ISSN Versión Impresa 1816-0719 ISSN Versión en línea 1994-9073 ISSN Versión CD ROM 1994-9081

The Biologist (Lima), 2025, vol. 23 (2), 347-356

The Biologist (Lima)



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

SOLID WASTE MANAGEMENT AND ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN ALTO PIURA, PERU

GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL, EN ALTO PIURA, PERÚ

Oswaldo Velásquez-Hidalgo[1], Guisela Yabar-Torres[1*], Manuel Villena-Mavila[1], Juan Carlos Gómez-Avalos[1], Maria Chirinos-Flores[1], Jennifer Rodríguez-Flores[1] & Zamira Quispe-Cusi[1]

[1] Universidad Ricardo Palma. Av. Benavides 5440, Santiago de Surco, Apartado postal 1801. Lima 33, Perú.
[*] Corresponding author: guisela.yabar@urp.edu.pe

Oswaldo Velásquez-Hidalgo: https://orcid.org/0000-0003-4153-8117
Guisela Yábar-Torres: https://orcid.org/0009-0009-8210-4084
Manuel Villena-Mavila: https://orcid.org/0000-0001-9359-8379
Juan Gómez-Avalos: https://orcid.org/0000-0002-8388-9102
Maria Chirinos-Flores: https://orcid.org/0000-0001-9451-0527
Jennifer Rodríguez-Flores: https://orcid.org/0009-0007-9963-1265
Zamira Quispe-Cusi: https://orcid.org/0009-0000-1460-2780

ABSTRACT

The objective of this research was to analyse the relationship between solid waste management and environmental sustainability in Alto Piura, Perú. Solid waste management in rural areas of northern Peru presents structural gaps that limit environmental sustainability and foster informal disposal practices that affect environmental quality in the Hualtacal sub-basin, where the district's dumping site is located. The study employed a quantitative approach, based on the application of surveys during September and October 2025; the sample consisted of 200 residents, selected using statistical criteria of proportional allocation, achieving a 95% confidence level and a ±5% margin of error. The questionnaire was subjected to expert review to ensure its relevance and clarity, and internal consistency was evaluated using Cronbach's alpha coefficient. The results show that 60% of the population considers the waste collection service inadequate, and three-quarters perceive deficiencies in municipal infrastructure and equipment. The study also reveals low effectiveness of environmental communication strategies and limited knowledge of regulations and municipal plans (such as PIGARS). There is a clear absence of environmental education and recycling programmes; 80% of respondents state that citizen participation is very low, evidencing a weak connection between institutional strategies and community engagement. In addition, 160 respondents express their disagreement with the final disposal of waste in the Hualtacal ravine and perceive negative effects on water, air, soil, and biodiversity. The data reveal a municipal service that operates with structural fragility and without sufficient capacity to prevent environmental impacts. The lack of communication, education, and

Este artículo es publicado por la revista The Biologist (Lima) de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [https:// creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.

DOI: https://doi.org/10.62430/rtb20252322077

participation not only hinders the adoption of good practices but also prevents the consolidation of robust environmental governance. The continued use of the Hualtacal ravine as a disposal site confirms the absence of formal alternatives and highlights the role of insufficient infrastructure in sustaining inadequate practices. Taken together, these elements explain why current management contributes to environmental degradation and limits progress towards a sustainable model.

Keywords: Environmental degradation – user satisfaction – sustainability waste management – waste collection

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue analizar la relación que existe entre la gestión de residuos sólidos y la sostenibilidad ambiental en el distrito de Canchaque, Alto Piura, Perú. La gestión de residuos sólidos en zonas rurales del norte del Perú presenta brechas estructurales que limitan la sostenibilidad ambiental y favorecen prácticas de disposición informal que afectan la calidad ambiental de la subcuenca del Hualtacal, donde se ubicada el botadero del distrito de Canchaque. Para el desarrollo del estudio se empleó un enfoque cuantitativo, centrado en la aplicación de encuestas durante los meses de septiembre y octubre de 2025; la muestra estuvo conformada por 200 pobladores, seleccionados mediante criterios estadísticos de afijación proporcional, alcanzando un nivel de confianza del 95% y un margen de error de ±5%. El cuestionario utilizado fue sometido a juicio de expertos para garantizar su pertinencia y claridad y la consistencia interna se evaluó mediante el coeficiente Alfa de Cronbach. Los resultados dan cuenta que un 60% de la población considera inadecuado el servicio de recolección y ¾ percibe carencias de infraestructura y equipamiento municipal. Se evidencia baja efectividad de las estrategias de comunicación ambiental y escaso conocimiento de normativas y planes municipales (como los PIGARS, 2024). Existe una evidente ausencia de programas de educación ambiental y reciclaje, un 80% manifiesta que la participación ciudadana es muy baja, dejando evidencia de la débil conexión entre las estrategias institucionales y el compromiso comunitario; 160 encuestados expresan su desacuerdo respecto a la disposición final de los residuos en la quebrada de Hualtacal y perciben efectos negativos sobre el agua, el aire, el suelo y la biodiversidad. Los datos revelan un servicio municipal que opera con fragilidad estructural y sin la capacidad suficiente para prevenir impactos ambientales; también se aprecia que la falta de comunicación, educación y participación no solo dificulta la adopción de buenas prácticas, sino que impide consolidar una gobernanza ambiental sólida. La permanencia de la quebrada Hualtacal como espacio de disposición confirma la ausencia de alternativas formales y el peso que tiene la infraestructura insuficiente en la continuidad de prácticas inadecuadas. Estos elementos, en conjunto, explican por qué la gestión actual contribuye a la degradación ambiental y limita la transición hacia un modelo sostenible.

Palabras clave: Degradación ambiental – gestión de residuos – recolección de residuos – satisfacción de los usuarios – sostenibilidad

INTRODUCCIÓN

La gestión de residuos sólidos se ha consolidado como uno de los problemas ambientales más persistentes en territorios urbanos y periurbanos de baja densidad, especialmente en regiones de ingresos medios y bajos (Iacoboaea *et al.*, 2025). A escala global, menos del 40 por ciento de los residuos generados reciben servicios adecuados de recolección, reflejando un desfase estructural entre el crecimiento urbano y la provisión de infraestructura ambiental esencial (UNEP, 2024). En este marco, comprender la relación entre la gestión de residuos y la sostenibilidad ambiental resulta especialmente relevante para territorios rurales, donde las brechas de infraestructura y gobernanza condicionan las prácticas de disposición y sus impactos socioambientales, tal como se evidencia en distritos del norte del Perú como Canchaque.

En este sentido, Kaza *et al.* (2018) enfatizan la magnitud del reto al señalar que "la gestión inadecuada de los residuos sólidos urbanos no solo compromete la salud pública y el ambiente, sino que también genera presiones económicas y sociales que desbordan la capacidad de respuesta institucional en países de ingresos medios y bajos" (p. 19). Esta afirmación permite dimensionar la urgencia de transformar los sistemas de gestión existentes.

Asimismo, este problema se intensifica en América Latina, donde la dependencia de vertederos y las bajas tasas de reciclaje limitan la transición hacia modelos sostenibles

(Gutberlet *et al*., 2020). A ello se suman coberturas desiguales y capacidades logísticas insuficientes, especialmente en municipios pequeños, donde la dispersión territorial y la escasa infraestructura favorecen la disposición informal. Además, investigaciones como las de Cervantes (2022) y Del Carmen-Niño *et al.* (2023) evidencian que la falta de planificación ambiental profundiza estas prácticas inadecuadas.

En este contexto, los Objetivos de Desarrollo Sostenible adquieren especial relevancia, ya que el ODS 12 promueve la "gestión ambientalmente racional de productos químicos y residuos a lo largo de su ciclo de vida", mientras que el ODS 11 insta a reducir el impacto ambiental de los asentamientos mediante una gestión adecuada de los residuos municipales (ONU, 2015). Asimismo, estudios recientes señalan que sistemas de gestión de residuos bien diseñados son esenciales para avanzar hacia las metas de la Agenda 2030 y fortalecer la salud ambiental y territorial (Ahmed *et al.,* 2023).

En el caso peruano, la problemática adquiere características particulares. Por un lado, la generación per cápita de residuos se ha incrementado con el crecimiento económico. Por otro, los sistemas de valorización y tratamiento no han evolucionado al mismo ritmo, generando impactos negativos sobre suelos, cuerpos de agua y salud pública, especialmente en ciudades intermedias y distritos rurales (Vázquez-Rowe & Pilar, 2020). Asimismo, las evaluaciones oficiales en la región Piura muestran acumulaciones críticas de residuos en cauces y márgenes ribereños, lo cual aumenta la vulnerabilidad frente a eventos hidrometeorológicos intensos (ANA, 2023; INGEMMET, 2024).

A esto se suma que la eficiencia del manejo municipal depende fuertemente de factores territoriales como la localización geográfica, la conectividad vial y la disponibilidad de infraestructura, más que de actitudes individuales (Izquierdo-Horna & Camacho- Castañeda, 2022). De igual modo, la literatura subraya la necesidad de replantear los sistemas actuales bajo el marco de la economía circular. Kirchherr *et al.* (2023) sostienen que este paradigma busca desacoplar el crecimiento económico de la generación de residuos mediante estrategias de valorización.

Ghisellini *et al.* (2021) refuerzan esta perspectiva al afirmar que "la economía circular solo puede consolidarse mediante una gestión de residuos que priorice la prevención, la reutilización y el reciclaje, permitiendo cerrar ciclos de materiales y garantizando un uso más racional de los recursos naturales en contextos urbanos y rurales" (p. 415). Esta visión destaca la importancia de integrar procesos de recuperación con políticas de sostenibilidad ambiental.

A la vez, Velis & Brunner (2021) advierten que el modelo lineal de tomar, hacer y desechar ha alcanzado sus límites, mientras que Kurniawan *et al*. (2022) subrayan que el sector de residuos contribuye significativamente a las emisiones de metano, por lo que medidas como la digestión anaeróbica y el compostaje son fundamentales para la mitigación climática. Por otra parte, Borrelle *et al.* (2020) muestran que la contaminación por plásticos en suelos y cuerpos de agua evidencia la necesidad urgente de adoptar enfoques sistémicos en la gestión de residuos.

Sin embargo, la implementación de estos enfoques depende de estructuras de gobernanza sólidas. En Perú, la aplicación del Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos enfrenta múltiples barreras relacionadas con la disponibilidad presupuestaria, la capacidad técnica y la articulación interinstitucional, lo cual reduce su efectividad (Márquez *et al*., 2021). Esta realidad condiciona la aplicación de instrumentos nacionales como la Política Nacional del Ambiente al 2030 y el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos (MINAM, 2016; 2021).

En este contexto, el distrito de Canchaque representa un caso emblemático de las brechas estructurales que enfrentan los territorios rurales; donde existen serios problemas de gestión referidos a la disposición final de los residuos sólidos en la sub cuenca del Hualtacal, que es rechaza por algo mas de las de las ¾ de la población por constituir fuente de contaminación, situación que se genera debido a la ausencia de infraestructura adecuada, limitada capacidad operativa municipal y la falta de planificación ambiental. Como resultado, la quebrada funciona como una infraestructura

Por otra parte existe un vacío de conocimientos sobre cómo las dinámicas espaciales, la dispersión de asentamientos, la accesibilidad y la localización de equipamientos inciden en la persistencia de la disposición informal en microcuencas rurales. Por ello, esta investigación adopta desde un enfoque territorial urbanístico el análisis de la relación entre la gestión de residuos sólidos y la sostenibilidad ambiental en Canchaque, en razón a que los resultados expresan que más de la mitad de la poblacón considera inadecuado el servicio de recolección, 3/4 partes perciben carencias de infraestructura municipal, el 80% identifica baja participación ciudadana y similar porcentaje afirma disponer sus residuos directamente en la quebrada, señalando impactos sobre el agua, el aire, el suelo y la biodiversidad.

El objetivo central del estudio, es analizar la relación entre la gestión de residuos sólidos y la sostenibilidad ambiental en Canchaque, Alto Piura, Perú considerando las brechas de infraestructura, la calidad del servicio, la participación ciudadana y los patrones territoriales que explican la persistencia de la disposición informal.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el distrito de Canchaque, provincia de Huancabamba, cuyas coordenadas son 5°24'1.97" S de latitud y 79°36'18.71" W de longitud, Alto Piura, Perú.

El estudio empleó un enfoque cuantitativo con un diseño transversal de nivel descriptivo–explicativo. La muestra estuvo conformada por 200 participantes, seleccionados mediante criterios estadísticos de afijación proporcional, considerando un nivel de confianza del 95% y un margen de error de ±5%, a partir de una población total de 7 757 habitantes del Censo del 2017 (INEI, 2018).

Para la recolección de datos se aplicaron cuestionarios estandarizados, previamente validados a través de juicio de expertos. La consistencia interna del instrumento se verificó mediante el coeficiente Alfa de Cronbach ($\alpha = 0,80$), lo que garantizó la fiabilidad de los ítems referidos a las variables, dimensiones e indicadores del estudio.

Las encuestas fueron administradas a personas entre 18 y 70 años, contando en todos los casos con consentimiento informado. La aplicación se realizó durante septiembre y octubre de 2025.

Aspectos éticos

La investigación en su conjunto se rigió por principios éticos orientados a garantizar el respeto y la protección de las personas participantes. Se aseguró la transparencia metodológica y se gestionaron los posibles conflictos de interés. El diálogo con cada participante se llevó a cabo respetando sus opiniones, previo consentimiento informado, y se salvaguardó el anonimato y la confidencialidad de los datos recopilados. Durante el trabajo de campo, se mantuvo un trato respetuoso hacia los habitantes de Canchaque, Alto Piura, Perú, y de los centros poblados aledaños. Asimismo, el equipo de investigación asume su responsabilidad social y el compromiso de contribuir con soluciones viables y equitativas a los problemas identificados, particularmente en la subcuenca del Hualtacal. Para ello, se planea una futura intervención basada en los criterios teóricos y metodológicos del urbanismo regenerativo para la resiliencia hídrica, con el fin de fortalecer tanto la credibilidad científica como la relevancia social del estudio.

RESULTADOS

En la Figura 1 se observa que más de la mitad de los encuestados percibe que la recolección de residuos sólidos en Canchaque no se realiza de forma adecuada ni siguiendo los horarios establecidos. Asimismo, una pequeña minoría expresó una opinión moderadamente favorable, lo que demuestra que la satisfacción general respecto al cumplimiento del sistema de recolección es reducida. En conjunto, los datos reflejan una tendencia predominante hacia la percepción negativa del servicio, lo cual permite advertir un bajo nivel de confianza ciudadana en la gestión municipal de los residuos.

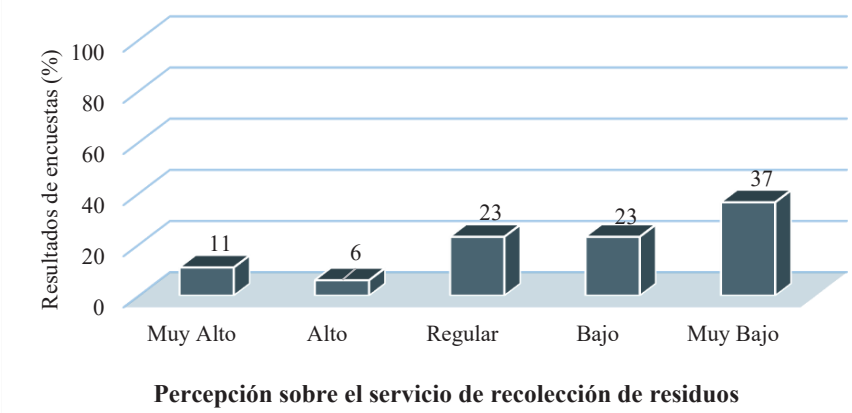


Figura 1. Satisfacción con el servicio de recolección de residuos sólidos en Canchaque, Alto Piura, Perú.

En relación con la infraestructura y el equipamiento destinados a la recolección de residuos, la Figura 2 muestra que casi 3/4 partes de los encuestados considera que la municipalidad carece de los medios necesarios para realizar adecuadamente esta labor. Este resultado revela un consenso amplio respecto a la falta de recursos materiales para atender de forma eficiente el servicio de limpieza pública. En conjunto, los datos evidencian una concentración de respuestas en los niveles bajos de la escala, lo que refleja una percepción generalizada de deficiencia en la capacidad operativa de la entidad municipal.

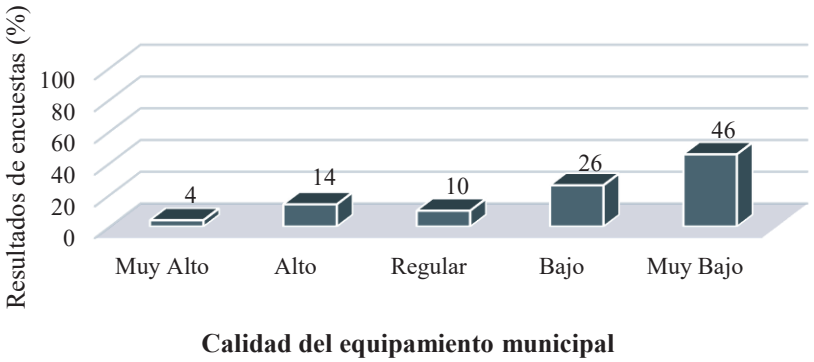


Figura 2. Calidad de la infraestructura y equipamiento municipal en Canchaque, Alto Piura, Perú.

Por otro lado, en la Figura 3 se observa que las ¾ partes de la población encuestada opina que la efectividad de las estrategias se ubica entre bajo y muy bajo, por tanto se percibe ineficacia en los mensajes y medios de comunicación empleados por la municipalidad para informar sobre la gestión de residuos sólidos. Asimismo, las opiniones de una pequeña fracción se situó en el nivel intermedio, mientras que aproximadamente una décima parte y una proporción aún menor opina que es alto y muy alto. En conjunto, los resultados evidencian una marcada concentración de respuestas en los valores inferiores de la escala, lo que denota una percepción generalizada de deficiencia en los mecanismos de comunicación ambiental.

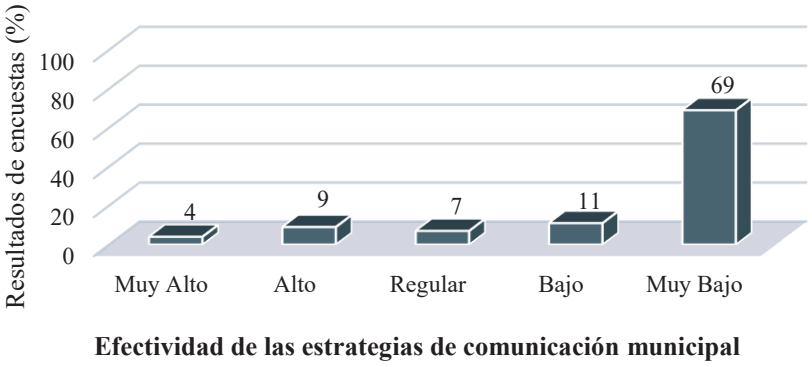


Figura 3. Efectividad de las estrategias de comunicación municipal en Canchaque, Alto Piura, Perú.

Asimismo, en la Figura 4 se muestra que más de la mitad de los encuestados expresó un nivel muy bajo de conocimiento sobre las normas y planes de gestión integral de residuos sólidos, mientras que solo un mínimo porcentaje manifestó poseer un conocimiento alto. En consecuencia, se puede afirmar que la población encuestada presenta limitada familiaridad con los marcos normativos relacionados con la gestión de residuos, lo que se traduce en una baja presencia de valores elevados en la distribución total de respuestas.

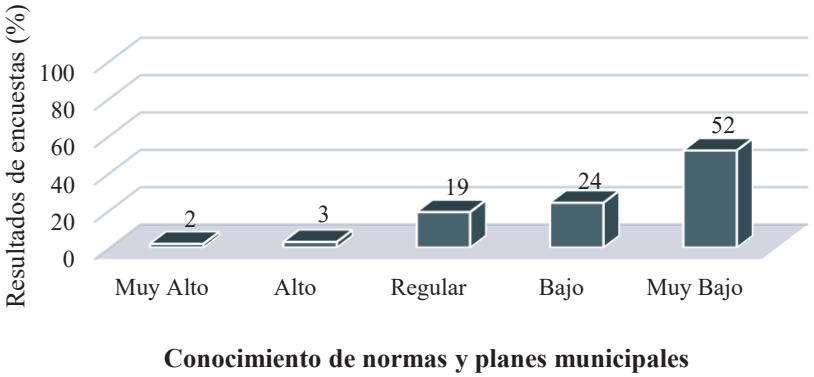


Figura 4. Conocimiento sobre la existencia y contenido de normas y planes municipales como Ordenanzas, PIGARS (2024), en Canchaque, Alto Piura, Perú.

En la Figura 5, correspondiente a la pregunta sobre la existencia de programas de educación ambiental o campañas de reciclaje, se observa que las respuestas de mas de ¾ partes de los encuestados se ubicó en el nivel más bajo de la escala, lo que evidencia una percepción generalizada de ausencia de iniciativas municipales en este ámbito. Asimismo, una quinta parte manifestó una valoración baja, mientras que solo una mínima fracción alcanzó el nivel más alto, reflejando una proporción casi inexistente de opiniones favorables. En conjunto, los resultados exponen una percepción negativa respecto a la implementación de estrategias ambientales locales, lo que pone de manifiesto una limitada intervención institucional orientada a la promoción del reciclaje y la educación ambiental dentro de la comunidad.

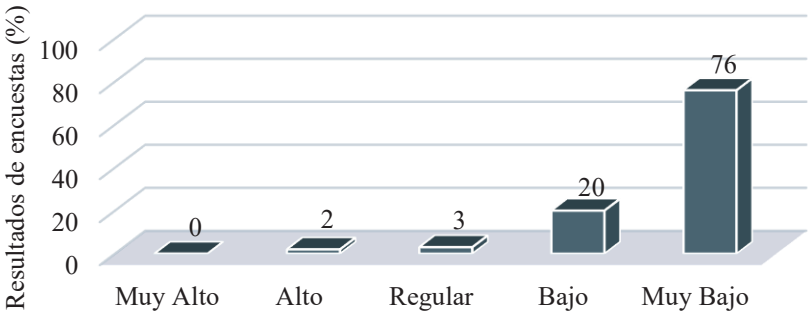


Figura 5. Participación ciudadana en acciones sostenibles clasificación, reciclaje, compostaje, limpiezas públicas en la subcuenca del Hualtacal Alto Piura, Perú.

En la Figura 6 se observa que las opiniones de más de la mitad de los encuestados se ubicó en el nivel más bajo de la escala, lo que pone en evidencia una reducida participación ciudadana en las acciones municipales orientadas a la gestión de residuos sólidos. Este resultado revela a su vez una limitada implicación de la población en las iniciativas promovidas por la autoridad local, lo cual sugiere una débil conexión entre las estrategias institucionales y el compromiso comunitario.

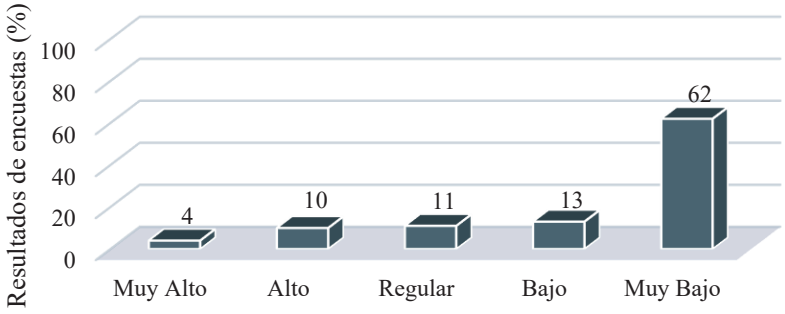


Figura 6. Contribución de la gestión actual de residuos a la protección del medio ambiente en Canchaque, Alto Piura, Perú.

Según los resultados presentados en la Figura 7, se observa que las respuestas de más de ¾ partes de los encuestados se ubicaron en el nivel más alto de la escala, lo que evidencia un amplio desacuerdo respecto a la disposición de residuos en la quebrada del Hualtacal, en razón a que se genera contaminación del agua, suelo, aire y biodiversidad. Además, está marcada concentración de respuestas en los niveles superiores revela una tendencia predominante hacia una valoración negativa de la gestión actual de los residuos sólidos en dicho sector. Asimismo**,** los datos muestran una notable homogeneidad en las percepciones ciudadanas, lo que refuerza la idea de un consenso generalizado acerca de la necesidad de fortalecer las acciones municipales orientadas al control y tratamiento adecuado de los desechos.

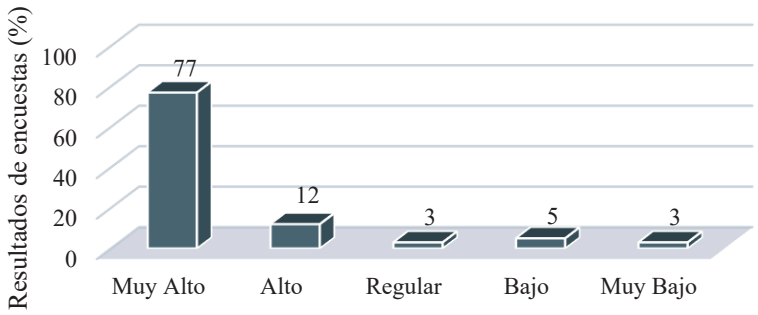


Figura 7. Grado de percepción sobre la disposición final de residuos en Canchaque, Alto Piura, Perú.

Finalmente, la Figura 8 evidencia que las respuestas de más de la mitad de los encuestados se ubicaron en el nivel más bajo de la escala, como expresion de que una parte considerable de la población percibe la gestión municipal de residuos como inadecuada. Además, algo más de una décima parte mostró una valoración intermedia, mientras que los niveles superiores alcanzaron únicamente una proporción reducida. En conjunto, estos resultados revelan una tendencia predominante hacia percepciones negativas, lo que pone de manifiesto la necesidad de fortalecer las estrategias locales de gestión y educación ambiental.

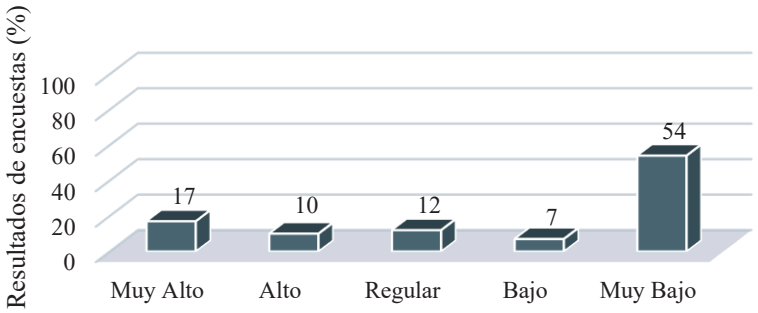


Figura 8. La gestión actual de los residuos sólidos afecta la calidad del agua, aire suelo y la biodiversidad en Canchaque, Alto Piura, Perú.

DISCUSIÓN

El análisis integrado de los resultados cuantitativos evidencia que la gestión de residuos sólidos en Canchaque se desarrolla en condiciones que vulneran los principios esenciales de la sostenibilidad ambiental. La información recolectada permite identificar limitaciones significativas en el sistema actual, así como sus implicancias territoriales y los indicadores ambientales y sociales más afectados por la inadecuada gestión municipal. Los hallazgos demuestran que el proceso de manejo de residuos no solo presenta deficiencias operativas, sino también vacíos en materia de eficiencia, resiliencia, prevención de impactos y gobernanza, dimensiones fundamentales para la consolidación de un sistema sostenible.

Bajo este enfoque, es indispensable considerar que la sostenibilidad ambiental exige que las intervenciones públicas reduzcan los impactos sobre el agua, el aire, el suelo, la biodiversidad y la salud humana, además de promover procesos participativos y asegurar la existencia de infraestructura adecuada que prevenga daños ecológicos (Pérez-Sánchez *et al.*, 2023). Sin embargo, los resultados muestran que estos elementos no se encuentran plenamente garantizados en Canchaque, lo que repercute directamente en la calidad ambiental del territorio.

En cuanto a la eficiencia del sistema, la percepción predominantemente negativa respecto a la recolección (Figura 1) constituye un primer indicador crítico. Los encuestados

señalan incumplimientos en horarios y fallas en la prestación del servicio, un patrón que coincide con lo reportado en contextos rurales donde la cobertura es limitada y la recolección intermitente, favoreciendo acumulaciones de residuos y prácticas informales (UNEP, 2024). Esta deficiencia operativa incrementa el riesgo de focos de contaminación, afecta la calidad del aire y facilita la proliferación de vectores, debilitando además la confianza ciudadana en las instituciones locales (Ali *et al.*, 2024).

Esta percepción se vincula estrechamente con la insuficiencia de infraestructura y equipamiento municipal (Figura 2). La mayoría de la población considera que el municipio carece de los recursos necesarios para asegurar un servicio eficiente. Este resultado coincide con estudios en municipios de menor escala que muestran que las limitaciones técnicas y presupuestales dificultan la sostenibilidad del sistema de gestión de residuos (Cervantes, 2022; Del Carmen-Niño *et al.,* 2023). En el caso de Canchaque, estas carencias impactan el transporte de residuos, los tiempos de recolección y el control de rutas, generando presión sobre los ecosistemas al incentivar el uso de quebradas y cauces como espacios de vertido.

En el ámbito social y de gobernanza, las encuestas evidencian que la ciudadanía percibe como ineficaces las estrategias de comunicación ambiental (Figura 3). La literatura sostiene que la comunicación clara y continua es indispensable para promover conductas sostenibles y fortalecer la educación ambiental (Castro-Berrios, 2023; Montoya, 2024). La falta de mensajes estratégicos dificulta que la población conozca rutas, horarios, campañas y obligaciones normativas, reduciendo la adherencia a prácticas adecuadas de manejo.

Esta deficiencia se refleja también en el bajo conocimiento de normas, planes y ordenanzas relacionadas con la gestión de residuos (Figura 4). La escasa apropiación de documentos como el Plan Provincial de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales (PIGARS) (MINAM, 2019) indica que la gobernanza ambiental no se consolida a nivel comunitario. Investigaciones en microcuencas andinas demuestran que el desconocimiento normativo contribuye significativamente a la persistencia de prácticas de disposición informal, incluso cuando existe rechazo social hacia estas conductas (Vélez-Azañero *et al.*, 2022; Leiva-Tafur *et al.*, 2024). Esto afecta indicadores clave como la participación informada, la segregación en fuente y la reducción de residuos.

La ausencia percibida de programas de educación ambiental o iniciativas de reciclaje (Figura 5) profundiza estas brechas. La literatura sobre sostenibilidad urbana resalta la importancia de procesos educativos continuos que fomenten la conexión entre comunidad y entorno natural, la adopción de prácticas de reciclaje y la reducción de presión sobre los ecosistemas (Kellert, 2018). En este sentido, la falta de programas ambientales afecta indicadores como tasas de reciclaje, generación de residuos orgánicos, participación ciudadana y valoración del paisaje (Chen & Müller, 2023).

Además, la baja participación comunitaria en acciones municipales vinculadas a la gestión de residuos (Figura 6) constituye un obstáculo para la sostenibilidad social del sistema. La participación es uno de los indicadores más relevantes para evaluar la solidez de la gobernanza ambiental, y su debilidad evidencia la falta de estrategias que promuevan corresponsabilidad y cohesión entre la ciudadanía y las autoridades locales (Fernández & Kovács, 2024).

Uno de los hallazgos más significativos es el amplio rechazo al depósito de residuos en la quebrada Hualtacal (Figura 7). Pese a que más de las ¾ de los encuestados expresa su desacuerdo con esta práctica, la disposición informal persiste. Esta contradicción evidencia un fenómeno estructural: la quebrada funciona como infraestructura sustituta ante la ausencia de alternativas formales. Esta situación coincide con lo reportado en Lima (Vélez-Azañero *et al.,* 2022) y en Amazonía (Leiva-Tafur *et al.*, 2024), donde territorios sin infraestructura suficiente terminan transformando cauces naturales en espacios de vertido. Los indicadores directamente afectados incluyen calidad del agua, erosión de suelos, riesgo hídrico, pérdida de biodiversidad y salud pública Santos *et al.* (2023)

Finalmente, la percepción sobre el impacto ambiental negativo de la gestión municipal (Figura 8) confirma la relación entre un sistema deficiente y la degradación ambiental. Los habitantes reconocen afectaciones al agua, aire, suelo y fauna, lo que coincide con diagnósticos de ANA (2023) e INGEMMET (2024) sobre vulnerabilidad de microcuencas en Piura. Desde una perspectiva técnica, esta afectación incide directamente sobre los indicadores de contaminación ambiental, vulnerabilidad territorial, resiliencia ante eventos extremos y protección de la biodiversidad.

En conjunto, los resultados demuestran que la gestión de residuos sólidos en Canchaque enfrenta limitaciones estructurales que impiden avanzar hacia un modelo ambientalmente sostenible. Las percepciones ciudadanas, la evidencia cualitativa y los indicadores evaluados revelan un sistema marcado por deficiencias operativas, falta de infraestructura, débil gobernanza y prácticas territoriales que perpetúan la disposición informal, a pesar del rechazo social existente. Esta combinación de factores afecta dimensiones críticas de la sostenibilidad, comprometiendo el equilibrio ecológico de la subcuenca del Hualtacal. Los

hallazgos ponen de manifiesto la necesidad de reorientar la gestión municipal a partir de un enfoque urbanístico integral que incorpore la planificación territorial, la participación comunitaria y el fortalecimiento institucional para mitigar los impactos actuales y promover un desarrollo sostenible a mediano y largo plazo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú por la oportunidad de desarrollar esta investigación, al equipo de investigación por su denodado esfuerzo y compromiso.

Author contributions: CRediT (Contributor Roles Taxonomy)

OVH = Oswaldo Velásquez-Hidalgo

GYT = Guisela Yábar-Torres

MVM = Manuel Villena-Mavila

JGA = Juan Gómez-Avalos

MCF= María Chirinos-Flores

JRF = Jennifer Rodríguez-Flores

ZQC = Zamira Quispe-Cusi

Conceptualization: OVH, GYT, MCF, JRF, ZQC

Data curation: JRF, ZQC, MCF

Formal analysis: GYT, JRF, MCF, ZQC

Funding acquisition: OVH, GYT, MVM, MCF

Investigation: GYT, JRF, ZQC, MCF

Methodology: JCGA, ZQC

Project administration: GYT

Resources: OVH, GYT, MVM

Software: JRF, JCGA

Supervision: OVH, GYT

Validation: OVH, GYT, MVM, JCGA

Visualization: JRF

Writing–original draft: OVH, GYT

Writing–review & editing: GYT, JRF, MCF, ZQC

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahmed, T., Kabir, G., & Ghosh, A. (2023). Municipal solid waste management and its link to SDGs: A systems perspective. *Sustainability Review, 3,* 45–60.

Ali, S. M., Anwar, S., & Majeed, F. (2024). Ineffective waste collection worsens public health and erodes trust in local government: A longitudinal study in urban Pakistan. *Scientific Reports, 14*, 12859.

Autoridad Nacional del Agua - ANA. (2023). *Diagnóstico de la calidad de los recursos hídricos superficiales en la unidad hidrográfica Chira–Piura*. Autoridad Nacional del Agua.

Borrelle, S. B., Ringma, J., Law, K. L., Monnahan, C. C., Lebreton, L., McGivern, A., Murphy, E., Jambeck, J., Leonard, G., Hilleary, M. A., Eriksen, M., Possingham, H. P., De Frond, H., Gerber, L. R., Polidoro, B., Tahir, A., Bernard, M., Mallos, N., Barnes, M., & Rochman, C. M. (2020). Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science, 369*(6510), 151–156.

Castro-Berrios, L.T. (2023). *Optimización de rutas para la recolección de los residuos sólidos domiciliarios utilizando herramientas SIG en la localidad de Huarín (2022)* [Tesis de licenciatura]. Universidad San Ignacio de Loyola.

Cervantes, L. (2022). Gestión de residuos sólidos urbanos y gobernanza ambiental en México. *Revista de Gestión Ambiental y Sostenibilidad, 11*, 45–58.

Chen, L., & Müller, N. (2023). The role of municipal environmental programs in driving sustainable community outcomes: Assessing recycling rates, organic waste diversion, citizen engagement, and landscape quality. *Sustainability, 15*, 14145.

Del Carmen-Niño, V., Herrera-Navarrete, R., Juárez-López, A. L., Sampedro-Rosas, M. L., & Reyes-Umaña, M. (2023). Municipal solid waste collection: Challenges, strategies and perspectives in the optimization of a municipal route in a southern Mexican town. *Sustainability, 15*, 1083.

Fernández, R. V., & Kovács, E. (2024). Citizen participation as a cornerstone of robust environmental governance: Measuring its role in building social cohesion and shared responsibility. *Journal of Environmental Management, 351*, 119845.

Ghisellini, P., Ulgiati, S., & Ripa, M. (2021). Circular economy transitions: A review. *Journal of Cleaner Production, 286*, 124–415.

Gutberlet, J., Carenzo, S., Kain, J.H., & de Azevedo, A.M.M. (2020). Waste picker organizations and their contribution to the circular economy: Two case studies from the Global South. *Environment and Urbanization, 32*, 841–858.

Iacoboaea, C., Damian, A., Nenciu, I., Aldea, M., Luca, O., Sercaianu, M., Neagu, A., & Rauta, E. (2025). Towards inclusive waste management in marginalized urban areas: An expert-guided framework and its pilot in Resita, Romania. *Sustainability*, *17*, 5070.

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET (2024). *Evaluación de zonas críticas por peligros geológicos ante Fenómeno El Niño 2023–2024 en el departamento de Piura* (Informe Técnico A7462). INGEMMET.

INEI. (2018). Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/

Izquierdo-Horna, L., & Camacho-Castañeda, D. (2022). Municipal solid waste generation: An exploratory analysis of consumption patterns in Peru. *WIT Transactions on Ecology and the Environment, 260*, 405–413.

Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050.* World Bank.

Kellert, S.R. (2018). *Naturaleza por diseño: La práctica del diseño biofílico*. Yale University Press.

Kirchherr, J., Pruyt, E., & Hekkert, M. (2023). Moving towards a circular economy: Transformative approaches and barriers. *Resources, Conservation and Recycling, 196*, 154–168.

Kurniawan, T. A., Othman, M., Sillanpää, M., Albadarin, A. B., & Gupta, V. K. (2022). Solid waste management and greenhouse gas emissions reduction strategies. *Journal of Environmental Management, 320*, 115–103

Leiva-Tafur, D., Rascón-Barrios, J., Corroto-de la Fuente, F., Goñas-Goñas, M., Gamarra-Torres, O. A., & Oliva-Cruz, S. M. (2024). Spatio-temporal evaluation of metals and metalloids in the water of high-Andean livestock micro-watersheds, Amazonas, Peru. *Heliyon, 10*, 33013.

Márquez, P., Cortez, J. L., & Sanguinetti, P. (2021). Challenges in municipal solid waste management: Evidence from the implementation of Peru's waste law. *Journal of Environmental Management, 299*, 113563.

Ministerio del Ambiente - MINAM. (2019). Guía para elaborar el plan provincial de gestión integral de residuos sólidos municipales. MINAM.

Ministerio del Ambiente - MINAM. (2016). *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016–2024.* MINAM.

Ministerio del Ambiente - MINAM. (2021). *Política Nacional del Ambiente al 2030*. MINAM.

Montoya, P. M. A. (2024). Un modelo de rutas para la recolección de residuos sólidos domiciliarios: Un caso de estudio. *Revista Metodologías Cuantitativas para la Economía y la Empresa, 32*, 1–20.

Organización de las Naciones Unidas - ONU. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. https://sdgs.un.org/2030agenda

Pérez-Sánchez, L. A., Gómez-Baggethun, E., & Ruiz-Mallén, I. (2023). A comprehensive review of methodologies for sustainability assessment of urban systems. *Sustainability, 15*, 11205.

Santos, P., Zhang, W., & Moreno, J. L. (2023). Integrated assessment of land use change impacts on multiple ecosystem services: Water quality, soil erosion, hydrological risk, biodiversity, and public health. *Science of The Total Environment, 856*, 158961.

United Nations Environment Programme - UNEP. (2024). *Global Waste Management Outlook 2024.* UNEP.

Vázquez-Rowe, I., & Pilar, G. (2020). Waste management in Peru: A systemic review of the literature and opportunities for a circular economy. *Waste Management and Research, 38*, 1–14.

Vélez-Azañero, A., Luque Sandoval, N., & Vílchez Aguilar, D. (2022). Residuos sólidos de la cuenca del río Lurín, Lima, Perú. *Ciencia Amazónica, 9*, 81–92.

Velis, C., & Brunner, P. (2021). A critique of the circular economy. *Waste Management, 120*, 2–12.

Received December 5, 2025.

Accepted December 20, 2025.