

KEYWORDS: health equipment; telemedicine; location; smart cities.

1. Introducción

El acceso al derecho de salud en Ecuador está limitado por altos índices de desigualdad social (CEPAL, 2023). Los sistemas de salud del sector público tienen el grave problema del subfinanciamiento, con dificultades para estructurarse y satisfacer las necesidades de salud de la población (Fátima dos Santos y Fernández, 2013).

Los primeros programas de telemedicina, antes del 2010, presentaron dificultades de anchos de banda y no dispusieron de desarrollos avanzados en compresión de datos, al mismo tiempo que las tecnologías y servicios de Internet y de telefonía móvil se encontraban en etapas iniciales. Frente a esta problemática, el reciente progreso tecnológico debe incorporar las TIC en la gestión y prestación de los servicios de salud para garantizar equidad, universalidad, solidaridad, calidad y eficiencia; y, apoyar el incremento en su acceso.

El envejecimiento de la sociedad y el incremento de la tecnología hospitalaria fortalece la carga sobre el mercado laboral del personal en salud. De esa manera, la telesalud es una de las mejores formas de afrontar estos nuevos retos, ya que se puede proporcionar directamente asistencia en salud desde el prestador de servicio al domicilio de los pacientes. *"Al tiempo que se amplía la cobertura en el acceso en salud, se reducen los costos financieros y humanos, lo que es un aspecto prioritario si tenemos en cuenta la necesidad de las organizaciones para manejar de forma eficiente y oportuna sus recursos. De esa manera, el desarrollo incentiva la búsqueda de estrategias y alternativas de telesalud, para que tenga un papel cada vez más protagónico en la gestión de las organizaciones del área."* (Fátima dos Santos y Fernández, 2013: 50).

La telesalud involucra *"la práctica de los servicios de salud y de sus actividades relacionadas: educación, formación, gestión y dirección de sistemas de salud a distancia, entre otros, por medio de sistemas basados en TIC."* (Fátima dos Santos y Fernández, 2013: 50). Una de las principales características de la telesalud es la separación geográfica entre dos o más actores

implicados, ya sea un médico y un paciente, un médico y otro médico, o un médico y/o un paciente y la información o los datos relacionados con ambos (Fátima dos Santos y Fernández, 2013).

La telemedicina, según la Organización Mundial de Salud es 'la prestación de servicios de atención de la salud, donde la distancia es un factor crítico, por todos los profesionales de la salud que utilizan tecnologías de la información y de la comunicación para el intercambio de información válida para el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades y lesiones, la investigación y la evaluación, y para la formación continua de los profesionales de la salud, todo en aras de avanzar en la salud de los individuos y sus comunidades.' (Organización Mundial de la Salud, 2016).

La nueva Política de Transformación Digital en Salud (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2024), propuesta a partir del último periodo del 2024, incluye lineamientos específicos para mejorar las capacidades profesionales en telemedicina y salud digital. La adopción de telemedicina en Ecuador es fundamental para cerrar brechas de acceso a los servicios de salud, especialmente en áreas rurales y de difícil acceso. Esto en concordancia con la Agenda Digital de Salud 2023-2027 (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2023) y el Plan Decenal de Salud 2022-2031 (República del Ecuador, Ministerio de salud pública, 2022). Es así que, de acuerdo a la mencionada agenda digital, la telesalud juega un papel fundamental en la ampliación de la cobertura y la mejora de la calidad y equidad en la atención médica, permitiendo a los pacientes recibir consultas, diagnósticos y seguimiento a los tratamientos sin necesidad de desplazarse largas distancias, así como los tiempos que esto implica.

En un primer acercamiento a la telemedicina, el Ministerio de Salud propone una Estructura de la Red Nacional de Telemedicina/Telesalud (FIGURA 1), a partir de la cual se establecen variables que orientan el dimensionamiento de las infraestructuras señaladas.



FIGURA 1. Red de Telemedicina/ Telesalud en Ecuador. Fuente: A partir de López et al., 2013

La implementación de infraestructura de telesalud es esencial para mejorar el acceso a servicios médicos principalmente en comunidades alejadas. Aprovechan el uso de las TIC para proporcionar atención médica a distancia, superando barreras geográficas y optimizando recursos sanitarios. Según el equipamiento dotado a las unidades de salud integrantes de la red, pueden organizarse bajo la siguiente estructura:

a) Teleconsulta (nivel 2). Entre los médicos de zonas rurales con los hospitales donde se encuentran los especialistas: Consulta diferida (correo electrónico); Teleconsulta en tiempo real (videoconferencia); Teleconsulta de urgencia (no programada, en tiempo real).

b) Teleasistencia médica y sanitaria (nivel 3). Teleconsulta y telediagnóstico: Radiología (las unidades de primer nivel no tienen el equipamiento necesario).

La evolución de dicha propuesta se puede percibir en la Agenda Digital de Salud 2023-2027, dentro de las Líneas de Acción de la Estrategia 1 y 2, refieren a la necesidad de transformar digitalmente la gestión pública para mejorar la calidad de los servicios de salud mediante la

integración de tecnologías y generación de acciones para protocolizar los nuevos servicios en modalidad remota, haciendo uso de la telesalud/telemedicina. Aunque la Agenda prevé normar y regular los servicios de telesalud/telemedicina tales regulaciones no se han podido ejecutar todavía (Ministerio de Salud, 2023).

En la salud pública, no existen todavía políticas eficientes ni metodologías sobre redes, telemedicina e informática médica. Actualmente, se han implementado algunos proyectos puntuales y aislados (Ministerio de Salud Pública / Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2013). Por tanto, no existen criterios oficiales que pueden incidir en el modelo de localización para infraestructuras de telesalud/telemedicina.

En este contexto es necesario plantear una metodología para su planificación. Uno de los métodos más usados para localización de infraestructura son las técnicas de análisis multicriterio (MCA) que permiten evaluar y comparar opciones considerando múltiples criterios tales como los factores económicos, sociales, ambientales y técnicos, lo que es esencial en la planificación del territorio y la

localización de infraestructura pública (Dean, 2022).

Con el tiempo, las técnicas MCA han incluido enfoques participativos que involucran a múltiples actores en el proceso de toma de decisiones. Por ejemplo, Mayer (2001) y Macharis *et al.* (2009) (citado en Dean, 2022), permiten que los participantes determinen los objetivos y pesos para la localización de infraestructura. El análisis multicriterio comprende diversas clases de métodos, técnicas y herramientas (con diferentes grados de complejidad) que consideran explícitamente múltiples objetivos y criterios (o atributos) en la toma de decisiones (Dean, 2022).

Estas técnicas incluyen métodos como el Análisis Jerárquico de Procesos (AHP), TOPSIS (Técnica para Ordenar Preferencias por Similitud a la Solución Ideal), PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*), y métodos de superación como ELECTRE (Aruldoss *et al.*, s. f.). El AHP es conocido por su capacidad para estructurar decisiones complejas en una jerarquía de criterios, mientras que TOPSIS es útil para evaluar alternativas basándose en su proximidad a una solución ideal y su distancia a una solución anti-ideal. Además, métodos como PROMETHEE y ELECTRE son particularmente útiles cuando se deben considerar múltiples criterios y se busca una clasificación de las alternativas sin necesidad de una función de utilidad explícita (Smith *et al.*, 2025).

2. Metodología

En el ámbito de la salud, las técnicas multicriterio han sido aplicadas con éxito en diversas áreas, como la priorización de pacientes para el acceso a servicios de salud, la evaluación de tratamientos médicos y la asignación de recursos. Según un estudio reciente (Khan *et al.*, 2022), AHP es uno de los métodos más comúnmente utilizados en la toma de decisiones sanitarias (Caprioli y Bottero, 2021; Yu *et al.*, 2023; Kaveh *et al.*, 2020), seguido por TOPSIS y la teoría de utilidad multiatributo. Cuando se integran herramientas como los sistemas de información geográfica (SIG), estas técnicas son mucho más potentes y permiten contar con localizaciones más detalladas.

Con este antecedente se seleccionó la técnica del Análisis Jerárquico de Proceso (AHP) que implicó la selección de criterios y variables que permitan la localización de puntos de telemedicina. Para ello, a través de la revisión bibliográfica y la valoración de expertos, se definieron los criterios (TABLA 1). Los criterios y variables fueron ponderados por un grupo de expertos entre ellos ingenieros en sistemas, médicos y los técnicos de planificación territorial del GAD parroquial de Baños. El proceso se llevó a cabo con el uso del software *Total Decision* (FIGURA 2) que es un programa que utiliza el Proceso Analítico Jerárquico (AHP),

TABLA 1. Descripción de criterios y variables seleccionadas para la localización de equipamiento de telemedicina. Fuente: elaboración propia

criterio	Definición	Variables
Accesibilidad	Evalúa la facilidad con la que los usuarios pueden acceder a los equipamientos de telemedicina	Distancia las vías en tiempo, Distancia hacia los núcleos de población en tiempo, Cobertura de transporte público
Uso y ocupación del suelo	El uso eficiente del suelo es esencial para asegurar que los equipamientos de telemedicina se ubiquen en áreas adecuadas y disponibles, minimizando conflictos con otros usos del suelo y maximizando la eficiencia en la utilización de los recursos	Tamaño del predio, Predios sin edificar, Zonificación actual de los usos del suelo, Reservas de suelo para equipamientos públicos

Continuación tabla 1

Integración del equipamiento con el entorno	La integración con el entorno asegura que los equipamientos no solo sean funcionales sino también estéticamente agradables y respetuosos con el medio ambiente	Calidad paisajística
Población	Características demográficas de la población local para asegurar que los servicios de telemedicina estén diseñados para satisfacer las demandas locales	Grupos de atención prioritaria, Densidad poblacional, Población en edad de riesgo (niños 0-5 años y mayores a 65 años) por sector censal, grupos de atención prioritaria (discapacitados) por sector censal
Características del medio físico	Las características del medio físico pueden afectar la seguridad y la viabilidad a largo plazo de los equipamientos. Es fundamental ubicarlos en áreas con bajo riesgo de desastres naturales y condiciones geográficas favorables	Movimientos en masa, Deslizamientos, Inundaciones, Topografía (pendientes), Geomorfología, Altitud
Cobertura servicios básicos	La cobertura adecuada de servicios básicos es esencial para el funcionamiento eficiente de los equipamientos de telemedicina, asegurando que puedan operar sin interrupciones y ofrecer servicios de calidad.	Cobertura de servicio móvil avanzado, Cobertura de agua potable, Cobertura de alcantarillado, Cobertura de energía eléctrica, Cobertura de banda ancha, Cobertura servicio de recolección de desechos sólidos
Cobertura de servicios de salud	La cobertura de servicios de salud es crucial para garantizar que los equipamientos de telemedicina complementen y mejoren la atención médica existente, en lugar de duplicar esfuerzos o dejar vacíos en la atención	Cobertura de población servida por número de médicos, Cobertura territorial actual de equipamientos de salud (calculada en tiempo de desplazamiento y distancia)

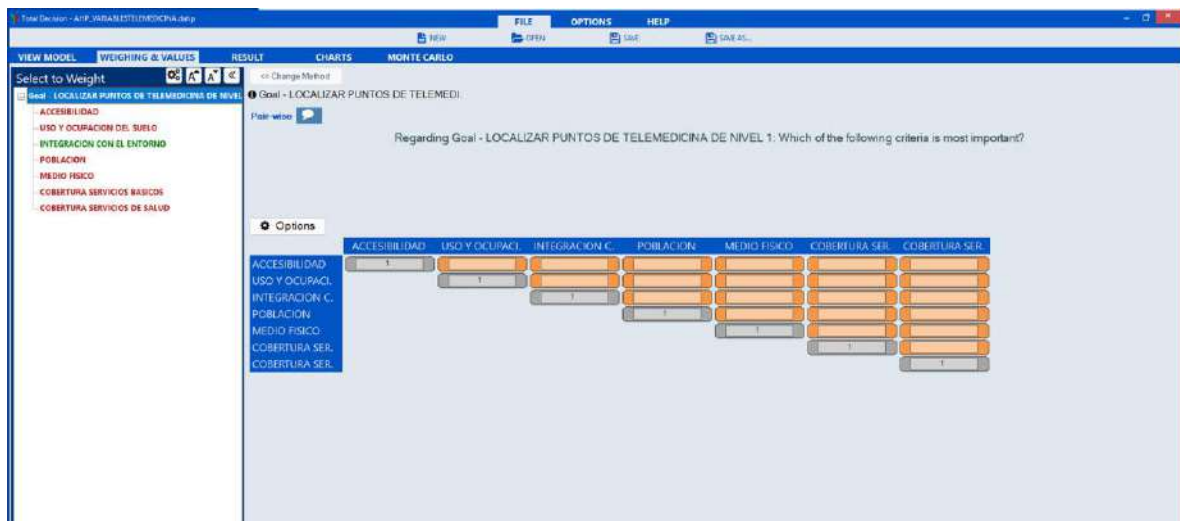


FIGURA 2. Interfaz del software *Total Decision*. Fuente: Vilenio, s/f

Total Decision construye modelos jerárquicos facilitando descomponer el problema en objetivos o en partes y pueden incorporarse criterios cuantitativos como cualitativos. Los expertos ponderaron cada variable y criterio con lo que se obtuvo un promedio de todos los participantes. Estos pesos son usados para clasificar la información geográfica de acuerdo con los valores por rangos del 1 al 7, donde 7 es el valor óptimo para la localización del equipamiento y 1 el peor valor. En el ANEXO1 se

puede observar los valores asignados para cada variable.

Con la ponderación y los valores, se procesó la información cartográfica de cada variable para luego ejecutar un álgebra de mapas en QGIS, lo que permite encontrar la localización de las posibles zonas que pueden receptor el equipamiento. En la FIGURA 3 se muestra un ejemplo de procesamiento cada celda almacena un valor del 1 al 7, que corresponde con los valores determinados (ANEXOS 1 y 2).

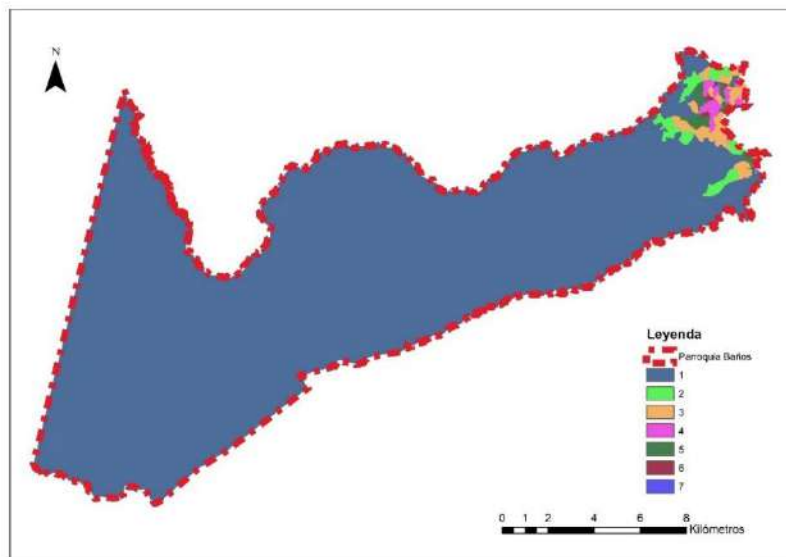


FIGURA 3. Variable de densidad poblacional por sector censal de la Parroquia Baños en formato ráster.

Fuente: elaboración propia

La cobertura de Internet es una de las variables clave para brindar servicios de telemedicina; es necesario considerar las dificultades para expandir las redes de conectividad como es el caso de fibra óptica, donde por cantidad de posibles abonados, es imposible expandir en zonas de poca concentración de población. Así mismo, las operadoras móviles, no ven posible la expansión de sus redes de telecomunicaciones para zonas de poca afluencia de personas. Paralelo a este proyecto se había venido experimentando con la posibilidad de conectividad a través de antenas satelitales como *Starlink*. Estas pruebas fueron realizadas en las zonas de baja densidad poblacional, y se pudo evidenciar la total factibilidad de conectividad,

con la única limitante que es la necesidad de alimentación de energía eléctrica. En ese sentido, quedó validada la posibilidad de uso de este tipo de tecnología con algunos detalles adicionales como la consideración de puntos alejados a pendientes superiores al 30%, así como la necesidad de mantener distancias similares a las alturas de los bosques cercanos. Es decir, la antena necesita al menos un ángulo de 45° con línea de vista al satélite. Si esto se aplica se podría identificar zonas fuera de las coberturas vegetales y de pendientes con dichas características y esto permitiría la generación de un buffer alrededor de la pendiente y zonas de bosques de 300m.

2.1 Propuesta de niveles de atención por Telemedicina

Cabe recalcar que no existe una caracterización oficial de los niveles de telemedicina en el país, por lo que nuestra propuesta identifica 3 niveles comparables con otros niveles de complejidad manejados en normativas como la de Perú (Red Nacional de Telesalud, Ministerio de Salud).

- ✓ Nivel 1. Baja complejidad: el paciente puede recibir atención médica a través del teléfono o sistemas de comunicación como *WhatsApp*.
- ✓ Nivel 2. Complejidad mediana: el paciente es capaz de interactuar con el médico utilizando sistemas de telemedicina con o sin ayuda de un asistente médico que acompañe al paciente.
- ✓ Nivel 3. Alta complejidad: es la correlación con el sistema de salud, donde sería factible la atención y el uso de equipamientos de alta complejidad, así como interconsultas entre los médicos, todo esto a través de sistemas de comunicación.

Si bien es necesario contar con plataformas informáticas de telemedicina a partir del nivel 2, la complejidad de estas dependerá de los servicios disponibles para los pacientes. Para esta propuesta se ha caracterizado este nivel de atención 2 con los siguientes elementos: Servicios de telemedicina: teleinterconsulta, teleconsulta médica, teleconsulta, telemonitoreo, teleorientación; servicios de salud: salud ambulatoria, apoyo a diagnóstico, triaje, monitoreo de pacientes; Equipos: sistema de conexión de Internet adsl, fibra óptica, conectividad móvil 3G o superior o satelital (*Starlink*), computadora, aro de luz, equipo de signos vitales; Prestador de servicio: 1 médico general, 1 técnico.

2.2. Área de estudio

La parroquia Baños se ubica al sureste del cantón Cuenca, provincia del Azuay, Ecuador, y ocupa 25.144,3 hectáreas, equivalentes al 6,9% del territorio cantonal y 3,02% de la provincia. Su topografía es irregular, con altitudes de 2.570 a 4.145 msnm, lo que genera microclimas: temperaturas anuales entre 3°C en el páramo y

16°C en la cabecera parroquial, y precipitaciones de 1.000 a 1.100 mm (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca, 2022; Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Baños, 2024).

Según el Censo 2022 (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2023), registra 21.797 habitantes, 46,55% hombres y 53,45% mujeres, con una población mayoritariamente joven, destacando el grupo de 10 a 19 años. La distribución muestra una dualidad: 35,17% en zonas urbanas, vinculadas al área central y proximidad con Cuenca, y 64,83% en áreas rurales. La población con discapacidad equivale al 5,86% (1.278 personas), aspecto clave en la planificación de servicios de telesalud.

El sistema de salud se limita a un Centro de Salud Tipo A en la cabecera parroquial (Ministerio de Salud Pública, 2023), mientras que las comunidades periféricas dependen de brigadas médicas mensuales. En 2023 se registraron 6.480 consultas preventivas iniciales, 10.251 subsecuentes, 3.330 consultas de morbilidad primeras y 5.285 posteriores. No obstante, las coberturas siguen siendo bajas: solo 3,33% en prevención de cáncer de mama, 0,15% en cáncer uterino y 23% en control prenatal. Estas deficiencias reflejan brechas significativas que podrían mitigarse con telesalud.

En cuanto a morbilidad, el 28% de la población adulta padece enfermedades crónicas no transmisibles, como hipertensión, diabetes y afecciones respiratorias, superando el promedio cantonal (23%). La infraestructura vial comprende 193,64 km, pero solo el 15,51% está en buen estado; el 80,21% corresponde a vías de lastre, lo que dificulta la movilidad en temporada de lluvias.

Los tiempos de acceso a servicios también son desiguales: 45,78% de la población invierte 15 minutos o menos en desplazamientos habituales, mientras que el 22,29% requiere entre 30 y más de 45 minutos. Estas condiciones limitan la atención oportuna, sobre todo en zonas rurales y en pacientes con movilidad reducida, mostrando la urgencia de fortalecer alternativas como la telesalud.

3. Resultados y discusión

La aplicación de la metodología en la parroquia Baños, permitió constatar que los criterios más relevantes para localización de este tipo de equipamientos es la cobertura de servicios de salud, cobertura de servicios básicos y población. Esto se determinó a partir del taller con nueve

expertos y se obtuvo los promedios que se observan en la TABLA 2. El criterio con mayor ponderación fue la cobertura de servicios de salud con un peso del 23%, conformado por las variables número de médicos -0,38- y cobertura actual de salud -0,62-.

TABLA 2. Ponderación promedio de los criterios y variables para la localización de puntos de telemedicina.
Fuente: elaboración propia

CRITERIO	VARIABLE / NOMBRE	Ponderación
C1. ACCESIBILIDAD (Promedio 0,14)	DISTANCIA VIAS	0,26
	DISTANCIA NUCLEOS POBLACION	0,29
	COBERTURA TRANSPORTE PUBLICO	0,44
C2. USO Y OCUPACION DEL SUELO (Promedio 0,09)	TAMAÑO PREDIO	0,19
	PREDIOS SIN EDIFICAR	0,15
	USO ACTUAL	0,37
	RESERVAS DE SUELO	0,29
C3. INTEGRACION CON EL ENTORNO (Promedio 0,06)	CALIDAD PAISAJISTICA	1,00
C4. POBLACION (Promedio 0,15)	DENSIDAD POBLACIONAL	0,23
	POBLACION EN EDAD DE RIESGO	0,36
	GRUPOS DE ATENCION PRIORITARIA	0,41
C4. MEDIO FISICO (Promedio 0,13)	MOVIMIENTOS EN MASA	0,21
	DESLIZAMIENTOS	0,23
	INUNDACIONES	0,20
	PENDIENTES	0,16
	GEOMORFOLOGIA	0,12
	ALTITUD	0,08
C5. COBERTURA SERVICIOS BASICOS (Promedio 0,21)	AGUA POTABLE	0,20
	ALCANTARILLADO	0,13
	ENERGIA ELECTRICA	0,24
	BANDA ANCHA	0,16
	SERVICIO MOVIL AVANZADO	0,14
	DESECHOS SOLIDOS	0,12
C6. COBERTURA SERVICIOS DE SALUD (Promedio 0,23)	NUMERO DE MEDICOS	0,38
	COBERTURA ACTUAL DE SALUD	0,62

Las capas procesadas en formato ráster con los valores entre 1 y 7 y la ponderación de la tabla anterior permitió realizar la suma lineal ponderada usando un álgebra de mapas. Al ser los criterios como los servicios básicos los más relevantes, la localización se concentra

específicamente en las zonas con cobertura de servicios. Por ello las zonas más idóneas se encuentran cerca de la cabecera parroquial y en sectores como Misicata o Huzhil como se ve en la FIGURA 4.

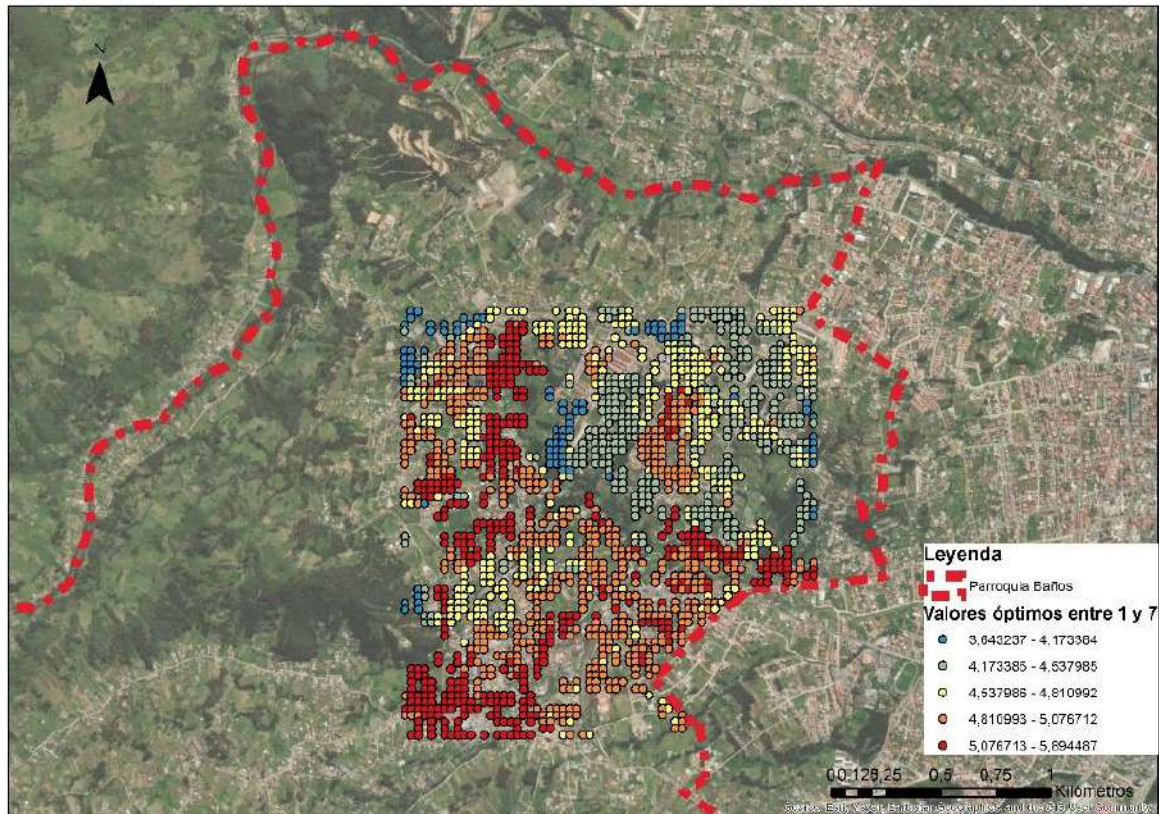


FIGURA 4. Resultado del álgebra de mapas para la localización de puntos de telemedicina en la parroquia Baños. Fuente: elaboración propia

Sin embargo, se presentaron algunos factores que representaron un desafío importante para la aplicación de la metodología, que se describen a continuación:

- ✓ Dificultades en el Acceso a Datos Geoespaciales: Aunque existe una creciente disponibilidad de datos geoespaciales, muchos de ellos permanecen inaccesibles debido a restricciones legales, problemas de confidencialidad o falta de infraestructura adecuada. Además, los datos disponibles suelen estar desactualizados o incompletos, lo que limita su utilidad para análisis precisos y toma de decisiones informadas.
- ✓ Conectividad desigual: En áreas rurales o remotas, la falta de acceso a Internet dificulta la implementación de soluciones basadas en telemedicina y GIS. Tecnologías como *Starlink* ofrecen alternativas prometedoras, pero requieren infraestructura básica como suministro eléctrico.
- ✓ Falta de Estandarización en los Datos: Los datos provenientes de distintas fuentes suelen utilizar modelos, terminologías y unidades diferentes, dificultando su integración y análisis.
- ✓ Desorden Institucional: Las entidades públicas suelen operar con objetivos

fragmentados y sin un marco común para gestionar datos geoespaciales. Esto genera duplicidad de esfuerzos y dificulta la creación de bases integradas.

Para lograr solucionar estos problemas, la propuesta descrita en el caso de estudio utiliza álgebra de mapas en QGIS para procesar variables geográficas relevantes como densidad poblacional, cobertura de servicios básicos e Internet. Este enfoque semiautomatizado facilita la identificación óptima de puntos para infraestructura sanitaria, reduciendo tiempos y costos operativos mientras se aprovechan herramientas abiertas.

4. Conclusiones

En la búsqueda de una metodología para localización de puntos de telesalud, se ha procurado identificar las variables que afecten a dichos cálculos considerando el paralelismo a otras metodologías de localización/asignación.

En ese sentido, es claro que las metodologías que utilizan la técnica de Proceso Analítico Jerárquico (AHP) son las más apropiadas para este tipo de problemática. En este artículo se presentó la propuesta de metodología con las

variables seleccionadas y se ha aplicado sobre datos del GAD Parroquial de Baños. En los resultados es notorio que la distribución de las propuestas de puntos de telemedicina se ha aglomerado alrededor de la cabecera parroquial, considerando que la distribución de uso de suelo de esta parroquia en particular reserva gran cantidad de su extensión para área protegida.

De esta forma, la cobertura de Internet por fibra óptica, así como Servicio Móvil Avanzado 3G o superior, así como los otros servicios básicos, impiden la localización más distribuida en la extensión de dicha parroquia. A pesar de ello, se han establecido parámetros adicionales que hacen ver la oportunidad de mejorar condiciones para el establecimiento de dichos puntos de telemedicina considerando la ampliación de cobertura de Internet a través de servicios satelitales como es el caso de *Starlink*. Esto se muestra como una esperanza adicional a la búsqueda de puntos de telemedicina en zonas alejadas a las cabeceras parroquiales, pero que cuenten con al menos servicio eléctrico, considerando también los otros criterios con la ponderación obtenida a través de la colaboración de los expertos.

5. Agradecimientos

A la Universidad de Cuenca y a la Dirección de Investigación (DIUC) por el apoyo a la ejecución del proyecto de investigación: "Propuesta metodológica para la planificación de la infraestructura de salud con enfoque en telesalud usando datos geoespaciales en un entorno de ciudades inteligentes".

6. Nota

Una versión preliminar se presentó en el VIII Workshop de la Red Iberoamericana de Observación Territorial (RIDOT) y el XIV Simposio Nacional de Desarrollo Urbano y Planificación Territorial, celebrados del 8 al 20 de junio de 2025 en la Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.

7. Referencias citadas

ARULDOSS, M.; LAKSHMI, T. M. & V. P. VENKATESAN. 2013. "A survey on multi criteria decision making methods and its applications". *American Journal of Information Systems*, 1(1): 31-43. Disponible en: DOI: [10.12691/ajis-1-1-5](https://doi.org/10.12691/ajis-1-1-5).

CAPRIOLI, C. y M. BOTTERO. 2021. "Addressing complex challenges in transformations and planning: A fuzzy spatial multicriteria analysis for identifying suitable locations for urban infrastructures". *Land Use Policy*, 102: 105147. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105147>.

- COMISION ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA (CEPAL). 2023. *Salud y desigualdad en América Latina y el Caribe: La centralidad de la salud para el desarrollo social inclusivo y sostenible*. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/>.
- DEAN, M. 2022. "Including multiple perspectives in participatory multi-criteria analysis: A framework for investigation". *Evaluation*, 28(4): 505-539. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/13563890221123822>.
- FÁTIMA DOS SANTOS, A. y A. FERNÁNDEZ. 2013. *Desarrollo de la telesalud en América Latina. Aspectos conceptuales y estado actual*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/>.
- GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE CUENCA. 2022. *Plan de Uso y Gestión de Suelo del cantón Cuenca*. Ecuador.
- GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL DE BAÑOS. 2024. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Baños 2024-2027*. Ecuador.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA y CENSOS. 2023. *Resultados del VIII Censo de Población y VII de Vivienda 2022*. Quito, Ecuador.
- KHAN, I.; PINTELON, L. & H. MARTIN. 2022. "The Application of Multicriteria Decision Analysis Methods in Health Care: A Literature Review". *Medical Decision Making*, 42(2): 262-274. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0272989X211019040>.
- KAVEH, M.; KAVEH, M.; MESGARI, M. S. & R. S. PALAND. 2020. "Multiple criteria decision-making for hospital location-allocation based on improved genetic algorithm". *Applied Geomatics*, 12(3), Article 3. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12518-020-00297-5>.
- LÓPEZ, R.; VILELA, L. y G. GUAMÁN. 2013. En: *Desarrollo de la telesalud en América Latina. Aspectos conceptuales y estado actual*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/>.
- MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA / MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES Y DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN. 2013. *Proyecto: Expansión del Programa de Telemedicina a Nivel Nacional*. Disponible en: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/>.
- MINISTERIO DE SALUD. 2023. *Agenda Digital de Salud 2023-2027*. Disponible en: <https://www.salud.gob.ec/>.
- MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA. 2023. *Estadísticas del Subcentro de Salud de Baños*. Ecuador.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD / ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD. 2016. *Marco de Implementación de un Servicio de Telemedicina*. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/28413>.

REPÚBLICA DEL ECUADOR, MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA. (2022). *Plan Decenal de Salud 2022-2031*. Disponible en: <https://aplicaciones.msp.gob.ec/salud/archivosdigitales/>.

SMITH, K. A.; MOSTAFIZ, R. B.; FRIEDLAND, C. & I. NAHMENS. 2025. *Bibliometric Web of Science and Google Trends analysis of multi-criteria decision analysis within the built environment*. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fbuil.2025.1528895>.

VILENIO (s/f). *Características de Total Decision*. Disponible en: https://vilenio.com/td_caracteristicas.html. [Consulta: marzo, 2025].

YU, Y.; ZHOU, R.; QIAN, L.; YANG, X.; DONG, L. & G. ZHANG. 2023. "Supply-demand balance and spatial distribution optimization of primary care facilities in highland cities from a resilience perspective: A study of Lhasa, China". *Frontiers in Public Health*, 11: 1131895. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1131895>.

Lugar y fecha de finalización del artículo:
Cuenca, Ecuador; julio, 2025

ANEXOS

ANEXO 1. Valores asignados para cada variable según criterios de: accesibilidad, uso y ocupación del suelo, integración con el entorno y población. Fuente: elaboración propia

		CRITERIOS										
		1. ACCESIBILIDAD			2.USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO				3. INTEGRACIÓN DEL EQUIPAMIENTO CON EL ENTORNO	4.POBLACION		
VARIABLE		DISTANCIA DESDE LAS VIAS EN TIEMPO	DISTANCIA DESDE HACIA LOS NUCLEOS EN TIEMPO	COBERTURA DE TRANSPORTE PUBLICO	TAMAÑO DEL PREDIO	PREDIOS SIN EDIFICAR	ZONIFICACIÓN ACTUAL USOS DEL SUELO	RESERVAS DE SUELO	CALIDAD PAISAJISTICA	DENSIDAD POBLACIONAL	GRUPOS DE ATENCION PRIORITARIA POBLACION EN EDAD DE RIESGO (NIÑOS 0-5AÑOS Y MAYORES A 65 AÑOS)	DISCAPACIDAD POR SECTOR CENSAL
		VALOR	7	0-5 minutos a pie	30 minutos a pie	5 a 15 min caminando (distancia ideal)	1400-1500 m2	Sin edificación	Antropico	Reserva para Equipamientos comunitarios	Bajo alto	90-176 Hab/ha
6	5-10 minutos a pie		40 minutos a pie		1300-1400	Menos del 10% edificado	Tierras improductivas		Bajo medio	50-90 Hab./ha	59-74 HAB	27-33 HAB
5	10-15 minutos a pie		50 minutos a pie	16 a 30 min caminando (distancia aceptable)	1200 m2-1300	Entre el 10 % y el 25% edificado	Agropecuario mixto			30-50 Hab/ha	44-58 HAB	21-26 HAB
4	15-20 minutos a pie		60 minutos a pie		1100-1200	Entre el 26% y el 50% edificado	Conservación y producción		Medio bajo	20-30 Hab./ha	33-43 HAB	15-20 HAB
3	20-30 minutos a pie		80 minutos a pie	31 a 45 min caminando (máximo tolerable)	1000 m2-1100	Entre el 51% y el 75% edificado	Agrícola / Pecuario		Medio	10-20 Hab./ha	24-32 HAB	11-14 HAB
2	30-60 minutos a pie		120 minutos a pie		751-1000	Entre el 76% y el 90% edificado	Protección o producción		Alto	5-10 Hab./ha	13-23 HAB	6-10 HAB
1	60-120 minutos a pie		mayor a 120 minutos a pie	Sin cobertura de transporte público	>750 m2	Más del 90% edificado	Conservación y protección / Agua	Suelo no destinado a reservas de equipamiento comunitario	Muy alto	0-5 hab/ha	0-12 HAB	0-5 HAB

ANEXO 2. Valores asignados para cada variable según criterios de: accesibilidad, uso y ocupación del suelo, integración con el entorno y población. Fuente: elaboración propia

		CRITERIOS														
		5. CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO FÍSICO						6. COBERTURA SERVICIOS BÁSICOS						7. COBERTURA DE SERVICIOS DE SALUD <input type="checkbox"/>		
VARIABLE	MOVIMIENTOS EN MASA	DESPLAZAMIENTOS	INUNDACIONES	TOPOGRAFÍA (PENDIENTES)	GEOMORFOLOGÍA	ALTITUD (msnm)	COBERTURA DE AGUA POTABLE	COBERTURA DE ALCANTARILLADO	COBERTURA DE ENERGÍA ELÉCTRICA	COBERTURA DE BANDA ANCHA	COBERTURA DE SERVICIO MÓVIL AVANZADO 3G	COBERTURA DE SERVICIO MÓVIL AVANZADO 4G	COBERTURA DE SERVICIO DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS	NUMERO DE MEDICOS	COBERTURA TERRITORIAL ACTUAL DE EQUIPAMIENTOS DE SALUD (CALCULADA EN DISTANCIA)	
VALOR	7	Sin susceptibilidad	NULO	Sin susceptibilidades	0-2%	Valle en V Relieve en rellanos y ondulaciones escalonadas Interfluvio de cimas redondeadas	2570 - 2795	116-155 viviendas	Hay alcantarillado	113-158 viviendas	93-127 hogares	Señal Alta > -85 dBm	Señal Alta > -100 dBm	118-157 VIVIENDAS	0 a 1	SIN COBERTURA
	6	Muy baja	Bajo	Baja	2-5%	Valle fluvial, llanura de inundación Relieve volcánico colinado alto Terraza media.	2795 - 3020	85-115 viviendas		85-113 viviendas	72-89 hogares			93-118 VIVIENDAS	1 a 2	
	5	Baja			5-12%	Fondo de valle glaciar Valle fluvio-glaciar Vertiente heterogénea con fuerte disección	3020 - 3245	66.84 viviendas		71-85 viviendas	56-69 hogares			71-93 VIVIENDAS	2 a 3	
	4		Media	Media	12-25%	Hondonadas pantanosas de origen glaciar-periglacial Morrena lateral Laguna glaciar vertiente rectilínea	3245 - 3470	52-65 viviendas		57-71 viviendas	43-54 hogares	Señal Media -95 dBm < Cobertura con niveles < -85 dBm	Señal Media -120 dBm < Cobertura con niveles < -100 dBm	54-71 VIVIENDAS	3 a 4	
	3	Media			25-40%	Coluvio-aluvial antiguo Coluvio-aluvial reciente Deposito glaciar modelado por acción fluvial Vertiente heterogénea coluvion antiguo	3470 - 3695	40-51 viviendas		42-57 viviendas	31-42 hogares			37-54 VIVIENDAS	4 a 5	
	2	Alta	Alto		40-70%	Colada de lava antigua Rocas aborregadas Domo volcánico Vestigios de edificio volcánicos Vertiente rectilínea con	3695 - 3920	9-39 viviendas		16-42 viviendas	17-30 hogares			16-37 VIVIENDAS	5 a 6	
	1	Muy alta	Muy alto	Alta/Cuerpo de agua natural	70-100%	Afloramientos rocosos en ambiente periglacial, cubeta glaciar, circo glaciar, barranco Escarpe de deslizamiento Vertiente	3920 - 4145	0-8 viviendas	No hay alcantarillado	1-16 viviendas	0-17 hogares	Señal Baja -105 dBm < Cobertura con niveles < -95 dBm	Señal Baja -140 dBm < Cobertura con niveles < -120 dBm	0-16 VIVIENDAS	mas de 6	CON COBERTURA

Journey into the heart of Viche, an iconic dish from Manabí, Ecuador

Viaje al interior del Viche, un plato icónico de Manabí, Ecuador

Viagem ao interior do Viche, um prato icônico de Manabí, Equador

Wendy Stefania Zambrano Loor¹, Rafael Cartay², Juan Carlos Ordoñez Piedra³ y
Gary Eduardo Loor Escobar³

¹ Universidad de Córdoba, España.

Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, provincia de
Manabí, Ecuador

² Universidad de Los Andes, Venezuela.

Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, provincia de
Manabí, Ecuador

³ Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador

wendy.zambrano@utm.edu.ec; rafael.cartay@utm.edu.ec; juan.ordonez@utm.edu.ec;
eduardo.loor@utm.edu.ec

Zambrano: <https://orcid.org/0000-0002-8170-4012>

Cartay: <https://orcid.org/0000-0002-5870-5658>

Ordoñez: <https://orcid.org/0009-0007-1699-2787>

Loor: <https://orcid.org/0000-0002-9209-1864>

Abstract

Manabí's cuisine is the synthesis of its biodiversity and the evolution of its culture, narrated through its history. In this context, *viche* is one of its most representative culinary expressions. The objective of this study was to characterize *viche* by identifying the most particular features that represent the identity of its inhabitants. This was primarily a qualitative and, to a lesser extent, a quantitative study, exploratory, descriptive, comparative, and historical. Techniques such as direct observation, interviews, life stories, and word frequency analysis using ATLASi software were applied. Among the main results was a list of the main and complementary ingredients of *viche*, the type of cuisine it belongs to, the origin of the ingredients, and cultural changes and continuities. It is concluded that this dish is very ancient, composed of ingredients available in the semi-arid and humid tropical climates of this province, making it one of the most emblematic dishes due to its uses, components, and symbolism.

KEYWORDS: regional cuisines; Manabí viche; traditional culinary knowledge; biodiversity and gastronomy; intangible heritage of Ecuador.

Resumen

La cocina manabita es la síntesis de la biodiversidad presente en su territorio y de la evolución de su cultura, narrada por su historia. En ese contexto, el viche es una de sus manifestaciones culinarias más representativas. El objetivo de este estudio fue caracterizar al viche identificando los rasgos más particulares que representan a la identidad de sus habitantes. Fue una investigación cualitativa y en menor medida cuantitativa, de tipo exploratoria, descriptiva, comparativa e histórica, aplicando técnicas como la observación directa, entrevistas, historias de vida y análisis de frecuencia de palabras mediante el software ATLASi. Entre los principales resultados se obtuvo un listado de los ingredientes principales y complementarios del viche, tipo de cocina al que pertenece, origen de los ingredientes y cambios y permanencias culturales. Se concluye, en que este plato es muy antiguo compuesto por ingredientes disponibles en climas semiáridos y tropicales húmedos característicos de esta provincia, constituyéndose en una de las preparaciones culinarias más emblemáticas, debido a sus usos, componentes y simbolismos.

PALABRAS CLAVE: cocinas regionales; viche de Manabí; saberes culinarios tradicionales; biodiversidad y gastronomía; Patrimonio Inmaterial del Ecuador.

Resumo

A culinária de Manabí é a síntese de sua biodiversidade e a evolução de sua cultura, narrada através de sua história. Nesse contexto, o viche é uma das suas expressões culinárias mais representativas. O objetivo deste estudo foi caracterizar o viche, identificando as características mais particulares que representam a identidade de seus habitantes. Este foi um estudo principalmente qualitativo e, em menor grau, quantitativo, exploratório, descritivo, comparativo e histórico. Técnicas como observação direta, entrevistas, histórias de vida e análise de frequência de palavras utilizando o software ATLASi foram aplicadas. Entre os principais resultados, destaca-se uma lista dos principais ingredientes e complementos do viche, o tipo de culinária a que pertence, a origem dos ingredientes e as mudanças e continuidades culturais. Conclui-se que este prato é muito antigo, composto por ingredientes disponíveis nos climas semiárido e tropical úmido desta província, tornando-se um dos pratos mais emblemáticos devido aos seus usos, componentes e simbolismo.

PALAVRAS-CHAVE: culinárias regionais; viche de Manabí; saberes culinários tradicionais; biodiversidade e gastronomia; Patrimônio Imaterial do Equador.

1. Introduction

Regional cuisines embody the very essence of daily life among different human groups over time. They reflect the development and application of skills and various techniques as survival methods, adapted and inherited through generations. Moreover, these cuisines are often an amalgamation of different sources due to population displacement and the exchange of knowledge and resources (Ángel-Bravo, 2021).

This could explain why, in response to new needs and the availability of new tools, knowledge, and ingredients, these cuisines have been constantly evolving. The elements that are involved in the creation of dishes can be both endemic and introduced (Montanari, 2006), combining ancestral and more recent techniques to embrace a new tradition. This shift may seem contradictory to those passionate about recognizing their local cuisines.

According to Garzón Osorio & Cardozo Vásquez (2024) traditional cuisines are the result of a series of factors related to cultural identity traits, representing the intangible cultural heritage of a specific territory passed down from generation to generation. According to these authors, they share similarities while also displaying differences with other communities, and are influenced by environmental characteristics, customs, social relationships, and ways of life.

In this context, it is essential to highlight that scientific studies on regional cuisines are virtually nonexistent in many areas, leading to assumptions that lack veracity. In Ecuador, culinary studies are insufficient, particularly given the country's cultural diversity and biodiversity (Duarte-Casar & Rojas-le-fort, 2024). Most studies focus on the Andean region, with little or no scientific research in other regions such as the Coast, The Amazon, and The Galápagos. Nonetheless, this has not hindered the exploitation of gastronomic richness as a strategy for local development in cities like Portoviejo, the capital of the Manabí province on the Ecuadorian coast. As Rodríguez *et al.* (2022) have asserted, these types of endogenous resources with

distinctive characteristics help to generate new tourism activities for the development of regions.

Currently, Portoviejo is recognized as a UNESCO Creative City of Gastronomy since 2019 (UNESCO, 2019), following a series of actions developed within the city as economic reactivation strategies, including gastronomic festivals, culinary competitions (culinary cups) between traditional cooks, the strengthening of local markets, among other activities. This was in response to the severe earthquake on April 16, 2016, which had its epicenter in the provinces of Manabí and Esmeraldas, devastating important cities like Portoviejo and causing numerous deaths and injuries (Cartay *et al.*, 2021).

The earthquake triggered an economic and social crisis that led the local authorities to design and implement measures like those mentioned earlier, which allowed the residents to demonstrate their resilience in the face of such crises. One of the primary means of survival was the establishment of popular food outlets as a major source of income to help families sustain themselves while other long-term strategies were developed, taking advantage of the province's culinary treasures.

It is worth noting that many dishes that could be considered traditional have already been mentioned in various recipe books by renowned historians and chefs. However, after recent events, these recipes began to gain popularity both within and beyond the city and the province. *Viche* leads this culinary corpus, and as evidence, it is necessary to mention that this dish from Manabí, among other traditional dishes from the province, is listed among the manifestations of Intangible Cultural Heritage registered by the National Institute of Cultural Heritage [Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC), 2018].

Additionally, *viche* has also been selected by the Ecuadorian Ministry of Tourism (Ministerio de Turismo del Ecuador, MINTUR, 2018) to represent the province's gastronomic offerings through the publication of a nationally distributed brochure titled 'Gastronomic Map'.

Moreover, Acosta *et al.* (2005) have shown that, in a study conducted to identify the dishes

with which the Manabí population felt most identified, *viche* ranked among the top five dishes preferred by respondents from different municipalities. Other publications by Regalado (2019), a well-known historian of Manabí cuisine, describe it as the emblematic dish of Manabí, and this coincides with Ordóñez Piedra (2023), who, in his study on peanuts (*Arachis hypogaea*), confirms this ingredient is indispensable for many traditional dishes of Portoviejo, including *Viche*.

The most recent significant event highlighting this dish occurred on May 26th, 2024, in Portoviejo, when the Guinness World Record for the largest *viche* ever cooked was achieved (Buzetta Ricaurte, 2025), fulfilling a series of conditions and requirements to achieve this milestone, thereby raising the dish's profile beyond provincial borders. Moreover, the province of Manabí was recognized as a World Gastronomic Region by the Institute of Gastronomy, Culture, Art and Tourism (IGCAT).

This effort is carried out as a strategy to promote the cuisine of Portoviejo and Manabí and as a method of preserving the current designation as a UNESCO Creative City of Gastronomy. However, it is important to note that gastronomic festivals continue to be held annually in various rural parishes in Portoviejo, as well as cooking competitions, shows, and other culinary activities involving higher education institutions, traditional cooks, local governments, cultural managers, the community, among others. This allows families to generate subsistence alternatives through gastronomy, as happens in other regions such as Spain during times of crisis (Gómez Patiño *et al.*, 2016).

Despite the significance of this culinary preparation, which is so representative of the Manabí territory, only one study has been conducted by Zambrano Llor (2023), dedicated to the meticulous study of this dish, defining its characteristics and various elements. This research reaffirmed that *viche* is the quintessential traditional dish in Manabí, presenting an opportunity to implement local development strategies, such as gastronomic tourism. However, it also emphasizes that,

without relevant research, this cultural resource could face long-term negative impacts.

Based on its characteristics, *viche* can be categorized as a potage because it consists of cooked vegetables and legumes. However, there are technical differences between definitions. In Manabí, people may also consider it a soup (dark) or a stew.

The significance of this dish lies in its ingredients, utensils, origin, methods, and techniques, which will be mentioned during the course of this work. Additionally, its relevance is due to the symbolic value it holds for Manabí families, as it is prepared and consumed on special and commemorative occasions, not to mention its high nutritional value when compared to other traditional preparations.

This work focuses on identifying each of the components of *viche*, its relevance, origin, evolution, and role in the preparation of this dish. This allows for better interpretations of the sense of belonging among the inhabitants of the communities and their relationship with their daily life, beliefs, customs, religion, and history. It also aims to encourage further research into Manabí cuisine; more knowledge and theory could provide various possibilities and tools for local development that can be generated through the appreciation of this type of cultural resource through gastronomic tourism (Melgar Ramírez, 2013), supported by scientific data that substantiates the discourses behind each of them.

2. Methodology

As already mentioned, this study was conducted in Manabí, a province located in the center of the Ecuadorian coast (FIGURE 1), which has an area of 19,516.6 km², making it the fourth largest continental province in Ecuador (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Manabí, 2024). It has around 1,592,840 inhabitants (Secretaría Nacional de Planificación, 2023), which makes it the third largest province in the country in demographic terms.

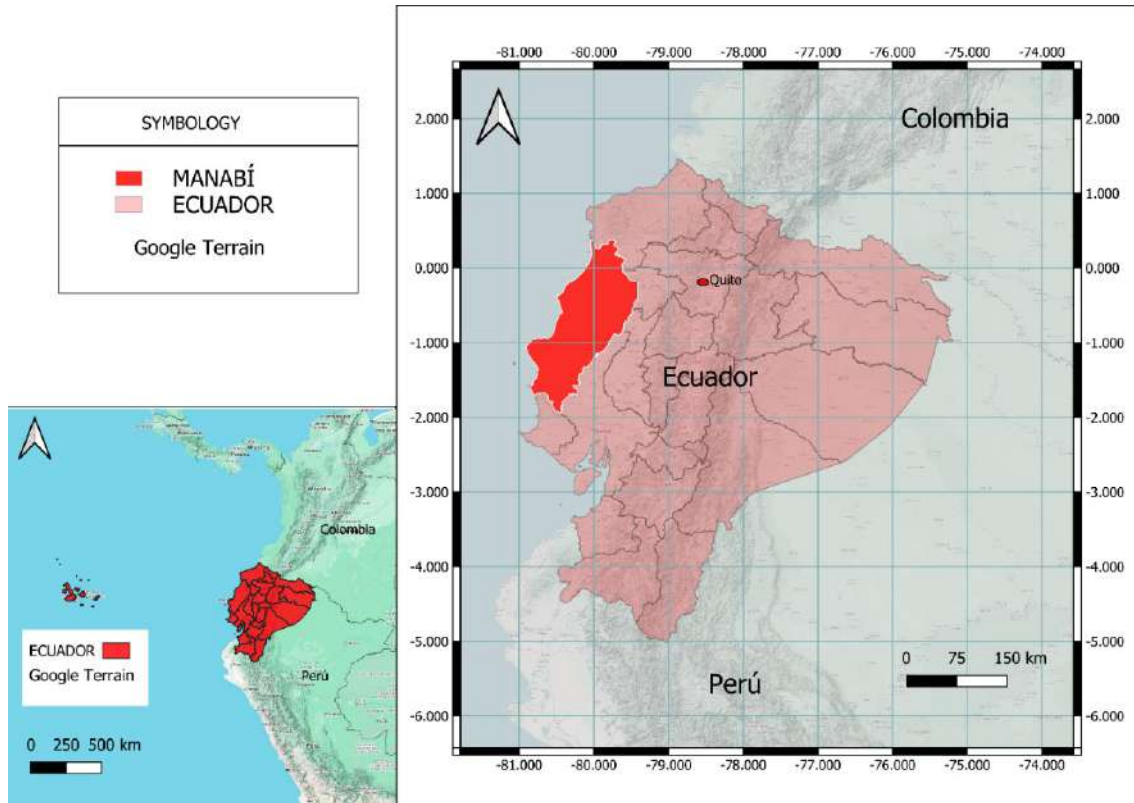


FIGURE 1. Location of Manabí.

Note: Red shading is observed for Ecuador in Latin America and for Manabí within Ecuador. Authors own work

Within this province, the study focused on the cantons of Portoviejo and Tosagua. The selection of these was based on two factors: in the case of Portoviejo, because it is currently recognized by UNESCO as a Creative City of Gastronomy (UNESCO, 2019), and in the case of Tosagua, due to its large peanut (*Arachis hypogaea*) production, which is one of the most present and important ingredients in the culinary corpus of Manabí cuisine (Ordóñez Piedra, 2023).

The research applied an inductive method, by studying a particular dish, the 'viche'. It also used a deductive method by placing this dish within a provincial culinary corpus. Furthermore, it is a qualitative study because it allowed for a significant focus on the interpretation of culinary cultural expressions and the social phenomena that develop around them, enabling direct observation, semi-structured interviews, and analysis of the natural behavior of the actors in

their own environment (Schenkel and Pérez 2019).

This type of research allowed for the study of *viche* within the context in which it is prepared, including components such as the definition and uses of the dish, essential and complementary ingredients, the origin and provenance of its elements, among other additional factors.

The investigation was of various types: exploratory, as it was the first time this dish was researched in detail; descriptive, as it allowed for a detailed description of the fundamental characteristics of *viche*, its ingredients, changes, and associated manifestations; comparative, as it facilitated the contrast between documentary information and primary data; and historical, due to the investigation of its possible origins, changes, and continuities over time. Additionally, documentary research techniques were applied as a complement to data collection.

The study process began with the technique of direct observation in the two aforementioned cantons. For this purpose, food courts and several points of sale of local products in municipal markets, traditional food restaurants in rural parishes, and homes of housewives aged between 30 and 90 years were visited. In these same settings, through non-probabilistic sampling, 13 semi-structured interviews and 4 life stories were conducted with certain traditional cooks. The selection of interviewees was based on their certification by local governments and UNESCO, as well as having a considerable number of years in preparing traditional dishes, either for sale or for their families, and for the workers on their farms. The interviews were semi-structured, based on a question guide that included: the origin of the cooks, their training and experience in the trade, and their learning processes.

With the data obtained from primary sources, a list of ingredients for *viche* was compiled, allowing for comparison, classification, and contrast with the information recorded in the INPC file. It was also possible to document other characteristic features of this dish, which helped to recognize the level of cultural importance and symbolic representation that the preparation holds for its inhabitants. Additionally, based on the textual information obtained from the interviews, the ATLAS.ti software was used for word frequency analysis, identifying those most present in the memories of the cooks.

Finally, to understand the symbolic significance of *viche* in the cultural context of Manabí, a bibliographic search was conducted on the types of cuisine based on their history, customs, consumption, and uses, among other factors. This also led to the study of the continental origin of its main ingredients to understand the cultural context that this dish currently represents.

3. Results

The *viche* is a dish that can be classified as a potage or traditional soup in the Manabí province. It is important to refer to the definitions established by the Real Academia Española (RAE,

2024). In its first definition, 'potage' is described as "a broth or other cooked dish", and in the second, as a culinary preparation consisting of legumes, vegetables, and assorted ingredients, typically consumed during periods of dietary restriction. However, according to the RAE (2024), regarding the meaning of 'soup', it first describes this term as a liquid-based preparation containing one or more solid ingredients cooked within it, such as noodles, vegetables, or fish. It also defines it as a culinary preparation consisting of slices of bread soaked in a nutrient-rich liquid.

Based on the previous description, it is crucial to address other aspects related to the historical context and the linguistic origin of these terms. Palla (2016) notes that, as historians say, the word has a French origin, from the same word 'potage' in that language, meaning 'stew' or 'soup', which is associated with the discovery of ceramics. This is because, with the advent of ceramic cooking vessels, ancestors prepared dishes by mixing game and foraged ingredients in 'earthenware pots'. Furthermore, Palla (2016) also mentions that the word 'soup' originates from the Germanic term 'Suppa', WHICH means 'to soak', linking it to historical traits. Initially, soups were made with slices of soaked bread, but over time, other ingredients such as rice and pasta were incorporated.

Similarly, Camarero (2006) defines 'potage' as a somewhat brothy stew made from dried legumes, along with some fresh vegetables and meat products, which can be replaced by salted cod during Lent. In contrast, the defining component for soups would be the broth, but with greater variety due to its diverse vegetable and animal components. It is generally accompanied by bread, rice, pasta, or vegetables (Cartay & Dávila, 2023).

Given these definitions and considering the characteristics of *viche*, it can primarily be associated with potages due to its composition (FIGURE 2), as well as its methods, techniques, tools, utensils, and consumption patterns. These aspects will be elaborated upon and explored in the description of this article.



FIGURE 2. Photo of a *viche*

Note: The figure shows the presentation of *viche* as a full dish within its cultural context, highlighting some of the ingredients and utensils required for its preparation. Adapted from Intriago (2024)

3.1 Ingredients of *Viche*

There are numerous aspects concerning the origins of the ingredients that constitute *viche*, which have been passed down through generations primarily via oral transmission, especially from mothers to daughters. This transmission also encompasses the methods, techniques, tools, and utensils employed in the preparation of this dish.

To determine the ingredients involved in the preparation of *viche*, this study considered life

histories and interviews conducted with 17 matrons (midwives) and traditional cooks. During their accounts, these individuals identified products they deemed essential for the preparation of the dish. In conjunction with this information, the data from the INPC (National Institute of Cultural Heritage) publication was also utilized. The results are presented in TABLE 1, categorized into three groups: vegetables and nuts, proteins, and seasonings.

TABLE 1. Composition of the ingredients of *viche*

N°	Ingredients	Number of Cooks and Midwives																	INPC File	No. of Matches
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
VEGETABLES																				
1	Peanut (<i>Arachis hypogaea</i>)	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	18
2	Plantain Balls with Peanut (Plantain)	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	18

Legend:

	Ingredient mentioned by the cook on the corresponding list
	Ingredient not mentioned by the cook on the corresponding list
	Ingredient included in the INPC technical sheet

Based on the results obtained, and considering the frequency with which the opinions of both matrons, traditional cooks, and those recorded in the INPC (National Institute of Cultural Heritage) records coincide, it was verified that certain ingredients are used more frequently than others in the preparation of this dish. Consequently, some ingredients are more prominently remembered by the participants in this study. The following is presented (TABLES 2, 3, 4):

TABLE 2. Matches in vegetables and nuts for the viche

Highly matching ingredients:	
Peanuts (<i>Arachis hypogaea</i>), plantain balls with peanut (Plantain) (<i>Musa acuminata x balbisiana ABB</i>), sweet potato (<i>Ipomoea batatas</i>), cassava (<i>Manihot esculenta</i>)	18 matches each (unanimous opinion)
Pumpkin or squash (<i>Cucurbita maxima</i>), long beans (<i>Phaseolus vulgaris sp</i>), ripe plantain (Banana) (<i>Musa acuminata x balbisiana ABB o AAB</i>), and corn (<i>Zea mays</i>)	16 matches each
Moderately matching ingredients:	
Achogcha (<i>Cyclanthera pedata</i>), green beans (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	12 matches each
Bell pepper (<i>Capsicum annum</i>)	11 matches
Broad Beans (<i>Vicia faba</i>), Red onion (<i>Allium cepa</i>)	10 matches
Ingredients with fewer matches:	
Cabbage (<i>Brassica oleracea var. Capitata</i>)	7 matches
Cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>)	6 matches
Rarely used ingredients:	
Carrot (<i>Daucus carota</i>), tomatillo (<i>Physalis philadelphica</i>)	4 matches each
Cucumber (<i>Cucumis sativus</i>)	3 matches each
Potato (<i>Solanum tuberosum</i>), chillangua (<i>Eryngium foetidum</i>), white Onion (<i>Allium cepa</i>)	2 matches each
Tomato (<i>Solanum lycopersicum</i>), green onion (<i>Allium fistulosum</i>)	1 matches each

TABLE 3. Matches in proteins

Highly matching proteins:	
"Albacore tuna (<i>Thunnus albacares, T. alalunga</i>) (from the sea)"	18 matches (unanimous opinion)
"Shrimp (<i>Penaeus spp</i>) (from the sea)"	11 matches
Moderately matching proteins:	
"Crab (<i>Callinectes arcuatus and Ucides occidentalis</i>) (from the sea)"	8 matches

Continued Table 3

"Red crab (<i>Dilocarcinus spp.</i>) (freshwater, known as guariche), river shrimp or freshwater shrimp (<i>Macrobrachium americanum</i>) (known as cacaño)"	5 matches each
"Chicken (<i>Gallus gallus domesticus</i>)"	4 matches
"Chame fish (<i>Dormitator latifrons</i>) (from the river), Mahi-Mahi (Dorado Fish) (<i>Coryphaena hippurus</i>) (Sea species)"	3 matches each
Proteins with fewer matches:	
Sailfish (<i>Istiophorus platypterus</i>) (from the sea), river crab (<i>Trichodactylus spp.</i>) (known as jaiba), black tiger shrimp (<i>Penaeus monodon</i>) (sea species), mackerel fish (<i>Scomberomorus sierra</i>) (sea species), beef tripe (Bovine) (<i>Bos taurus</i>)	2 matches each
Proteins with low frequency:	
Snook fish (<i>Centropomus viridis</i>) (sea species), croaker fish (<i>Cilus gilberti</i>) (sea species), frigate tuna (bonito fish) (<i>Auxis thazard</i>) (sea species), wahoo fish (<i>Acanthocybium solandri</i>) (sea species), mestiza fish (<i>Hybrid Tilapia-Oreochromis spp.</i>) (river species), spoon fish (<i>Gobiesox fluviatilis</i>) (from the river), Pacific fat sleeper (vieja fish) (<i>Dormitator latifrons</i>) (river species), catfish (<i>Rhamdia quelen</i>) (river species), tilapia fish (<i>Oreochromis niloticus</i> , <i>Oreochromis mossambicus</i>) (river species), river prawn (<i>Macrobrachium americanum</i>), squid (<i>Euthida</i>) (sea species)	1 match each

TABLE 4. Matches in condiments

Highly matching condiments:	
Salt (Sodium chloride) (NaCl)	18 matches (unanimous opinion)
Annatto (<i>Bixa orellana</i>) (Annatto oil), garlic (<i>Allium sativum</i>)	13 matches each
Moderately matching condiments:	
Black pepper (<i>Piper nigrum</i>)	6 matches
Cumin (<i>Cuminum cyminum</i>)	5 matches
Oregano (<i>Origanum vulgare</i>)	4 matches
Condiments with fewer matches:	
Pork lard (Pork) (<i>Sus scrofa domesticus</i>)	2 matches
Cinnamon (<i>Cinnamomum verum</i>), chili pepper (<i>Capsicum sp</i>)	1 match each

Traditional recipes have the potential to evolve and adapt to new needs and demands. However, it is crucial to preserve those essential traits or characteristics that allow individuals to connect with a society, region, community, and, consequently, with their history (Pazos Carrillo, 2010; Del Moral, 2020). In this regard, traditional cuisine focuses on fundamental or primary ingredients, as well as certain techniques, tools, and knowledge that are vital for preserving collective identity.

In this study, it was determined that the primary vegetables and nuts used in the

preparation of *viche* include peanut (*Arachis hypogaea*), plantain balls (*Musa acuminata x balbisiana ABB*), sweet potato (*Ipomoea batatas*), cassava (*Manihot esculenta*), squash (*Cucurbita maxima*), long beans (*Phaseolus vulgaris sp*), ripe plantain (*Musa acuminata x balbisiana ABB o AAB*), and corn (*Zea mays*); these are the most frequently mentioned. Secondary products in this category include achogcha (*Cyclanthera pedata*), green beans (*Phaseolus vulgaris*), bell pepper (*Capsicum annuum*), and broad bean (*Vicia faba*). Regarding proteins, the predominant one is albacore tuna (*Thunnus albacares*, *T. alalunga*),

This confirms the narrative of the matrons and cooks, who asserted that most ingredients come from locally available resources, from the *chacra* (small farm) or home gardens. This gives rise to various interpretations regarding the dish's origin, based on the obtained information and the production, biological, and cultivation characteristics of the ingredients used. One possibility is that, over time, due to the difficulty of transporting certain products and their preservation issues, people living in mountainous areas had access to most vegetables and peanuts but not to marine fish species. Consequently, they fished for other types of freshwater fish and crustaceans, such as *guariche* and river shrimp. Conversely, those living near the sea who did not have access to mountain-harvested products but had saltwater species began to create their own version of the dish, using seafood and vegetables from their home gardens.

It is likely that, since ancient times, *viche* has become popular through the exchange of products via barter and the transfer of knowledge between *cholos* (indigenous) and *montubios* (a mestizo ethnic group from the coast). This complicates the precise identification of its origin post-colonization in the province but it allows it to be recognized as a distinctly coastal dish originating from Manabí, considering the mountain species from a subtropical climate, mangroves, and the sea.

This description necessitates studying the origins of these products before the arrival of the Spaniards, which could aid in understanding the connection of *viche* with definitions associated with ancestral, traditional, typical, festive, patrimonial, and commemorative aspects. However, it is crucial to analyze these concepts first.

According to Utrera Velázquez & Jiménez Jerez (2021: 419), ancestral cuisine is linked to the culture of 'ancestors' in a specific territory, providing insight into food origins related to "production, cooking, consumption, and preservation". Stinson (1982), Goodman & Armelagos (1989), Cordain (2002), and Ungar (2004) state that from a temporal perspective, this cuisine refers to the diet and techniques used

by early humans and hominids (ancestors of early humans) who lived in certain regions and engaged in hunting, gathering, and early agricultural activities long before the development of civilizations. These authors also note that ingredients are natural and wild or as close to their natural state as possible, available in the environment, and preparation methods are rudimentary, utilizing techniques such as smoking, drying, and fermentation for food preservation.

Traditional cuisine, on the other hand, carries different connotations. Pazos Carrillo (2010: 28-29) proposes three fundamental characteristics of traditional cuisine: "a) It is food with remote antecedents; b) it is tied to a specific territory or region, from which most of its products originate; and c) it consists of diverse preparations that have been passed down from generation to generation, mainly from mothers to daughters".

Davidson (1999), Lewis (2006), Counihan & Van Esterik (2012) describe traditional cuisine as culinary practices transmitted from generation to generation as cultural heritage, reflecting the distinctive characteristics of a particular locality, revealing identity and customs with historical significance and evolutionary traits. They also mention that traditional cuisines may or may not use natural and/or processed ingredients but retain some ancient or ancestral culinary traits, such as spices, cooking methods, and certain representative and commemorative dishes for special events, rituals, and celebrations. This type of cuisine is often noted for its difficulty in easily adapting to new demands, conditions, and technological advancements but can achieve adaptation as long as it maintains a connection to its cultural legacy.

Regarding typical cuisine, Inga Aguagallo *et al.* (2022) define it temporally as culinary practices and preparations that represent the local identity of various social groups but are more frequently made today due to their adaptability to contemporary tastes, through the use of traditional ingredients and methods. It is commonly present in festive meals, daily dishes (homes and restaurants), and recipes that showcase the history, geographical origin, and

traditions of a locality (Timothy, 2015). Typical cuisine is also frequently seen in events and celebrations as part of the cultural experience of communities, promoting economic activities such as tourism (Santos Lobo, 2008; Llerena Oñate *et al.*, 2023). Thus, typical cuisine is more popular, represented in highly consumed dishes, and appreciated for both traditional and contemporary traits.

Among other types of cuisine to address in this analysis is patrimonial cuisine, which is gaining global recognition. Besides representing culinary characteristics that reflect the identity and history of peoples, its designation is attributed to official certification or recognition granted by a governmental or non-governmental body as a result of actions initiated by various social agents (Hernández-Ramírez, 2018). These include actors from the public, private, and non-governmental sectors, and the community, all aimed at identifying unique and irreplaceable traits of regional cuisines to enhance their value through patrimonial designation. For instance, in Peru, the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO, 2023) has included its cuisine in the Intangible Cultural Heritage list as part of economic and social development strategies (Matta, 2011), though such designations can also be granted within a national territory by the competent body.

One of the main objectives of granting a patrimonial status to a cultural process, in this case culinary, is to protect them from changes brought about by globalization, which is erasing traditions and causing the loss of local identity characteristics. This includes drastic changes in cuisines due to the homogenization of diets, prompting strategies like the patrimonialization of cultural expressions worldwide (Contreras, 2019). However, other objectives beyond safeguarding aim to improve the quality of life for bearers through development alternatives to stimulate local economies, also enhancing the value of these resources through protection, recognition, and the creation of new socio-economic growth opportunities for regions (Matta, 2011).

Considering the different characteristics of the cuisines discussed in this study, it is necessary to review other typologies, such as festive and commemorative cuisines, as they are often related to rituals, events, beliefs, religion, customs, economy, and other significant occurrences.

The RAE (2024) defines festive as associated with or pertaining to a celebration or festival and setting aside an officially recognized period for rest due to the observance of a significant festival, rather than a regular working day, respectively.

In this context, it is necessary to analyze festive cuisine from the perspective of some researchers. Katz (2019) relates this type of cuisine to dishes prepared for festivals, and although there is a wide variety, three main types stand out: civil festivals, such as patriotic holidays, Mother's or Father's Day, and educational institution celebrations; life cycle festivals, such as birthdays, completion of a biblical mandate, wakes, etc.; and religious festivals, including Catholic celebrations and traditional pre-Hispanic festivals, such as the Day of the Dead, which also coincides with 'the end of the rains and the maize harvest', as well as Christmas celebrations. This author considers that festive cuisine may or may not be part of strictly religious rituals, as many of these preparations are also made for traditional festivities unrelated to religion, as previously described. However, its greatest representation is seen with purely spiritual factors.

Alvear *et al.* (2022) explain how indigenous and current communities in the Andean region of Ecuador have performed festive rituals as a sign of gratitude for natural and cultural resources essential for their continued existence. These rituals have become cultural manifestations expressed in traditional festivals, where cuisine is a symbol showcasing harvested products from the environment, and culinary practices to transform them into finished dishes represent identity and belonging that strengthen family and community ties.

Finally, to interpret commemorative cuisine, it is necessary to understand that commemoration

refers to the act of to honor or commemorating something or someone solemnly, typically through a formal ceremony or the erection of a monument (RAE, 2024). Ruíz Pascua (2015) describes this type of cuisine as the act of preserving collective memory and as a form of social resistance against identity loss through culinary practices, which may occur both naturally and forcibly. Salete Nery (2023) states that one way to commemorate a people's cuisine is through the creation of family recipe books, materializing social and collective memory to preserve and transmit it to future generations.

Today, there are many ways to commemorate food, some through the celebration of important dates and/or events within the territory as well as

outside it. For instance, individuals who have relocated to new national and international environments often strive to remember their culture by recreating traditional dishes and practicing culinary methods and techniques, generating a sense of nostalgia and maintaining a connection to their places of origin (Ruíz Pascua, 2015).

Based on this comprehensive set of interpretations regarding different types of cuisine, TABLE 5 presents the origin of viche ingredients, aiming to identify their role as a culinary cultural manifestation within the province of Manabí. The FIGURE 4 represents the percentage of the origin of viche ingredients by continent

TABLE 5. Origin of viche ingredients

Ingredient	Scientific Name	Continent	Specific Area	Stage of Introduction in the Americas
Albacore fish (from the sea)	<i>Thunnus albacares, T. alalunga</i>	America	Tropical and subtropical oceans (Pacific, Atlantic, and Indian)	-
Peanut	<i>Arachis hypogaea</i>	America	South America (tropical zones)	-
Plantain	<i>Musa × paradisiaca</i>	Asia	Southeast Asia (New Guinea, Pacific Islands, and parts of northeastern Australia)	16th Century (around 1516)
Cassava	<i>Manihot esculenta</i>	America	South America (tropical zones)	-
Sweet Potato	<i>Ipomoea batatas</i>	America	Central America and South America (tropical and subtropical zones)	-
Corn (on the cob)	<i>Zea mays</i>	America	Central America and South America (Andean zone)	-
Pumpkin or squash	<i>Cucurbita maxima</i>	America	Central America and South America (tropical Andean zones)	-
Long Bean	<i>Phaseolus vulgaris sp</i>	America	Tropical areas of Asia Mesoamerica and South America	1400 BC
Achogcha	<i>Cyclanthera pedata</i>	America	South America (Andean zone)	-
Broad beans	<i>Vicia faba</i>	Europe, Africa, and Asia	Mediterranean and Southeast Asia	Early 16th Century (brought by colonizers)
Green beans	<i>Phaseolus vulgaris</i>	America	Central America and South America	-
Bell Pepper	<i>Capsicum annuum</i>	America	Central America and South America (tropical and subtropical zones)	-
Cilantro (coriander)	<i>Coriandrum sativum</i>	Europe, Africa, and Asia	Mediterranean region and Southwest Asia	Early 16th Century (brought by colonizers)
Red Onion	<i>Allium cepa</i>	Asia	Central Asia (areas now including Iran, Pakistan, and adjacent regions)	Early 15th Century (around 1493)
Garlic	<i>Allium sativum</i>	Asia	Central Asia (areas now including Uzbekistan, Turkmenistan, Tajikistan,	Early 16th Century

Continued Table 5

			Kyrgyzstan, and parts of northeastern Iran and Afghanistan)	
Annatto (Annatto Oil)	<i>Bixa orellana</i>	America	Central America and South America (tropical zones)	-
Salt	<i>Sodium chloride</i>	Universal	Around the planet in various forms	-
Chili Pepper	<i>Capsicum sp</i>	America	Southern Mexico, Central America, and South America (mainly tropical zones of Ecuador)	-
Oregano	<i>Origanum vulgare</i>	Europe, Africa, and Asia	Mediterranean region	Early 16th Century
Water	<i>H2O (chemical formula)</i>	Universal	Around the planet in different states	-

Note: elaborated from Cartay *et al.* (2023); Zambrano Loor (2023)

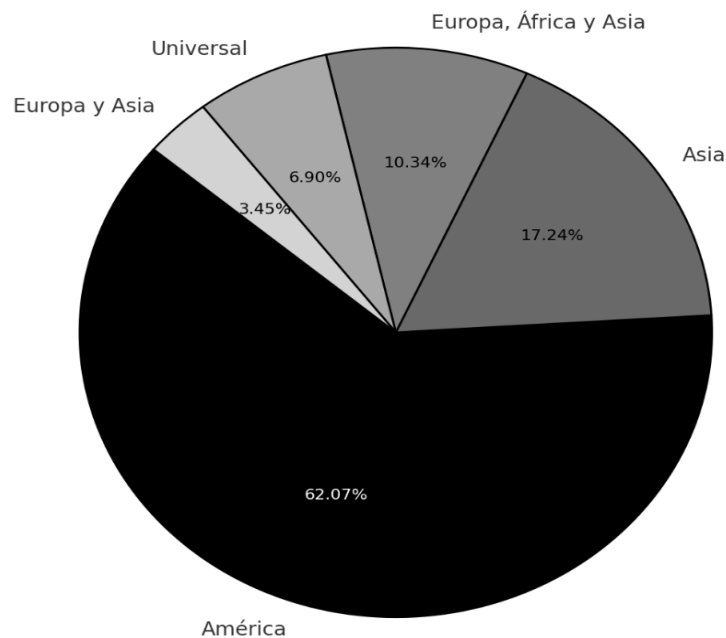


FIGURE 4. The percentage of the origin of viche ingredients by continent

The results of this analysis demonstrate that the majority of the ingredients (62,07%) used in the preparation of *viche* considered in this study originate from the Americas. However, it is also evident that there is a significant contribution from ingredients sourced from other continents. This allows for several interpretations regarding the type of cuisine represented by *viche*, taking into account the previously reviewed definitions.

According to Pazos Carrillo (2010), the interpretation of dishes, comparison of recipes,

and the origin of ingredients are not the only aspects that constitute the characteristics of culinary cultural manifestations. Other factors such as techniques, artifacts, and utensils, as well as changes and continuities, also play a role.

Regarding the culinary techniques currently applied on the American continent, Pazos Carrillo (2010) includes refrying and salting preservation as techniques introduced over time, while direct fire cooking is identified as a technique developed as part of the civilizational process

across various continents. Among these, refrying (mentioned in the INPC fiche) is a critical process in the preparation of *viche* to impart consistency and color, while salting preservation, which is no longer regularly practiced, was used to season and maintain various types of meat, including albacore tuna—a preservation method widely used before the advent of refrigeration.

Among the utensils used by traditional cooks from Manabí in the preparation of various culinary dishes, including *viche*, is the wood-fired oven, which is utilized across several continents including the Americas (Lagunes *et al.*, 2021). Other commonly used items include spoons, plates, and containers made from materials such as *Crescentia cujete* (known as the calabash tree), clay, and iron. It is important to highlight that the use of clay vessels was common in the domestic spaces of pre-Hispanic cultures (Long, 2008).

Furthermore, it is essential to specify that the most common accompaniments for *viche* include cooked rice, roasted plantains, and halved green lime, with lime juice as the beverage. This makes the dish more substantial and capable of satisfying hunger, which is why it is typically served as a single meal during lunchtime. Historically, it was also commonly accompanied by pumpkin or squash, sweet potato, hominy, rice, or plantains coladas; or, alternatively, hot chocolate, regardless of the surrounding temperatures.

This illustrates that the *viche* we know today is the result of the exchange of tangible and intangible resources between different social groups over time, making this preparation one of the most significant traditional dishes of Manabí due to its transgenerational heritage. The oldest reference to the dish among participants in the study is approximately 150 years old, suggesting it was already considered traditional at that time. Additionally, there is a record by the Italian Jesuit chronicler Mario Cicala, who described the preparation of *viche* in 1767 in Jipijapa, a municipality in the southern part of Manabí province. This serves to attest to the existence of this dish in the mid-18th century (Cicala, 1994/1771).

Moreover, it is a typical dish because it is currently frequently found on the menu of various restaurants as a tourist strategy; it is patrimonial because it is included among the cultural manifestations of the Intangible Cultural Heritage of Ecuador as recorded in INPC fiches; it is festive because of its significant representation for the province, being featured in local and gastronomic festival offerings, as well as in religious celebrations such as Holy Week, where it is the select dish of Manabí for fulfilling the ritual of fasting and abstinence, given that *viche* is predominantly made with fish or seafood.

Because it is part of a religious ritual and is composed of various vegetables, this dish, despite its coastal origins, shares similarities with the *fanesca*, an emblematic dish from the Sierra region with high cultural and religious value. *Fanesca* features a wide variety of vegetable and animal ingredients representing Ecuador's agricultural diversity and is primarily consumed during Holy Week.

Finally, *viche* is also a commemorative dish because, as a heritage from ancient generations, it serves to bring family members together and host visitors to recall loved ones, childhood moments, places of origin (a common practice among immigrants), relive happy times, and other aspects, thus awakening culinary memory and preserving collective memory.

Each of these meanings allows this dish to be recognized as emblematic, as described by Regalado (2019) and the participants in this study. Additionally, it has high nutritional value due to the variety of ingredients used in its preparation, which has nourished various generations alongside other culinary preparations that form part of the province's culinary corpus. Consequently, these subsistence elements adopted over time by the people of Manabí have enabled them to maintain culinary cultural manifestations that are integral to their identity.

According to Alvarado Toala *et al.* (2021), *viche* highlights macronutrients such as carbohydrates, fats, and proteins, with significant contributions from micronutrients including potassium, phosphorus, and sodium. Although it is a high-

calorie dish, its caloric content falls within the range of daily dietary consumption.

The ingredients used in *viche*, which are also utilized in other culinary preparations from Manabí, have provided crucial nutritional support for the development and growth of various generations. These generations, in turn, have inherited, transmitted, and adapted culinary knowledge, integrating it as distinctive traits of cultural identity and enriching Manabí's gastronomy.

4. Conclusions

In the menus of traditional Latin American cuisines, soup occupies a prominent place. In fact, this type of preparation usually serves as a unique dish, such as *mondongo*, *fanesca*, *viche*, *ceviche*, among others.

Viche is a soup that can be considered dark and not so light, and can be classified as a stew, i.e. a soup made from a stew.

The synthesis of the most important ingredients of the Manabi food pantry can also be considered, composed of more than 57

ingredients, differentiating the species and taking into consideration the seasonings separately.

This dish represents two landscapes, the semi-arid typical of the Atlantic coast and the one that is typical of humid tropical forests, close to the mountain range, that is to say, it has characteristics from the chola and montubio cultures.

The *viche* is the oldest soup, disputing with the *encebollado*, since it was elaborated 150 years ago, according to the information coming from the traditional cooks, but there are written records that presume of its existence in the middle of the XVIII century.

Likewise, it is a democratic soup, accessible to all social classes. Its ingredients are available in the territory and are economically accessible to the majority of the population of Manabí. This also allows to give it several symbolic uses in events and important occasions, making it a festive and commemorative dish, as well as traditional, typical and patrimonial.

5. References quoted

- ACOSTA, R.; BAQUE, M.; MENDOZA, J.; PILLASAGUA, M.; PONCE, W. y J. ZAMBRANO. 2005. *Cultura gastronómica manabita* (Vol. 1). Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador.
- ALVARADO TOALA, J. M.; ZAMBRANO PINO, J. I. y M. A. GARCÍA PÉREZ. 2021. "Densidad energética nutricional de platos típicos manabitas". *QhaliKay. Revista de Ciencias de La Salud* ISSN: 2588-0608, 5(3): 66-74. Disponible en: <https://doi.org/10.33936/qkracs.v5i3.3911>.
- ALVEAR, X.; QUINDE, D., VALVERDE MINCHALA, J. y M. CORONEL TACURI. 2022. "El Ritual del Pucara en la fiesta del Carnaval , parroquia Tarqui-Cuenca". *ALFA. Revista de Investigación En Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 6(16): 72-88. Disponible en: <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i16.151>.
- ANDRADE ALCÍVAR, L. D.; CARTAY, R. y H. X. MENDOZA PONCE. 2024. *Potencialidades agroalimentarias de productos tradicionales de regiones deprimidas de la costa del Pacífico de Ecuador*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador. Disponible en: <https://libros.uleam.edu.ec/wp-content/uploads/2024/>.
- ÁNGEL-BRAVO, R. 2021. "Mestizaje, creolización, sincretismo e hibridación cultural, a través de los mercados populares en América". *Revista de Ciencias Sociales*, XXVII(2): 322-337. Disponible en: <https://doi.org/10.31876/rcs.v27i2.35921> .

- BUZEITA RICAURTE, M. F. (Comp). 2025. *Portoviejo entre sabores, saberes y tradición*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López" Bolívar. Ecuador.
- CAMARERO, J. 2006. *Manual Didactico de Cocina - Tomo I. Innovación y Cualificación*, S. L. Málaga, España. Disponible en: <https://www.google.com.ec/books/edition/>.
- CARTAY, R.; BUZETTA-RICAURTE, F. y L. ANDRADE. 2023. "Diccionario de la cocina manabita". *Ciencias Sociales*. Ediciones UTM - Instituto de Investigación. Portoviejo, Ecuador. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/j.ctv2gz3wj0.4>.
- CARTAY, R. y L. R. DÁVILA. 2023. *Historias y Semiología de la Alimentación en América Latina* (Vol. 29). Generis-Publishing. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/Rafael-Cartay/dp/B0C6C15T18>.
- CARTAY, R.; POVEDA, E. y M. F. BUZETTA. 2021. "Estrategias de reactivación de economías deprimidas con base en el desarrollo de cocinas regionales en Portoviejo (Manabí, Ecuador), 2016-2020". *Agroalimentaria*, 27(52): 37-53. Disponible en: <https://doi.org/10.22004/ag.econ.316763>.
- CICALA, M. 1994/1771. *Descripción histórica y topográfica de la Provincia de Quito de la Compañía de Jesús*. Biblioteca Ecuatoriana Aurelio Espinoza Pólit. Quito, Ecuador.
- CONTRERAS, J. 2019. "Alimentación contemporánea entre la globalización y la patrimonialización". *Boletín de Antropología*, 34(58): 30-55. Disponible en: <https://doi.org/10.17533/udea.boan.v34n58a01>.
- CORDAIN, L. 2002. *Paleodiet: Nutrition and Health*. Basic Books. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/410406332/Fact-Pro-Paleo-Diet>.
- COUNIHAN, C. & P. VAN ESTERIK (Eds). 2012. *Food and culture: A reader*. Routledge. Disponible en: https://www.google.com.ec/books/edition/Food_and_Culture/.
- DAVIDSON, A. (Ed). 1999. *The Oxford Companion to Food*. Oxford University Press. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books/about/>.
- DEL MORAL, R. G. 2020. "Gastronomic paradigms in contemporary western cuisine: From french haute cuisine to mass media gastronomy". *Frontiers in Nutrition*, 6(January): 1-13. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00192>.
- DUARTE-CASAR, R. y M. ROJAS-LE-FORT. 2024. "Investigación gastronómica en Ecuador: revisión sistemática y tendencias". *Revista de Gastronomía y Cocina*, 3(1). Disponible en: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11113166>.
- GARZÓN OSORIO, D. y J. CARDOZO VÁSQUEZ. 2024. "Los útiles de las cocinas tradicionales colombianas, una aproximación desde el diseño con enfoque sistémico". *Cuaderno 126 | Centro de Estudios en Diseño y Comunicación*, 126: 94-104. Disponible en: <https://doi.org/10.18682/cdc.vi126.4570>.

- GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PROVINCIAL DE MANABÍ. 2024. *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia de Manabi 2023-2027*. Prefectura de Manabi. Disponible en: <https://doi.org/10.18682/cdc.vi126.4570>.
- GÓMEZ PATIÑO, M.; MEDINA, F. X. y J. M. PUYUELO ARILLA. 2016. "Turismo y enogastronomía en tiempos de crisis: el caso de Aragón (España)". *PASOS - Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 14(2), 447-457. Disponible en: <https://doi.org/10.25145/j.pasos.2016.14.029>.
- GOODMAN, A. H. & G. J. ARMELAGOS. 1989. "Infant and childhood morbidity and mortality risks in archaeological populations". *World Archaeology*, 21(2): 225-243. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00438243.1989.9980103>.
- HERNÁNDEZ-RAMÍREZ, J. 2018. "Cuando la alimentación se convierte en gastronomía . Procesos de activación patrimonial". *Cultura-Hombre-Sociedad*, 28(1): 154-177. Disponible en: <https://doi.org/10.7770/CUHSO- V28N1-ART1236>.
- INGA AGUAGALLO, C.; ZURITA GALLEGOS, R.; BADILLO ARÉVALO, P. y V. E. Vega, 2022. "Conocimientos ancestrales para la puesta en valor de la cocina típica y tradicional: Lloa – Ecuador". *AlfaPublicaciones*, 4(3.1): 173-186. Disponible en: <https://doi.org/https://doi.org/10.33262/ap.v4i3.1.245>.
- INSTITUTO NACIONAL DE PATRIMONIO CULTURAL (INPC). (2018). *La Cocina Tradicional Manabita, recibe la certificación de Patrimonio Cultural Inmaterial del Ecuador*. Comunicación Social INPC. Zonal 4 Portoviejo. Disponible en: <https://www.patrimoniocultural.gob.ec/la-cocina-tradicional-manabita-recibe-la-certificacion-de-patrimonio-cultural-inmaterial-del-ecuador/>.
- INTRIAGO, J. 2024. *Expediente Técnico sobre el viche*. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón de Portoviejo. Ecuador
- KATZ, E. 2019. "Olla, comal y horno de barbacoa: técnicas de cocción de la cocina ritual mixteca". *Itinerarios*, 1(29): 119-149. Disponible en: <https://doi.org/10.7311/itinerarios.29.2019.05>.
- LAGUNES, V.; MOLINA, M.; ÁLVAREZ, L. y I. SANGEADO. 2021. "Estufas ecológicas y su integración en la cocina de los pueblos de Chiapas". *Congreso Internacional de Investigación en Contaduría y Administración*, 1(4): 395-411. Disponible en: www.congresociica.unach.mx.
- LEWIS, E. G. 2006. *The Taste of Country Cooking*. Alfred A. Knopf. Disponible en: <https://archive.org/details/tasteofcountryco0000lewi/page/n3/mode/2up>.
- LLERENA OÑATE, K. P.; SÁNCHEZ GUERRERO, D. O.; LIZANO SALTOS, V. C. y D. M. RUÍZ VILLEGAS. 2023. "Gastronomía típica como identidad cultural". *Conciencia Digital*, 6(1.4): 316-332. Disponible en: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v6i1.4.2000>.
- LONG, J. 2008. "Tecnología alimentaria prehispánica". *Estudios de Cultura Nahuatl*, 39: 1. Disponible en: <https://nahuatl.historicas.unam.mx/>.

- MATTA, R. 2011. "Posibilidades y límites del desarrollo en el patrimonio. El caso de la cocina peruana". *Apuntes: Revista de Estudios Sobre Patrimonio Cultural*, 24(2): 196-207. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/apun/v24n2/v24n2a06.pdf>.
- MELGAR RAMÍREZ, S. 2013. "La gastronomía en el sistema turístico. Buscando nuevos productos, mejorando destinos. El caso de la isla de Fuerteventura". *PASOS - Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 11(2): 483-494. Disponible en: <https://doi.org/10.25145/j.pasos.2013.11.032>.
- MINISTERIO DE TURISMO DEL ECUADOR (MINTUR). 2018. *Mapa gastronómico del Ecuador*. Disponible en: <https://www.cancilleria.gob.ec/>.
- MONTANARI, M. 2006. *Food is Culture*. Columbia University Press. Disponible en: https://www.google.com.ec/books/edition/_/SRloQL52eysC?hl=es&gbpv=1.
- ORDÓÑEZ PIEDRA, J. C. 2023. *El maní (arachis hypogaea) y su influencia en la cocina tradicional del cantón Portoviejo, provincia de Manabí* [Universidad Técnica del Norte]. Trabajo de Grado. Disponible en: <https://repositorio.utn.edu.ec/>.
- PALLA, M. 2016. *Sopas, potajes y garbanzos*. De Vecchi Ediciones. España. Disponible en: <https://www.amazon.com/Sopas-potajes-y-garbanzos-Spanish-ebook/dp/B01M9FUY74>.
- PAZOS CARRILLO, S. M. 2010. *Permanencias culturales y culinarias del Manual de Cocina de Juan Pablo Sanz en Quito (Ecuador): protocolos, cocina tradicional y formas de preparación*. Disponible en: <http://repositorionew.uasb.edu.ec/>.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. 2024. *Diccionario de la lengua española* (23.ª ed.). Disponible en: <https://dle.rae.es/conmemorar?m=form>.
- REGALADO, L. 2019. *Manabí y su comida milenaria* (2nd ed.). ULEAM. Manta, Ecuador. Disponible en: <https://munayi.uleam.edu.ec/>.
- RODRIGUES, C.; SALGADO, M.; PIRES, P. & R. SILVA. 2022. "Gastronomy and the contribution to the sustainable development of tourism in the Serra da Estrela Region: the case of the Museu do Pão". *PASOS - Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 20(5): 1.191-1.202. Disponible en: <https://doi.org/10.25145/j.pasos.2022.20.080>.
- RUÍZ PASCUA, M. 2015. "Alimentando la vida frente al desplazamiento forzado: memoria y cocina como propuestas de paz". *Revista Eleuthera*, 12: 112-130. Disponible en: <https://doi.org/10.17151/eleu.2015.12.6.ALIMENTANDO>.
- SALETE NERY, M. 2023. "O cozinhar na construção de identidade e de uma memória social de famílias". *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 21(8): 8.239-8.250. Disponible en: <https://doi.org/10.55905/oelv21n8-025>.
- SANTOS LOBO, H. A. 2008. "Entre sabores e vivências: culinária típica local e ecoturismo no centro-sul do Brasil". *Revista Nordestina de Ecoturismo*, 1(1): 34-50. Disponible en: <https://doi.org/10.6008/ESS1983-8344.2008.001.0003>.

- SCHENKEL, E. y PÉREZ, M. I. 2019. "Un abordaje teórico de la investigación cualitativa como enfoque metodológico". *Acta Geográfica*, 12(30): 227-233. Disponible en: <https://doi.org/10.18227/2177-4307.acta.v12i30.5201>.
- SECRETARIA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN. 2023. *En Manabi se presentaron los resultados preliminares del censo*. Disponible en: <https://www.planificacion.gob.ec/en-manabi-se-presentaron-los-resultados-provinciales-del-censo/>.
- STINSON, S. 1982. "[Review of nutritional anthropology: Contemporary approaches to diet and culture, by N. W. Jerome, R. F. Kandel, & G. H. Peltó]". *Human Ecology*, 10(2): 263-265. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/4602650>.
- TIMOTHY, D. J. (Ed). 2015. *Heritage Cuisines: Traditions, identities and tourism*. (1st ed). Routledge. Disponible en: <https://doi.org/10.4324/9781315752525>.
- UNGAR, P. S. (Ed). 2004. "The evolution of human diet: The known, the unknown, and the knknowable". *Evolutionary Anthropology*, 13: 45-46. Disponible en: <https://doi.org/10.5860/choice.44-5735, 2004>.
- UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO). 2023. *UNESCO inscribes the preparation and consumption of ceviche on the Representaive List of the Intangible Cultural Heritage of Humanity*. Disponible en: <https://en.unesco-inscribes-preparation-and-consumption-ceviche-representative-list-intangible-cultural>.
- UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO). 2019. *Portoviejo*. UNESCO creative Cities Network. Disponible en: <https://www.unesco.org/en/creative-cities/portoviejo>.
- UTRERA VELÁZQUEZ, A. I y K. M. JIMÉNEZ JEREZ. 2021. "Rvalorizacion de la chica de maiz en la cocina etnica del pueblo Salasaka, Tunguragua, Ecuador". *Revista Universidad y Sociedad*, 13(3): 418-425. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttex&pid=S2218-3620-rs-13-03-418.
- ZAMBRANO, W. 2023. *El viche como manifestación cultural culinaria para la promoción del desarrollo local a través del turismo gastronómico: Estudio de caso en la comuna Las Gilces, parroquia Crucita, cantón Portoviejo*. Universidad Técnica del Norte. Trabajo de Grado. Disponible en: <https://repositorio.utn.edu.ec/>.

Lugar y fecha de finalización del artículo:
Manabí, Ecuador; abril, 2025

NOTAS Y DOCUMENTOS

***NOTAS E DOCUMENTOS /
NOTES AND DOCUMENTS***

Revista
GEOGRÁFICA
VENEZOLANA

Volumen
67(1) 2026
enero-junio

ISSNe 2244-8853 ISSNp 1012-1617
Recibido: agosto, 2025 / Aceptado: septiembre, 2026
pp. 233-239 /

El semiárido lareense venezolano

como caja de resonancia cultural

O semiárido lareense venezuelano como caixa de ressonância cultural

The Venezuelan semi-arid region of Lara as a cultural sounding board

Luis Eduardo Cortés Riera
Carora, estado Lara, Venezuela
cronistadecarora@gmail.com

“Tallistas, pintores, alfareros, músicos, tejedores, embusteros y razonadores de la palabra, hacendosos, guerreros y pacíficos, darían semejanza a sus sentimientos en la tierra de Lara, el lado larense del país. Hasta hoy, hasta siempre”.

Luis Alberto Crespo, 1994. Si fuéramos pájaros...Así es Barquisimeto

Ha sido Edilberto Ferrer Véliz (2007), quien nos ha hablado de los xerosistemas regionales larenses y falconianos, micro regiones habitadas por sistemas sociales que, organizados particularmente desde milenios, han actuado con tenacidad y perseverancia, respondiendo a las ventajas y antagonismos que el entorno seco y deficitario de humedad ha impuesto a su búsqueda de medios de supervivencia, desarrollo económico y sociocultural y calidad de vida.

La hostilidad ambiental, la sequedad del ambiente, han condicionado la manera en que se han organizado las comunidades humanas mucho antes de que llegaran los cristianos a este vasto erial del occidente de Venezuela. Las condiciones climatológicas gobiernan la demografía, habitabilidad y productividad, elementos condicionados por la presencia de agua dulce. Es decir que los hidrociclos afectan a las comunidades naturales y a la población, sus actividades agropecuarias, tradiciones y cultura.

Estas agudas observaciones de Ferrer Véliz (2007) guardan una estrecha semejanza de criterios analíticos con los del antropólogo estadounidense Marvin Harris (1927-2001), creador del materialismo cultural (1979), una manera interpretativa del marxismo como ecología cultural, tal como la que plantearon Julián Steward y Leslie White (2008). El cambio cultural se da en función de la adaptación al medio ambiente. Toda cultura tiene tres componentes: ideológico, sociológico y tecnológico. Una cultura con más medios tecnológico estará más evolucionada que una que no tiene. En propias palabras de Harris (1979: 11): *“...El materialismo cultural está basado en la simple premisa de que la vida social humana es una respuesta o reacción a los problemas prácticos de la existencia terrenal...”*. Se opone al planteamiento humanista de que no existe

determinismo en los asuntos humanos, que niegan la legitimidad de las explicaciones científicas del comportamiento humano. Nuestra estrategia, agrega Harris, es contraria también a numerosas formulaciones que parten de las palabras, las ideas, los valores morales y las creencias estéticas y religiosas para comprender los acontecimientos cotidianos de la vida humana. Añade al marxismo la presión reproductora y las variables ecológicas.

Es muy conocida su argumentación económica y ecológica de la vaca como animal sagrado en la India: su valor como animal vivo es superior el animal sacrificado para la alimentación. La vaca no es sagrada de por sí, sino que su sacralidad hunde sus raíces en la utilidad: produce leche, fertilizante en su estiércol, arrastran los arados. De modo parecido dice Harris que el tabú alimentario en torno al cerdo del islam y el judaísmo se debe a que estos animales no son útiles en los climas desérticos, donde ellos no consiguen pastar ni ayudan a los humanos a trabajarla agricultura.

Harris ha trabajado los semiáridos del nordeste brasileño, región parecida como semiáridas a las del estado Lara venezolano de nuestro interés. Las sociedades humanas se estructuran y adaptan a la escasez de agua, las estructuras familiares son extensas por motivos de cooperación, las creencias religiosas son movidas por factores climáticos de pluviosidad. La Iglesia Católica instituye festividades religiosas propiciatorias de las lluvias: San Isidro Labrador, fiestas a la Virgen de la Chiquinquirá en octubre en el pueblo de Aregue, la Danza de Las Turas, un ritual de plegarias por las lluvias.

Pero la gran contribución de la religiosidad en estos lugares secos y carentes de humedad han sido las cofradías o hermandades, estructuras de solidaridad de base religiosa como las llama

Michel Vovelle (1985), las cuales tenían una doble cara, la terrenal mundana y la metafísica. Los hermanos estaban obligados a auxiliar a sus miembros en casos de enfermedad, asistir a huérfanos y viudas, prestaban dinero a interés, pero también la asistencia a las misas y velorios garantizaban que el hermano fallecido emergiera pronto de ese tercer lugar de la geografía del más allá, el purgatorio (Jacques Le Goff, 1991). Las limitaciones ecológicas hicieron al semiárido occidental venezolano campo fértil para que se instituyera una tupida red muy ramificada de estas cofradías religiosas, antecedentes coloniales del actual seguro social, tal como hemos sostenido en nuestra investigación del año 2003 Iglesia Católica, cofradías y mentalidad religiosa en Carora, siglos XVI al XIX.

El antropólogo estadounidense hace énfasis en la tecnología (infraestructuras) de la cual se basan las sociedades humanas para su subsistencia en medios adversos. Para ello hemos centrado la atención en el recurso vital que es el agua dulce, su recolección, almacenamiento y distribución. En estos parajes larenses y falconianos llueve, aunque esa lluvia sea escasa, dice Pascual Venegas Filardo (1970); de allí que la tecnología en torno al aprovechamiento del escaso recurso líquido se conozca desde tiempos milenarios. Edilberto Ferrer Véliz nos habla de los aborígenes caquetíos arawacos que construyeron unos dispositivos anti erosivos llamados 'torobas' en la Depresión Mitare-Pedregal. En el siglo XVI, los cristianos aprovechan las eficientes técnicas agrícolas de los aborígenes como la siembra en los recodos de quebradas y ríos, las vegas o selvas de galería, la construcción de aljibes, cisternas y jagüeyes, bucos y canales de regadío, el aclaramiento del agua agregándole trozos de tunas y cactus, la elaboración de primitivas cantimploras con frutos vegetales, las taparas. En 1530, el capitán alemán Nicolás Federmann observa entre los caquetíos de Barquisimeto una agricultura excedentaria del maíz en el río Turbio, escribe Reinaldo Rojas (2002) 'Variquecemento en la historia indiana'.

La arquitectura local está de igual modo signada por el ecosistema falto de humedad y poderosa irradiación solar la mayor parte del año.

Los elementos constructivos son el barro, adobe, madera, caña brava, con la cual se erigen casas refrescadas de topias anchas y tejas, techos de 'torta', enramadas de cují, el techo de 'divibe' que es mezcla de barro y fibra de cardón, que regulan las temperaturas y las hace frescas y cómodas, construcciones que observamos en El Tocuyo, Barquisimeto, Carora, Siquisique, Quíbor, Río Tocuyo, Baragua. Dice Francisco Tamayo (citado en Venegas Filardo, 1970) que es curiosidad notar que en la construcción del tipo de casa aquí descrito es la ausencia de materiales de hierro en la construcción, ya que no se emplean clavos, ni alambres, ni cerraduras, ni aldabas. Lo mismo sucede con la utilería familiar. La tierra y el vegetal proveen todos los elementos. El semiárido no es obstáculo sino motor de creatividad. Se trata, pues, de la cultura del calor seco de la que nos habla Mariano Picón Salas (2021), espléndidamente y como ensalzándola en su magistral *Comprensión de Venezuela*, 1949.

Toda una interesante tecnología se implementa desde las fibras vegetales para la elaboración de sacos, mochilas, cabuyas, alpargatas, así como plantas curtientes como el dividive (*Cesalpineia coriara*), que hicieron de Carora una ciudad reconocida por sus magníficas talabarterías para la exportación al Caribe y Nueva Granada. Venegas Filardo (1970) nos refiere las virtudes de la fibra de cocuiza (*Fourcroya Humboltiana*) y de la fibra de la raíz del cocuy (*Agave cocui*), antes de ser introducido desde México el cultivo del sisal (*Agave sisalana*), que transformó las sabanas de Barquisimeto. En los días que corren la siembra del melón, los pimentones y la caña de azúcar han experimentado gran crecimiento en Lara. Es notable la implantación de la uva en los Viñedos de Altagracia al oeste de Carora desde 1980 por la empresa franco-venezolana POMAR.

El estado Lara es el asiento del Tamunangue, la manifestación folclórica más rica y bella de Venezuela, si no lo es ya de todas las Américas, nos dice Francisco Tamayo (1952). Esta suite de danzas o sones de negros sería poco menos que incomprensible sin la agricultura de la caña de azúcar y el cacao en los valles de El Tocuyo y Curarigua. Siguiendo a Harris observaremos que

este folklore está íntimamente ligado a los cañamelares, la siembra y recolección de la planta, así como su transformación en panelas y papelones en los trapiches, ingenios y molinos. En estos escenarios semiáridos se dieron la mano indígenas, cristianos y españoles para laborar y para crear cultura. Dice Roberto Mujica (citado en Rafael Strauss K., 1999). que esta manifestación contiene 'la elegancia, el gracejo, el atavismo y la nostalgia de las tres razas: blanca, negra y aborígen'. Sin la compleja base tecnológica que implica la siembra y recolección de la caña de azúcar y la elaboración de azúcar morena, panelas y papeloncillos, hubiese sido poco menos que posible que se levantara tan prodigioso y exuberante complejo o universo cultural, como llama Reinaldo Rojas (1995) al Tamunangué.

El filósofo y semiólogo soviético Yuri Lotman (2009) nos anima a hablar de lo que hemos denominado Geosímbolos larenses. El estado occidental de Lara conforma una identificable unidad geocultural en torno a la geografía del semiárido. Se trata de una semiósfera como espacio cultural creador de sentido colectivo anclado a un espacio geográfico. Es precisamente dentro de este marco teórico que adquiere sentido la noción de identidades geoculturales, una categoría analítica poco empleada en estudios precedentes pero que, según creemos y hemos intentado demostrar (Moreno Barreneche y Montoro, 2023), resulta apropiada para agrupar una serie de identidades colectivas con una característica en común: su génesis en hechos de naturaleza geográfica, sea esta objetiva -una montaña, un mar, un continente- o subjetiva -una frontera estatal, una línea divisoria provincial-, pero en cualquier caso, existente y relevante en cuanto que hecho relevante para la realidad social (Searle, 1995) El estado Lara es una comunidad imaginada que se articula precisamente en la asociación con un territorio.

Por identidad geocultural entendemos, dicen Moreno Berreneche y Montoro (2023), una configuración discursiva de sentido anclada en una materialidad o un hecho geográfico específico, al que se toma como constitutivo de un núcleo semiótico que se utiliza para unir a un grupo de personas en términos de una

pertenencia identitaria. Las identidades geoculturales son artefactos discursivos, esto es, artificios contruidos a través de la manipulación de signos y discursos y que tiene por objeto de identificación un espacio geográfico determinado, al que se le atribuyen determinados rasgos culturales considerados como diferenciales. En términos semióticos, hay distintas maneras en las que ciertas marcas naturales o convencionales del territorio pueden actuar o bien como fronteras entre dos o más identidades, o bien como recursos articuladores de una misma identidad (Moreno Barreneche y Montoro, 2023)

El estado Lara, occidente de Venezuela, está delimitado de dos formas distintas, los límites naturales y los límites políticos. Los naturales serán: por el norte sierra de San Luis del sistema Coriano, que lo separa y une al estado Falcón, al este la codillera de la Costa, por el sur las últimas estribaciones de los Andes venezolanos, al oeste la sierra de Ziruma que nos separa del estado Zulia. Los límites políticos se han superpuesto a esta realidad objetiva, lo cual le da a la entidad una doble identidad física y subjetiva. Por el norte limita políticamente con el estado Falcón, por el sur los estados Portuguesa y Trujillo, por el oeste con el estado Zulia, y por el este los estados Yaracuy y Cojedes. En ese sentido, el estado Lara no es andino, ni central ni llanero, ni antillana, sino una frontera de transición cultural en forma de nudo que le confiere una idiosincrasia particular en Venezuela, afirma Kaldone Nweihed (citado en Rojas, 1991).

El sabio larense Francisco Tamayo (1952) nos habla de que diversos factores geológicos, flora, fauna y etnos (que) copulan para engendrar una nueva forma, un nuevo tipo humano, un ecotipo que es síntesis y exponente de integración social. Subraya lo que llama la 'conurrencia larense' como un hecho que no admite dudas, largo proceso que se ha manifestado desde las más remotas edades. Y la interpreta como una convergencia de las especies botánicas y zoológicas, a lo que agrega: La etnología, la antropología, la sociología, la lingüística, la toponimia, todas, contribuyeron a poner de manifiesto la conurrencia larense. Pero en el

estado Lara venezolano donde se reúnen y confunden casi todos los medios físicos y biológicos del país (y) se está engendrando un tipo humano de características medias, equilibradas. Esta síntesis humana, mestizaje, otro elemento que resalta el positivismo, de todo o de casi todo lo nacional es el tipo humano venezolano por antonomasia, por ser la expresión total de los cuerpos y de las almas de aquellas regiones parciales. Afirma Francisco Tamayo que la ciudad de 'Barquisimeto es el crisol donde se polariza el mestizaje'. Estos determinismos le permiten concluir a Tamayo que 'En Lara, nace, pues, lo nacional, lo venezolano'.

Y llegamos a la Geografía humanística, de las percepciones o de las sensibilidades cultivada por el chino-estadounidense Yi Fu Tuan (1977) y el chileno-venezolano Pedro Cunill Grau (2007), un auténtico quiebre epistémico de la geografía, una ciencia que hasta ahora valoraba el espacio como fría entidad objetiva reducible a números y estadísticas, para abordarlo como construcción social, simbólica y afectiva. El hecho geográfico observado da paso, dice Reinaldo Rojas (1995), al concepto de geosímbolo, como estructura simbólica de un medio geográfico. ¿Quién no recuerda la apreciación de Cunill Grau al llamar a los crepúsculos de Barquisimeto como 'paisaje emocional de la ciudad'? Los atardeceres larenses fueron llamados por él 'pabellón de los besos amarillos', una clara evocación de su coterráneo Pablo Neruda. Este extraordinario y poco común fenómeno óptico del semiárido larense está emocionalmente ligado a la Gesta Magna, cuando Simón Bolívar exclama después de la desastrosa batalla de Cerritos Blancos en 1813: 'Bien vale una derrota bajo un crepúsculo barquisimetano'.

La memoria colectiva de un pueblo tenaz y creativo se ha afincado de manera íntima a estos sublimes atardeceres, un anclaje emotivo simbólico al semiárido, espacio que se comporta como una inmensa caja de resonancia cultural melódica y literaria. Una estética sentimental multicolor que deriva de estos impresionantes atardeceres silenciosos, en donde el astro rey vacila en dejarle abierto el camino del firmamento a estrellas y luceros. Este sublime momento de silencio y quietud, profundamente óptico y

auditivo, hermana a los larenses haciéndolos un solo cuerpo.

Hemos dicho que desde un principio la respuesta del hombre ante las imágenes ha sido múltiple y ha estado relacionada en la mayoría de las ocasiones con el sentimiento: amor, censura, adoración, rechazo, excitación, etc. Es que las imágenes son los fantasmas que habitan nuestra mente. Las emociones ligadas a la contemplación de las imágenes a veces son tan intensas que pasan a formar parte de nuestra historia personal. Cortés Riera (2023).

Existe un profundo sentimiento que brota de nuestra catolicidad como hecho alternativo: el inmenso fervor a la Virgen Divina Pastora. Bolívar Echeverría argumenta que el catolicismo de los mexicanos es un catolicismo especial, un catolicismo no sólo 'mariano' sino 'guadalupano'. El cielo o panteón cristiano ha sufrido en el catolicismo mariano un re-centramiento sustancial. La figura determinante, es decir dominante, así no lo sea en términos absolutos como Dios Padre, sino sólo en términos 'de excepción', ha pasado a ser la figura de la Virgen María, Diosa central mientras dura una 'coyuntura' indefinida que, de tanto serlo, resulta a fin de cuentas un estado permanente. 'María es la Emperatriz del cielo, hija del Eterno Padre'. (Bolívar Echeverría, 2010). Meditaciones sobre el barroquismo.

Siguiendo esta idea de pensamiento bien podríamos decir que el marianismo de los larenses es un 'Divinopastorismo', un inmenso fervor que resiste al desencantamiento del mundo en términos weberianos, y al que nosotros hemos llamado 'intenso impulso amniótico', puesto que es en el seno, en el interior de la Virgen María donde hemos de sentirnos plácidos y protegidos por el calor del seno materno, ella proporciona salud física y espiritual a sus prosélitos que se cuentan por millones.

El Divinopastorismo es de igual modo un acto de intensa topofilia (Tuan, 1977; Cunill Grau, 2007), un fuerte vínculo afectivo, una identidad cultural a un lugar específico, que se manifiesta de manera impresionante y multitudinaria todos los 14 de enero desde el año 1856. Un grandioso rebaño de ovejas conducido por el cayado de esta

Dama Celestial, que, como portentosa metáfora de manada, nace de la mano de los frailes capuchinos sevillanos, religiosos que han proporcionado a centro occidente de Venezuela uno de sus más potentes imaginarios colectivos. La ciudad mercurial, movida por una intensa y frenética actividad comercial y de negocios, se rencuentra cada 14 de enero con lo metafísico y las creencias, las que son fondo y piso emocional de la humana existencia.

Nota: Una versión fue publicada en: <https://aldeaeducativamagazine.com>

Referencias citadas

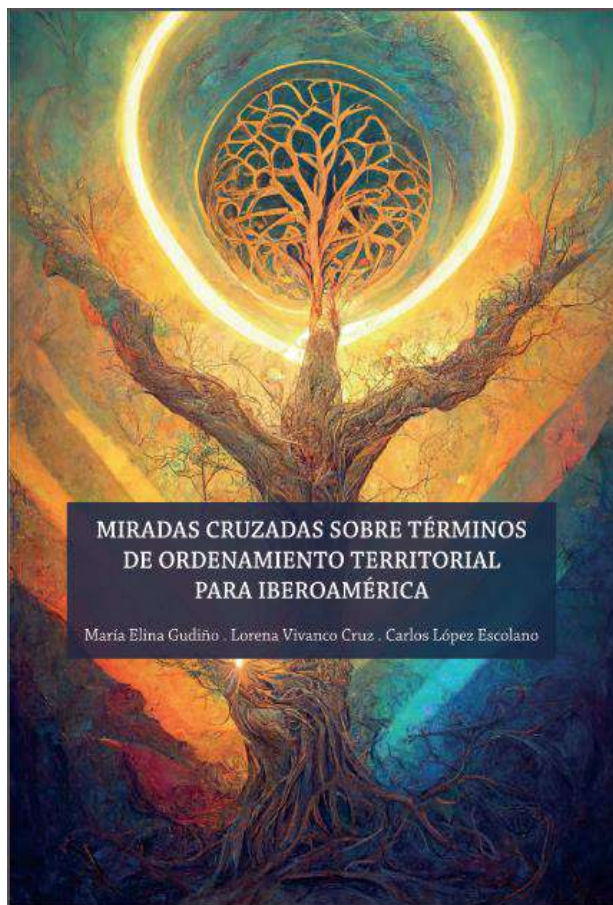
- BOLIVAR ECHEVERRIA. 2010. *Modernidad y blanquitud*. Ediciones Era. España
- CORTÉS RIERA, L. E. 2023. "Geohistoria de la sensibilidad en Venezuela". *Boletín de la Academia Nacional de la Historia*, 424: 37-62. Caracas, Venezuela
- CORTÉS RIERA, L. E. 2003. *Iglesia Católica, cofradías y mentalidad religiosa en Carora: Llave del Reino de los Cielos, siglos XVI al XIX*. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/Iglesia-Católica-Cofradías-Mentalidad-Religiosa/dp/3845494050>.
- CRESPO, L. Disponible en: <https://vomiteunconejito.wordpress.com/2019/10/18/20-poemas-de-luis-alberto-crespo-1-2/>.
- CUNILL GRAU, P. 2007. *Geohistoria de la sensibilidad en Venezuela*. (2 tomos). Fundación Empresas Polar. Caracas, Venezuela.
- FERRER VÉLIZ, E. Disponible en: https://books.google.co.ve/books/about/Esquema_general_de_los_aspectos_dasonóm.html?id.
- HARRIS, M 1979. *El materialismo cultural*. Disponible en: <https://arxiujosepserradell.cat/wp-content/uploads/2025/05/El-Materialismo-Cultural-Marvin-Harris-Z-Library-1.pdf>.
- LE GOLFF, J. 1991. *El orden de la memoria. El tiempo como imaginario*. Paidós Básica. Madrid, España.
- LOTMAN, I. 2009. "La semiosfera I. semiótica de la cultura y del texto". *Scielo*, 6(3). Disponible en: <https://ve.scielo.org/>.
- MORENO BARENECHE, S. y J. M. MONTERO. 2023. *Semiosferas y límites geográficos. El aporte de la semiótica de la cultura de Yuri Lotman al estudio de las identidades geoculturales*. Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. Alicante, España. Disponible en: <https://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmc1204706>.
- PICON SALAS, M. 2021. *Comprensión de Venezuela*. Colección Bicentenario Carabobo. Caracas, Venezuela.

- ROJAS, R. 1995. *Historia social de la Región Barquisimeto en el tiempo histórico colonial .1530-1810*. 1995. Academia Nacional de la Historia. Caracas, Venezuela
- ROJAS, R. 1991. *De Variquecemento a Barquisimeto, siete estudios históricos*. Fondo Editorial Buria. Barquisimeto, Venezuela.
- SEARLE, J. R. 1995. *The construction of social reality*. The Free Press. New York, USA. Disponible en: [https://epistemh.pbworks.com/f/6.+The+Construction+of+Social+Reality+\(SCAN\).pdf](https://epistemh.pbworks.com/f/6.+The+Construction+of+Social+Reality+(SCAN).pdf).
- STEWART, J. y WHITE, L. 2008. Disponible en: <https://antropologia.wordpress.com/2008/12/29/del-neoevolucionismo-de-leslie-white-y-julius-steward/>.
- STRAUSS, K. 1999. *Diccionario de cultura popular*. Fundación Bigott, caracas, Venezuela.
- TAMAYO, F. 1952. *Introducción y bibliografía del folklore del estado Lara*. Imprenta Continente. Barquisimeto, Venezuela.
- TUAN, Y. F. 1977. *Espacio y Lugar: la perspectiva de la experiencia*. University of Minnesota Press. USA.
- VENEGAS FILARDO, P. 1970. *Siete ensayos sobre economía venezolana*. Monte Ávila Editores. Caracas, Venezuela.
- VOVELLE, M. 1985. *Ideologías y mentalidades*. Editorial Ariel S. A. Barcelona, España.

Lugar y fecha de finalización de la nota:
Carora, estado Lara, Venezuela; julio, 2025

BIBLIOGRAFÍA CRÍTICA

**REVISAO
BIBLIOGRAFICA /
BOOKS REVIEW**



María Elina Gudiño (coord.), Lorena Vivanco Cruz y Carlos López Escolano (comp.)

MIRADAS CRUZADAS SOBRE TÉRMINOS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARA IBEROAMERICA

Olhares cruzados sobre termos de
Ordenamento do Território para a Ibero-
América

Cross-cutting views on land-use planning
terms for Ibero-America

Universidad del Azuay y Red
Iberoamericana de Observación Territorial
(RIDOT)

Universidad del Azuay. Casa Editora, 2025
e-ISBN: 978-9942-577-23-8

[https://publicaciones.uazuay.edu.ec/index.p
hp/ceuazuay/catalog/book/400](https://publicaciones.uazuay.edu.ec/index.php/ceuazuay/catalog/book/400)

Maria Andreina Salas-Bourgoin

Universidad de Los Andes
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales
Mérida, Venezuela
Bourgoin@ula.ve
<https://orcid.org/0000-0003-1405-4053>

Miradas cruzadas sobre términos de ordenamiento territorial para Iberoamérica es la primera obra conjunta que nos ofrece la Red Iberoamericana de Observación Territorial (RIDOT), integrada por académicos y especialistas en ordenación del territorio de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, Ecuador, España, México, Portugal, Uruguay y Venezuela. Como resultado de un decidido esfuerzo por facilitar el diálogo transnacional e interdisciplinario en este tema, la obra es una referencia actualizada de la diversidad de acepciones que se manejan en Iberoamérica, para veintidós vocablos de amplio uso en ordenación del territorio, pero también en desarrollo territorial, políticas y estudios regionales, y planificación regional y urbanística, entre otros.

Con un cariz particular, *Miradas cruzadas* reúne de manera sistemática por cada país integrante de la red, la definición académica y normativa de términos como *equilibrio territorial*, *multiescalaridad*, *fragmentación territorial*, *gobernanza territorial*, *buen vivir y territorio*. Esto permite al lector conocer en el contexto de cada país, su significado e interpretación teórica, así como su uso en el ordenamiento jurídico y las políticas públicas. De esta manera y dada la heterogeneidad de connotaciones, alcances y definiciones, esta publicación facilita la investigación cooperativa, los análisis comparados y la formación profesional en ordenación del territorio, con una visión regional.

La obra se estructura en cuatro secciones. La primera, reúne las notas biográficas de los veintiséis autores que se abocaron a la compilación de las definiciones por país. La segunda, reseña el procedimiento metodológico aplicado, lo cual incluyó la revisión exhaustiva de publicaciones similares en el ámbito de la ordenación del territorio; la definición de criterios para la selección de los términos, entre ellos, la ambigüedad semántica en Iberoamérica y la relevancia en el contexto de la academia y el sector público, y la validación de la selección a través de talleres en remoto con expertos en la materia.

La tercera sección ofrece por cada país, la misma estructura de abordaje de los términos. Esto implica, su definición normativa y su definición teórica. Adicionalmente, cada introducción ofrece una breve reseña sobre la ordenación del territorio y su asimilación, tanto en el ámbito de la academia como de las instituciones del Estado. Cabe acotar que, en el caso de los países de lengua portuguesa, los textos se presentan en su idioma original.

La cuarta sección representa otro rasgo particular en una publicación de esta naturaleza: un análisis de la variabilidad terminológica y conceptual de los veintidós vocablos en Iberoamérica que revela, entre otros, casos en los que se emplean los mismos términos con diferentes denominaciones, como ocurre con el *buen vivir*, el cual equivale a *bienestar* en Portugal, Brasil y Cuba, mientras que en Ecuador se llama *Sumak Kawsay* y en Colombia, particularmente en el departamento de Chocó, se conoce como *vivir sabroso*. De igual forma, casos de términos cuya denominación es igual en los nueve países de la red, como p. ej., *ordenación del territorio*, *territorio*, *gobernanza territorial* y *fragmentación territorial*.

El análisis también aborda la frecuencia/ausencia de uso de los términos seleccionados, en los ordenamientos jurídicos y en las políticas públicas de los países de la red. Los resultados indican que, entre los términos menos incluidos figuran *fragmentación territorial*, *gobernanza territorial*, *multiescalaridad e identidad territorial*, mientras que los países con menos referencias en sus políticas y leyes a los términos del glosario, son Venezuela y Cuba.

Adicionalmente, este análisis destaca los términos que ofrecen ciertas dificultades de interpretación en el contexto iberoamericano. Un caso emblemático parece ser el del término *concentración*, el cual en unos países se interpreta desde la perspectiva espacial y de la distribución de la población, los equipamientos y las actividades, mientras que en otros se interpreta a la luz de la distribución de atribuciones y competencias en el seno de la administración pública.

Merece mención especial la riqueza de las definiciones académicas sobre *territorio* que se emplean en la región. Si bien en la conceptualización de cada país se destacan uno o dos de sus rasgos característicos, al conjugarlos se condensan los enfoques que hoy son centro de atención en el debate especializado al respecto. A saber, el *territorio* como: un espacio de poder (Brasil); una construcción social, política e histórica (Argentina, Brasil, Colombia, Chile u Portugal); concreción espacial del estilo de desarrollo de una sociedad (Portugal); espacio individualizado por un tejido sociocultural y formas económicas propias (Venezuela); sistema complejo (Ecuador y México), y espacio de disputa entre intereses económicos y reivindicaciones comunitarias (Chile), pero también de acción colectiva (Cuba).

No pueden quedar sin mención los cuadros síntesis, porque facilitan al lector la identificación rápida de cómo se designan en cada país los veintidós términos y, si en estos, existen leyes o instrumentos de políticas públicas que aluden a ellos. Así mismo, la vasta bibliografía, pues representa un compendio de la producción iberoamericana, clásica y reciente, en temas relacionados con la ordenación del territorio.

Por lo anterior, *Miradas cruzadas sobre términos de ordenamiento territorial para Iberoamérica* promete ser una publicación de amplio uso en el ámbito académico, pero también en el escenario de la función pública de Iberoamérica.

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

Todos los trabajos remitidos a la Revista Geográfica Venezolana (RGV) deberán ser originales y no estar sometidos o editados en otras publicaciones periódicas de naturaleza similar (impresas o electrónicas). La Revista se rige por las normas del Código de Bioética de la COPE. El trabajo debe ser enviado vía correo electrónico (regeoven@gmail.com) al Editor de la Revista, donde será sometido a arbitraje bajo el sistema doble ciego. En este proceso participarán evaluadores provenientes de la institución editora como de otras instituciones y países. Fases del proceso de arbitraje: envío a los evaluadores, recepción de la evaluación/correcciones, notificación al autor(es). En el caso de presentarse controversia respecto a la posibilidad de publicación de un artículo, este será enviado a un tercer evaluador quien será el tercero en discordia. El proceso de arbitraje podrá arrojar como resultados: ser publicado sin modificación alguna; podrá ser publicado si se realizan las modificaciones indicadas; modificarse a fondo y ser sometido nuevamente a arbitraje y no apto para ser publicado. El tiempo de publicación de los artículos dependerá de este proceso evaluatorio y será aproximadamente de tres a seis meses. Para efectos de arbitraje los autores deben eliminar la personalización de la copia de Microsoft Office de su equipo. Anexa al trabajo los autores deberán enviar carta de originalidad y cesión de derechos (link disponible en las instrucciones On Line). Todos los trabajos sometidos a la RGV deben estar en formato Word, fuente Times New Roman de 12 puntos e interlineado a doble espacio. En todos los casos, sin formatos especiales ni tabulaciones. De contener figuras, tablas o elementos similares, y de ser necesario, debe especificarse el programa con el cual fueron hechos. Todos los autores deben incluir en su trabajo su **ID ORCID**.

ARTÍCULOS

Bajo esta categoría se incluirán trabajos de hasta 25 páginas (resumen, abstract, palabras clave, cuerpo del artículo, figuras, gráficos y referencias citadas), tamaño carta, escritos a doble espacio, con márgenes de 3 cm en los cuatro lados. También hay que indicar **lugar fecha y de finalización del artículo**. Luego, si fuese el caso, fecha de la revisión y corrección. Para que un trabajo se incluya en esta categoría debe contener lo siguiente:

TÍTULO

Debe ser preciso, breve y claro. Su extensión no deberá exceder las 15 palabras. Debe estar centrado en la parte superior de la primera página, en negrita y en minúscula. Luego colocar en portugués y a continuación en inglés, en texto normal e igualmente en minúscula.

NOMBRE DEL AUTOR(ES) Y FILIACIÓN

El nombre del o de los autores debe aparecer debajo del título, hacia el lado izquierdo. Inmediatamente debajo del nombre, debe colocarse filiación institucional. Correo electrónico e identificador ORCID.

RESUMEN

A continuación del nombre del autor(res), deberán incluirse tres resúmenes, (**español, inglés y portugués**) de no más de 150 palabras. El resumen en inglés se denominará Abstract y en portugués Resumo. Si el artículo está redactado en otro idioma (p. ej. francés) se deberá incluir también un resumen en ese idioma. El resumen debe ser claro y conciso, no siendo necesario referirse al texto del artículo; tampoco debe incluir citas ni referencias.

PALABRAS CLAVE

Inmediatamente después de cada resumen (español, inglés y portugués u otra lengua) debe aparecer la línea de palabras clave que identifican los aspectos centrales del artículo. Deben estar separadas por **puntos y comas**. De preferencia no deben ser más de 5.

Ejemplos:

Palabras clave: geomorfología; Venezuela; Andes; Mérida; valle del río Mocotíes

Palavras-chave: geomorfologia; Venezuela; Andes; vale do rio Mocotíes

Keywords: geomorphology; Venezuela; Andes; Mérida; Mocotíes River valley

TEXTO

El texto del artículo debe comenzar en página aparte. Los elementos estructurales deben ser: introducción, materiales y métodos, resultados, discusión de los resultados, conclusiones y referencias citadas. Esta estructura puede ser flexible dependiendo de la especialidad del tema tratado. En todos los casos se debe definir una **jerarquización de los títulos y subtítulos**; ejemplo: 1.; 1.1, 1.2; 2... Los nombres científicos deben escribirse en cursivas. La expresión latina et al., también debe ir con letra cursiva. Para los números decimales debe usarse comas y no puntos. **Los agradecimientos deben ser concisos y aparecer antes de las Referencias citadas.**

La **introducción** deberá señalar, de preferencia, la naturaleza, importancia y alcance del problema tratado, así como los objetivos del trabajo.

Se hará una descripción concisa de los materiales y métodos usados bajo la denominación de "**metodología**" o "**materiales y métodos**". Bajo materiales se consideran aspectos como mapas, aerofotografías, imágenes satelitales, equipos, productos, etc.; bajo la denominación métodos se consideran procedimientos, tratamientos y técnicas empleadas, técnicas de laboratorio, etc. En los **resultados** se presentarán los efectos de todos los hechos analizados. Estos podrán combinar discusión e interpretación. La **discusión** se centrará en los hallazgos encontrados incluyendo análisis de los mismos. Las **conclusiones** deben ser precisas y concisas y centrarse en lo más relevante de los resultados, así como resaltar el principal aporte del trabajo si fuere el caso.

REFERENCIAS CITADAS

Las referencias citadas en el texto deben señalarse entre paréntesis, con el apellido del autor seguido por una coma y el año de la publicación (Silveira, 2013). Cuando la cita sea textual deberá indicarse el número de página correspondiente (Silveira, 2013: 15). Si la referencia en el texto es de dos autores deben ir los apellidos de ambos autores seguido por una coma y el año de publicación (Rodríguez y Rojas-Suarez, 2008); si la referencia es de más de dos autores, se cita solo el primero acompañado de la expresión *et al.*, (Lemos *et al.*, 2006); pero, en las referencias citadas al final del texto **deben incluirse todos los autores**. En el caso de varios trabajos de un mismo autor o autores, elaborados en un mismo año, las referencias se indicaran con letra minúscula (a, b, etc.) colocadas inmediatamente después del año de publicación, ejemplo (Gómez, 2015a; Gómez, 2015b). Las referencias citadas en el texto se deben corresponder con una indicación completa en la lista de referencias citadas al final del artículo, y deben aparecer en estricto orden alfabético, respetando lo siguiente:

Artículos de revistas

ALTEZ, R. 2014. "Historia comparada de los sismos de Caracas: dinámica y variabilidad de las intensidades". *Revista Geográfica Venezolana*, 55(1): 129-153.

CHOY, J. E.; PALME, C.; GUADA, C.; MORANDI, M. & S. KLARICA. 2010. "Macroseismic Interpretation of the 1812 Earthquakes in Venezuela using intensity uncertainties and a priori fault-strike information". *Bulletin of the Seismological Society of America*, 100(1): 241-255.

URQUIJO TORRES, P. S. y N. BARRERA BASSOLS, N. 2009. "Historia y paisaje. Explorando un concepto geográfico monista". *Andamios*, 5(10): 227-252.

PAKOKSUNG, K. & M. TAKAGI. 2021. "Assessment and comparison of Digital Elevation Model (DEM) products in varying topographic, land cover regions and its attribute: a case study in Shikoku Island Japan". *Modeling Earth Systems and Environment*, 7(1): 465-484.

Capítulos de libros

FROLOVA, M. y G. BERTRAND. 2006. "Geografía y paisaje". En: D. HIERNAUX y A. LINDÓN (Dirs.), *Tratado de Geografía Humana*, pp. 254-269. Anthropos Editorial, Barcelona - Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, División de Ciencias Sociales y Humanidades. México.

HERITAGE, J. 1990. "Etnometodología". En: J. ALBORÉS (ed.), *La Teoría Social hoy*, pp. 290-350. Alianza Editorial. Madrid, España.

Libros

- VIVAS, L. 2015. *La megadiversidad físico-natural del territorio venezolano*. Gráficas El Portatítulo. Mérida, Venezuela.
- PAGE, S. & C. M. HALL. 2003. *Managing Urban Tourism*. Prentice Hall. Essex, United Kingdom.
- SANTOS, M. y M. L. SILVEIRA. 2001. *O Brasil: Território e Sociedade no início do século XXI*. Record. Rio de Janeiro, Brasil.
- LEMOS, A. I. G.; SILVEIRA, M. L. y M. ARROYO (Comp.). 2006. *Questões territoriais na América Latina*. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (CLACSO), Universidade de São Paulo (USP). Brasil / Buenos Aires, Argentina.

Congresos, Seminarios, Reuniones

- ALVES, V. E. L. 2011. A expansão da produção de soja na fronteira agrícola dos cerrados brasileiros. Hegemonia das grandes empresas e processo de exclusão. *IX ENANPEGE (Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia)*, pp. 1-18. Goiânia, Brasil. (9-12 de outubro).
- AUDEMARD, F. A. 1993. Trench investigation across the Oca-Ancon fault system, Northwestern Venezuela. *Second International Symposium on Andean Geodynamics*, pp. 51-54. Oxford, England. (Extended abstract).

Otras publicaciones (tesis, informes, etc.)

- ULLMAN, R. 1988. *Técnicas digitais de modelaje cartopográfico para ambientes urbanos*. Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. Trabajo Especial de Grado. (Inédito).
- SANTANA, D. 2013. *Precariópolis y privatópolis en la región metropolitana de Bogotá (1990-2010)*. Un análisis socioespacial de los barrios cerrados. Departamento de Geografía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Trabajo de Grado.
- CAPRON, G. 1996. *La ville privée: les shopping centers à Buenos Aires*. Universidad Toulouse-2. Le Mirail, Francia. Tesis de Doctorado.

Si la referencia tiene como fuente a Internet, debe señalarse Disponible en: [http://www.\(dirección web\) y](http://www.(dirección web) y) mencionar, de ser el caso la fecha de la consulta [Consulta: fecha], manteniendo la forma de citar previamente señalada para artículos de revistas, capítulos de libros, congresos, seminarios, reuniones y otras publicaciones, salvo que la publicación siga un formato electrónico, p. ej.:

SMALLER, C.; WEI, Q. & L. YALAN. 2013. *The quest for commodities: Chinese investment in farmland*. International Institute for Sustainable Development (June 26). Disponible en: <https://www.iisd.org/itn/2013/06/26/the-quest-for-commodities-chinese-investment-in-farmland/> [Consulta: octubre,2015]

YAÑEZ, G.; REHNER, J. y O. FIGUEROA. 2010. “Redes empresariales e informales en el mercado inmobiliario de Santiago de Chile”. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, [En línea]. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de agosto de 2010, vol. XIV, n° 331 (91). [ISSN: 1138-9788]

En todos los casos, cuando son **más de seis autores** se debe colocar los APELLIDOS e inicial del o de los nombres de los primeros seis autores seguido de puntos suspensivos y terminar con el APELLIDO e inicial del nombre del último autor. Ej.: VERMA, R. R.; MANJUNATH, B. L.; SINGH, N. P.; KUMAR, A.; ASOLKAR, T.; CHAVAN, V.;... & P. SINGH. 2018. “Soil mapping and delineation of management zones in the Western Ghats of coastal India”. *Land Degradation & Development*, 29(12): 4.313-4.322.

TAPIAS, G.; GARCÍA, J.; MONSALVE, G.; BONILLA, M.; MARCANO, S.; NIÑO, A.;... y H. CÁRDENAS. 2001. *Estudio de diversidad biológica en la cuenca alta del río Pereño, Estado Táchira, Venezuela*. UNET, SIRCA, MARN. San Cristóbal, Venezuela.

En el caso de leyes para citarlas en el cuerpo del texto se debe señalar el nombre o número de acta y el año de publicación; ejemplo: (Ley N° 18525, 1986). En las referencias citadas debe colocarse: Número de la ley y denominación oficial si la tiene, título de la publicación en que aparece oficialmente, lugar de publicación y fecha (indicar día, mes y año). Ejemplo: Ley Orgánica de Ordenación del Territorio. Gaceta Oficial de la República de Venezuela, Número 3.238 Extraordinario. Caracas, jueves 11 de agosto de 1983.

Forma de citar los textos publicados en la Revista Geográfica Venezolana (versión digital)

HIDALGO R.; DE SIMONE L.; SANTANA D. y F. ARENAS. 2016. "Geografías del comercio en Santiago de Chile (1990-1910): de la reestructuración comercial al policentrismo inmobiliario". *Revista Geográfica Venezolana*, 57(1): 14-37. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/regeoven>. [Consulta: insertar fecha de acceso o descarga]

FIGURAS

Los gráficos, croquis, fotografías, planos, láminas, mapas, etc. se **denominarán figuras**. Las figuras deben estar numeradas según su orden de aparición en el texto, en números arábigos. No deben tener ningún tipo de formato (cuadros, recuadros), ni deben aparecer los nombres de los autores. Al ser reducidas, deberán presentar características que no dificulten su lectura. Las figuras deben estar en formato digital con una resolución de 350 dpi en formato Tif.

TABLAS

Deberán estar montados en el procesador de texto word (versiones recientes) o en hoja(s) de cálculo tipo Excel (Windows), dependiendo de su complejidad. Además, su ubicación debe estar clara dentro del texto. En su parte superior se ordenarán con números arábigos (ej. Tabla 1) y, a continuación, llevarán una leyenda explicativa (título). Las notas al pie de las tablas se utilizarán para especificar información detallada (ejemplo: niveles de información estadística) y deben ser identificados con superíndices numerados.

PIE DE PÁGINA

No se recomienda el uso de los pie de página. No obstante, cuando el autor lo considere pertinente, **las notas deben ir al final del artículo, antes de las referencias citadas**. Deben respetar la secuencia en que aparecen en el texto.

NOTA

Si bien la Revista Geográfica Venezolana se edita en español, se aceptan artículos en inglés, francés y portugués. En cualquier caso es necesario que se incluyan los resúmenes en español, inglés y portugués.

Los trabajos que no sigan estas instrucciones se devolverán a los autores para que realicen los ajustes pertinentes

INSTRUCTIONS TO THE AUTHORS

All papers submitted to the “Revista Geográfica Venezolana” must be original and cannot be submitted or edited in other periodical publications of the same nature. Three copies of the manuscript must be sent to the editor of the magazine at “Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales, Oficina de Publicaciones, Universidad de Los Andes, Vía los Chorros de Milla, Mérida 5101, Venezuela” where the article will pass arbitration. The manuscript must be accompanied by a diskette containing the paper in the format of Word Document (Word). If the manuscript contains charts graphics, etc. The program used to make them must be specified.

PAPERS

Works submitted to this category must be, at most, 30 pages of length, letter size, double-spaced with 3 cm of margin. To be accepted into this category works must have:

TITLE

It must be brief and precise. It cannot have more than 15 words. It must be centered at the top of the first page in capital letters. If written in Spanish, the title must be written in English in lower caption under the Spanish title.

NAME AND ADDRESS

The name of the writer must appear under the title in the left of the page. Under the name of the writer must be written the address, fax, e-mail and telephone number of the writer.

ABSTRACT

After the name of the author(res), three abstracts (Spanish, English and Portuguese) of no more than 150 words should be included. The abstract in English will be called *Abstract* and in Portuguese *Resumo*. If the article is written in another language (e.g. French), an abstract in that language should also be included. The abstract should be clear and concise, it is not necessary to refer to the text of the article, nor should it include citations or references.

KEYWORDS

After each summary (English and Spanish), a list of keywords must be included. Key words must resume the main aspects of the paper. Semicolons must separate the key words. At most, 5 key words will be listed.

Examples:

Palabras clave: geomorfología; Venezuela; Andes; Mérida; valle del río Mocotíes.

Palavras-chave: geomorfologia; Venezuela; Andes; Mérida; vale do rio Mocotíes

Keywords: geomorphology; Venezuela; Andes; Mérida; Mocotíes River valley.

TEXT

The text of the paper must start in the following page. The structural elements must be: introduction, materials and methods, results, discussion of the results, conclusions and references quoted. This structure can be flexible depending on the capacities of the subject chosen. Scientific names must be underlined. When writing decimals comas are to be used. Acknowledgements must be brief and will be written before of the References.

The introduction must point out the nature, relevance as well as the objectives of the work.

A concise description of the materials and methods used will be made under the title “Methodology” or “Methods and Materials”. Under materials are considered tools like maps, photographs, satellite images, equipment, products, etc.; under methods are considered procedures, treatments, techniques employed, etc. In the results the effects of the analyzed facts will be presented. This can combine discussion and interpretation.

REFERENCES QUOTED

The references quoted in the text must be followed with the name of the author and the year of publication between parentheses. For example: (Pérez, 1999). When the reference is a textual quote the number of the page must be indicated (Pérez, 1999: 12). If the reference belongs to more than two authors only the name of the first must be written, followed by the words *et al.* In the References quoted at the end of the text all the authors must be included.

When several works by the same author written the same year are quoted, the references will be indicated with a lower caption letter following the year of publication like so: Gómez, 1999a; Gómez 1999b. All references must be accordingly indicated in the references at the end of the text and must appear in alphabetical order. Quotes at the end of the text will be as follows:

Articles from magazines

PERNIA, E. 1997. "Una metodología para la interpretación visual de imágenes digitales de percepción remota". *Revista Geográfica Venezolana*, 38(1): 11-22.

Articles from books

HERITAGE, J. 1990. "Etnometodología". In: J Alborés (ed.), *La teoría social hoy*, pp. 290-350. Alianza Editorial. Madrid.

Seminars, reunions and conferences

KOBAL, J. J. 1987. El estudio de las acumulaciones del Cuaternario en el río Meta. *Memories from the Primer Congreso Colombiano de Geología*. 155-198. Bogotá-Colombia (27-29 October, 1986).

Other publications (thesis or other)

ULLMAN, R. 1998. *Técnicas digitales de modelaje cartopográfico para ambientes urbanos*. Escuela de Geografía, Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. Especial graduation paper, 95 p. (uneditad).

References from Internet, it must indicate as follow: <http://www.ula.ve>

How to cite texts published in the Revista Geográfica Venezolana (digital version)

HIDALGO R.; DE SIMONE L.; SANTANA D. & F. ARENAS. 2016. "Geographies of commerce in Santiago de Chile (1990-1910): from commercial restructuring to real estate polycentrism". *Revista Geográfica Venezolana*, 57(1): 14-37. Available at: <http://www.saber.ula.ve/regeoven>. [Consultation: insert date of access or download].

FIGURES

All graphics, pictures, maps, etc. will be called "figures" be sent in separate sheets (originals). For technical reasons the maximum size for figures will be 16 x 23 cm, which allows for its adaptation to the 1/16 size. After reduction letters must be 2,0 mm high and decimals must be visible. Figures must be numbered according to their appearance in the text in Arabic numbers. Figures must not have any kind of format (edges, etc.). The names of the authors (or drawers) must not appear. The figures must be clear and relatively simple so as to be understandable once reduced. The descriptions corresponding to the figures must come on separate pieces of paper. Photographs must be in black and white and copies must be done on good quality paper.

TABLES

Tables will be called Charts and must be done in word 7.0 or in Exel. The must come in the diskette containing the text with proper identification. Its location inside the text must be clear. Charts will be identified at the top with Arabic numbers (Chart 1) and will be followed by the title of the chart. Footnotes under the charts will be used to specify detailed information. And must be identified with numbered superindex.

FOOTNOTES

The use of footnotes is not recommended. However, if the author chooses to use them, they must be written at the end of the text before the references.

NOTE

The **Revista Geográfica Venezolana** is edited in Spanish. However, papers in English, French and Portuguese are accepted.

The works that don't meet these instructions will be returned to the authors so that they make the relevant changes

INSTRUCCIONES PARA LOS ÁRBITROS

La Revista Geográfica Venezolana es una publicación científica arbitrada, por lo que los artículos que se publican son sometidos, previamente, a evaluación por parte de personas especializadas en el tema tratado en los mismos.

A los árbitros se les envía una planilla guía en la que deben registrar todos aquellos aspectos que, a juicio de los editores, debe cumplir todo Artículo o contribución para la sección de Notas y Documentos.

El árbitro debe calificar el grado de cumplimiento de tales aspectos y emitir un dictamen definitivo referente a la calidad del artículo. En este sentido, a continuación se señalan algunas recomendaciones a ser tomadas en cuenta.

Los árbitros deben dar una apreciación general del trabajo (tema adecuado para la revista; citas ajustadas a las normas de publicación; extensión, etc.), así como señalar la originalidad (de ser el caso) y claridad (título, resumen). También deben incluir dentro de su evaluación la ortografía y la redacción como aportes para mejorar la calidad del artículo. Por último, emitir una evaluación global que especifique si el trabajo debe ser publicado sin modificación alguna; puede ser publicado si se realizan las modificaciones indicadas; debe ser modificado a fondo y ser sometido nuevamente a arbitraje o no debe ser publicado.

El artículo, una vez recibido, leído y evaluado, deberá ser devuelto al editor responsable en un lapso no mayor de 15 días hábiles. Si por alguna razón el árbitro tuviese algún inconveniente con este período para realizar la evaluación, deberá informarlo a la mayor brevedad. El trabajo debe ser tratado confidencialmente y su contenido es propiedad del autor o autores.

Los resultados de la evaluación deberán ser enviados vía correo electrónico (regeoven@gmail.com; regeoven@ula.ve) con indicación expresa que es una evaluación, o entregados personalmente, si fuere el caso, en la Oficina de Publicaciones del Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales.



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
VENEZUELA



CDCHTA

El Consejo de Desarrollo Científico, humanístico, Tecnológico y de las Artes es el organismo encargado de promover, financiar y difundir la actividad investigativa en los campos científicos, humanísticos, sociales y tecnológicos.

Objetivos generales

EL CDCHTA, de la Universidad de Los Andes, desarrolla políticas centradas en tres grandes objetivos:

- Apoyar al investigador y sus generación de relevo.
- Vincular la investigación con las necesidades del país
- Fomentar la investigación en todas las unidades. académicas de la ULA, relacionadas con la docencia y con la investigación.

Objetivos específicos

- Proponer políticas de investigación y desarrollo científico, humanístico, tecnológico y de las artes para la Universidad.
- Presentarlas al Consejo Universitario para su consideración y aprobación.
- Auspiciar y organizar eventos para la promoción y la evaluación de la investigación.
- Proponer la creación de premios, menciones y certificaciones que sirvan de estímulo para el desarrollo de los investigadores.
- Estimular la producción científica.

Funciones

- Proponer, evaluar e informar a las Comisiones sobre los diferentes programas o solicitudes.
- Difundir las políticas de investigación.
- Elaborar el plan de desarrollo.

Estructura

- Directorio: Vicerrector Académico, Coordinador del CDCHTA.
- Comisión Humanística y Científica.
- Comisiones Asesoras: Publicaciones, Talleres y Mantenimiento, Semanarios en el Exterior, Comité de Bioética.
- Nueve subcomisiones asesoras.

Programas

Proyectos, Seminarios, Publicaciones, Talleres y Mantenimiento, Apoyo a Unidades de Trabajo, Equipamiento Conjunto, Promoción y Difusión, Apoyo Directo a Grupos (ADG), Premio Estimulo al Investigador (PEI), Premio Estimulo Talleres y Mantenimiento, Proyectos Institucionales Cooperativos, Aporte Red Satelital, Gerencia <http://ula.ve/cdchta> / correo: cdcht@ula.ve

ALEJANDRO GUTIERREZ S. COORDINADOR GENERAL

ESTA VERSIÓN DIGITAL DE LA **REVISTA GEOGRÁFICA VENEZOLANA**, VOL. 67(1) 2026, SE REALIZÓ CUMPLIENDO CON LOS CRITERIOS Y LINEAMIENTOS ESTABLECIDOS PARA LA EDICIÓN ELECTRÓNICA EN EL AÑO 2026.

PUBLICADA EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL SABERULA
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES – VENEZUELA

www.saber.ula.ve

info@saber.ula.ve