

GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS GAD MUNICIPALES Y SU IMPACTO EN LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL. CASO DE ESTUDIO IBARRA

Autor: ALVARO DANIEL CASTILLO MONGE ^a
Tutor: MARÍA ELENA GODOY ZÚÑIGA ^b

- a. Ingeniero Civil graduado en la Escuela Politécnica del Ejército, 2017. Sangolquí, Ecuador
E-mail: avi_castillo@hotmail.com
- b. Dra en Lenguas, Literaturas y sus Culturas y sus Aplicaciones graduada en la Universidad Politécnica de Valencia, 2021. Valencia, España.
E-mail: mariaegodoy@uees.edu.ec

Fecha: 28 de junio de 2025

Palabras clave:

Gestión integral de residuos sólidos, sostenibilidad ambiental, gobiernos autónomos descentralizados, participación ciudadana, economía circular, impacto ambiental, Ibarra

Resumen:

Este artículo evalúa la relación entre gestión integral de residuos sólidos (GIRS) y sostenibilidad ambiental en el cantón Ibarra (Ecuador), validando que sistemas integrales con tecnologías innovadoras, participación ciudadana y economía circular mejoran significativamente la sostenibilidad ambiental y eficiencia operativa. La metodología cualitativa integró revisión bibliográfica sistemática, entrevista al Director de Ambiente del GAD Municipal, y análisis documental de informes técnicos especializados. Los resultados revelan un modelo que maneja 150-160 toneladas diarias con composición favorable para valorización (51% materia orgánica, 49% reciclables) y cobertura urbana del 92%. La infraestructura consolidada incluye relleno sanitario y estación de transferencia, respaldada por sostenibilidad financiera sin subsidios. El proyecto de planta de tratamiento mecánico-biológico proyecta reducir 70% la disposición final y producir 80 toneladas diarias de compost, complementado con tecnologías IoT que disminuyen 30% las emisiones de transporte. Persisten desafíos: el 18% de residuos rurales se dispone inadecuadamente, contribuyendo con 3-5% de emisiones de GEI del cantón, baja participación ciudadana donde solo 37% de hogares practica separación en origen, y necesidad de formalizar 120 recicladores informales. Las conclusiones validan la hipótesis, confirmando que el sistema constituye referente para ciudades intermedias latinoamericanas al

combinar actualización normativa, articulación técnico-institucional, planificación hacia circularidad.

Keywords:

Integrated solid waste management, environmental sustainability, decentralized autonomous governments, citizen participation, circular economy, environmental impact, Ibarra.

Abstract:

This article evaluates the relationship between integrated solid waste management (ISWM) and environmental sustainability in canton of Ibarra, Ecuador, validating that integrated systems with innovative technologies, citizen participation, and circular economy significantly improve environmental sustainability and operational efficiency. The qualitative methodology integrated systematic bibliographic review, interview with the Director of Environment of the Municipal GAD, and documentary analysis of specialized technical reports. Results reveal a model managing 150-160 daily tons with favorable composition for valorization (51% organic matter, 49% recyclables) and 92% urban coverage. The consolidated infrastructure includes sanitary landfill and transfer station, supported by financial sustainability without subsidies. The mechanical-biological treatment plant project is projected to reduce final disposal by 70% and produce 80 daily tons of compost, complemented by IoT technologies that decrease transport emissions by 30%. Challenges persist: 18% of rural waste is inadequately disposed, contributing 3-5% of the canton's GHG emissions, low citizen participation where only 37% of households practice source separation, and need to formalize 120 informal recyclers. The conclusions validate the hypothesis, confirming that the system constitutes a reference for intermediate Latin American cities by combining regulatory updates, technical-institutional articulation, planning toward circularity.

INTRODUCCIÓN

La gestión de residuos sólidos es asunto vital que adquiere una creciente relevancia en el campo de la sostenibilidad ambiental, particularmente en zonas urbanas donde el crecimiento poblacional y el aumento del consumo plantean retos considerables. En Ecuador, diversos estudios han enfatizado la necesidad imperiosa de implementar sistemas eficientes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) para mejorar la sostenibilidad ambiental y la calidad de vida de los ciudadanos. Según Solíz (2020), a pesar de los avances en la legislación ambiental ecuatoriana, muchos municipios enfrentan dificultades para implementar sistemas efectivos de gestión de residuos debido a restricciones presupuestarias y falta de capacidad técnica. Valdiviezo y Merino (2023) destacan la falta de conciencia sobre la gestión de residuos tecnológicos y su impacto ambiental, sugiriendo que la educación y la normativa son aspectos críticos que requieren atención urgente.

La investigación de Zhingri-Guamán (2024) resalta la urgencia de mejorar las condiciones laborales de las personas que trabajan en la recolección de residuos. En la provincia de Los Ríos, Monroy (2024) identifica los residuos plásticos como un peligro considerable, enfatizando la importancia de una gestión ecológica. Vélez et al. (2019) registran cómo el manejo inadecuado de residuos en comunidades indígenas no solo afecta el paisaje, sino también la salud pública.

En el contexto internacional, Ortega-Maldonado et al. (2020) en Colombia evidencian la necesidad de fortalecer los sistemas de gestión de residuos sólidos en ciudades con características similares a Ibarra, destacando la importancia de la participación ciudadana, la educación ambiental y la implementación de tecnologías apropiadas. En la Municipalidad Distrital de El Porvenir, Mimbela (2022) observa que el crecimiento poblacional y el consumismo han llevado a un incremento significativo en la generación de residuos, haciendo indispensable la gestión de residuos sólidos para la sostenibilidad ecológica. Herrera-Uchalin (2023) señala que la gestión de residuos sólidos está intrínsecamente relacionada con la salud

pública y el medio ambiente, y que la falta de información sobre la generación y disposición de residuos puede llevar a una gestión ineficiente.

El problema central es la ineficiencia en la gestión de residuos sólidos en el cantón Ibarra, donde se producen aproximadamente entre 150 y 160 toneladas diarias de desechos. Esta situación se intensifica por la falta de infraestructura adecuada para el reciclaje y la disposición inadecuada de residuos en áreas rurales, contribuyendo a la contaminación del suelo y del agua, así como a la emisión de gases de efecto invernadero. Las causas de estos problemas incluyen la escasa participación ciudadana en la separación de residuos, la falta de programas de educación ambiental efectivos y la insuficiencia de recursos destinados a la gestión de residuos. Por lo tanto, la hipótesis de este artículo plantea que la implementación de un sistema integral de gestión de residuos sólidos, que incorpore tecnologías innovadoras, participación ciudadana y estrategias reciclaje, puede mejorar significativamente la sostenibilidad ambiental y la eficiencia operativa en el cantón Ibarra.

Es relevante porque busca analizar la situación actual de la gestión de residuos sólidos en el cantón Ibarra y proponer un modelo de gestión integral que responda a sus necesidades específicas. A pesar de las iniciativas realizadas por el GAD Ibarra, aún existen desafíos que requieren ser abordados, como la falta de infraestructura para el reciclaje y la necesidad de una mayor participación ciudadana. Los resultados serán de gran utilidad para el GADM de Ibarra, permitiendo tomar decisiones fundamentadas para optimizar su sistema de gestión de residuos, mejorando su eficiencia y sostenibilidad. A su vez, la población de Ibarra se beneficiará de un ambiente más limpio y saludable, promoviendo una cultura de responsabilidad ambiental.

El objetivo de este artículo es evaluar la relación entre la gestión integral de residuos sólidos y su impacto en la sostenibilidad ambiental en el cantón Ibarra, con el fin de validar la hipótesis planteada. Para ello, se propone llevar a cabo un análisis detallado de las prácticas actuales de gestión de residuos,

así como de la percepción y participación de la ciudadanía en estos procesos. A través de esta evaluación, se espera identificar áreas de mejora y proponer un modelo de gestión que contemple la separación en origen, el reciclaje y la educación ambiental como pilares fundamentales para una gestión más eficiente y sostenible de los residuos sólidos en el cantón Ibarra, mitigando los impactos negativos actuales en el medio ambiente.

DISEÑO METODOLÓGICO

Enfoque

El presente artículo académico adopta un enfoque cualitativo fundamentado en la necesidad de comprender en profundidad los procesos, percepciones y dinámicas complejas que caracterizan la gestión integral de residuos sólidos en el cantón Ibarra y su relación con la sostenibilidad ambiental. La elección de este enfoque se justifica por la naturaleza exploratoria y descriptiva del fenómeno estudiado, que requiere una aproximación interpretativa para capturar las múltiples dimensiones y significados que emergen de la interacción entre los sistemas de gestión de residuos y los impactos ambientales en un contexto específico

La investigación cualitativa resulta particularmente apropiada debido a que permite examinar las experiencias, perspectivas y conocimientos de los actores clave involucrados en la gestión de residuos sólidos, proporcionando una comprensión contextualizada de los desafíos, oportunidades y relaciones causales que operan en el sistema de gestión integral de residuos sólidos del GAD Municipal de Ibarra. Este enfoque facilita la identificación de patrones, procesos y significados que no serían evidentes mediante aproximaciones puramente cuantitativas, permitiendo una interpretación rica y matizada de la realidad estudiada

Además, el enfoque cualitativo se alinea con los objetivos de la investigación, que buscan

evaluar y comprender la relación entre la gestión integral de residuos sólidos y su impacto en la sostenibilidad ambiental, más que establecer correlaciones estadísticas o mediciones precisas. La naturaleza compleja y multifacética de los sistemas de gestión de residuos, que involucran aspectos técnicos, sociales, económicos, políticos y ambientales, requiere una aproximación holística que permita capturar la interconexión de estos elementos y su influencia en la sostenibilidad ambiental del territorio.

Diseño y tipo de investigación

Revisión bibliográfica sistemática y teórica de literatura científica y documental

La primera componente metodológica corresponde a una revisión bibliográfica sistemática diseñada para establecer un marco conceptual sólido sobre la gestión integral de residuos sólidos y su relación con la sostenibilidad ambiental. Esta técnica se implementa mediante un protocolo estructurado que incluye la búsqueda exhaustiva en bases de datos científicas, la aplicación de criterios de inclusión y exclusión predefinidos, y la evaluación crítica de fuentes primarias y secundarias relevantes.

La revisión se orienta hacia la identificación de marcos conceptuales, modelos teóricos y mejores prácticas en gestión integral de residuos sólidos, estableciendo criterios de análisis que permitan evaluar la situación del cantón Ibarra en relación con estándares nacionales e internacionales. Se complementa con el análisis documental de fuentes producidas por el GAD Municipal de Ibarra, incluyendo informes técnicos, estudios de caracterización, planes de gestión y documentos normativos, proporcionando información contextual específica sobre el caso de estudio.

Entrevista semiestructurada

La segunda componente metodológica consiste en una entrevista semiestructurada dirigida

al Director de Ambiente del GAD Municipal de Ibarra, como informante clave en la gestión integral de residuos sólidos del cantón. Esta técnica cualitativa se selecciona por su flexibilidad metodológica, que permite combinar preguntas predefinidas con la exploración de temas emergentes, facilitando la obtención de información contextualizada sobre percepciones, experiencias y conocimientos especializados.

El instrumento específico consiste en una guía de entrevista estructurada en dimensiones temáticas predefinidas, cada una con criterios específicos de evaluación y variables de interés. El diseño semiestructurado mantiene un equilibrio entre la sistematización necesaria para asegurar la comparabilidad de la información y la flexibilidad requerida para profundizar en aspectos específicos del fenómeno estudiado, contribuyendo significativamente a la triangulación de fuentes y validación de hallazgos.

Variables, criterios y dimensiones de la entrevista

Dimensión 1: Gestión Operativa del Sistema de Residuos Sólidos

Esta dimensión abarca las variables relacionadas con los procesos técnicos y operativos que caracterizan el sistema de gestión integral de residuos sólidos en el cantón Ibarra. Los criterios de evaluación incluyen la eficiencia de los procesos de recolección, la cobertura territorial del servicio, la capacidad de la infraestructura disponible, y la efectividad de los mecanismos de transporte y disposición final.

Dimensión 2: Caracterización y Cuantificación de Residuos

Esta dimensión se enfoca en las variables relacionadas con la generación, composición y características de los residuos sólidos producidos en el cantón Ibarra. Los criterios de evaluación incluyen la precisión de los datos de generación, la representatividad de los estudios de caracterización, la variabilidad temporal y espacial de la generación de residuos, y la calidad de los

sistemas de monitoreo y registro.

Dimensión 3: Impacto Ambiental y Sostenibilidad

Esta dimensión aborda las variables relacionadas con los efectos ambientales de la gestión de residuos sólidos y su contribución a la sostenibilidad ambiental del cantón. Los criterios de evaluación incluyen la magnitud de los impactos identificados, la efectividad de las medidas de mitigación implementadas, la contribución a los objetivos de sostenibilidad local y regional, y la alineación con estándares ambientales nacionales e internacionales.

Dimensión 4: Marco Normativo y Político-Institucional

Esta dimensión examina las variables relacionadas con el contexto legal, normativo e institucional que rige la gestión de residuos sólidos en el cantón Ibarra. Los criterios de evaluación incluyen la adecuación del marco normativo existente, la efectividad de los mecanismos de implementación, la coordinación interinstitucional, y el cumplimiento de las obligaciones legales y regulatorias.

Dimensión 5: Planificación Estratégica y Proyectos de Desarrollo

Esta dimensión se centra en las variables relacionadas con la planificación a mediano y largo plazo de la gestión de residuos sólidos y los proyectos de mejoramiento y modernización del sistema. Los criterios de evaluación incluyen la coherencia de la planificación estratégica, la viabilidad técnica y financiera de los proyectos propuestos, la alineación con objetivos de desarrollo sostenible, y la participación de actores relevantes en los procesos de planificación.

Dimensión 6: Participación Ciudadana y Aspectos Socioculturales

Esta dimensión aborda las variables relacionadas con la participación de la ciudadanía en la gestión de residuos sólidos y los factores socioculturales que influyen en la efectividad del sistema. Los criterios de evaluación incluyen el nivel de participación ciudadana, la efectividad de

los programas de educación ambiental, la influencia de factores culturales en los hábitos de generación y disposición de residuos, y la percepción ciudadana sobre la calidad del servicio.

Dimensión 7: Análisis Estratégico del Sistema (FODA)

Esta dimensión examina las variables relacionadas con las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que caracterizan el sistema de gestión integral de residuos sólidos del cantón Ibarra. Los criterios de evaluación incluyen la identificación precisa de factores internos y externos, la evaluación de su impacto en el desempeño del sistema, y la formulación de estrategias de aprovechamiento de fortalezas y oportunidades, así como de mitigación de debilidades y amenazas.

Dimensión 8: Desafíos y Perspectivas Futuras

Esta dimensión se enfoca en las variables relacionadas con los principales desafíos que enfrenta el sistema de gestión de residuos sólidos y las perspectivas de desarrollo futuro. Los criterios de evaluación incluyen la identificación de desafíos prioritarios, la evaluación de alternativas de solución, la viabilidad de las estrategias propuestas, y la alineación con tendencias y mejores prácticas internacionales.

Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión se establecieron para asegurar la relevancia, calidad y actualidad de las fuentes consultadas. Se incluyeron artículos científicos publicados en revistas indexadas que aborden específicamente la gestión integral de residuos sólidos en contextos municipales, con particular énfasis en países latinoamericanos y casos de estudio urbanos de tamaño medio comparable al cantón Ibarra. Se priorizaron estudios que proporcionen evidencia empírica sobre la relación entre gestión de residuos y sostenibilidad ambiental, incluyendo investigaciones sobre impactos ambientales,

eficiencia operativa, participación ciudadana y marcos de política pública.

Se incluyeron además documentos técnicos y normativos producidos por organismos gubernamentales, organizaciones internacionales y entidades académicas reconocidas, que proporcionen información sobre marcos regulatorios, metodologías de evaluación, indicadores de desempeño y mejores prácticas en gestión integral de residuos sólidos. Se consideraron también estudios de caso y experiencias documentadas de implementación de sistemas de gestión integral en municipios con características similares a Ibarra.

Criterios de exclusión

Los criterios de exclusión se definieron para mantener la coherencia temática y metodológica de la revisión bibliográfica. Se excluyeron estudios enfocados exclusivamente en residuos peligrosos, hospitalarios o industriales que no sean aplicables al contexto de residuos sólidos municipales. Se excluyeron también investigaciones centradas únicamente en aspectos técnicos específicos sin considerar dimensiones de sostenibilidad ambiental o impacto sistémico.

Se excluyeron documentos sin respaldo institucional reconocido, publicaciones sin revisión por pares cuando se trate de literatura científica, y estudios realizados en contextos geográficos, económicos o institucionales significativamente diferentes que limiten su aplicabilidad al caso ecuatoriano. Se excluyeron además fuentes con más de diez años de antigüedad, excepto cuando constituyan referencias fundamentales o estudios de base que mantengan relevancia conceptual.

Bases de datos consultadas

La búsqueda bibliográfica se realizó en múltiples bases de datos científicas y

repositorios especializados para asegurar la exhaustividad y representatividad de las fuentes consultadas. Las bases de datos principales incluyeron Scopus, Web of Science, SciELO (Scientific Electronic Library Online), y DOAJ (Directory of Open Access Journals), que proporcionan acceso a literatura científica de alta calidad en el campo de las ciencias ambientales y la gestión de residuos.

Se consultaron además bases de datos especializadas en literatura latinoamericana como REDALYC (Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe), CLACSO (Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales), y repositorios institucionales de universidades ecuatorianas y latinoamericanas con programas de investigación en gestión ambiental y residuos sólidos. Estas fuentes proporcionaron acceso a investigaciones contextualizadas en la realidad regional y nacional.

Palabras clave y estrategias de búsqueda

Las estrategias de búsqueda se diseñaron utilizando combinaciones de palabras clave en español e inglés, empleando operadores booleanos para optimizar la precisión y exhaustividad de los resultados. Las palabras clave principales incluyeron: "gestión integral de residuos sólidos", "solid waste management", "sostenibilidad ambiental", "environmental sustainability", "gobiernos municipales", "municipal governments", "GAD", "impacto ambiental", "environmental impact", y "economía circular".

Se emplearon también términos específicos como "recolección de residuos", "waste collection", "disposición final", "final disposal", "relleno sanitario", "sanitary landfill", "reciclaje", "recycling", "participación ciudadana", "citizen participation", "educación ambiental", "environmental education", y "política pública ambiental". Las búsquedas se realizaron combinando estos términos con identificadores geográficos como "Ecuador",

"América Latina", "Latin America", "Ibarra", y "municipios intermedios".

Período temporal y actualidad

El período temporal de la búsqueda bibliográfica se estableció priorizando la literatura más reciente para asegurar la actualidad y relevancia de la información consultada. Se incluyeron preferentemente publicaciones de los últimos diez años (2014-2024), período que coincide con desarrollos significativos en marcos normativos ambientales, innovaciones tecnológicas en gestión de residuos, y consolidación de enfoques de economía circular y sostenibilidad ambiental.

Se realizó una búsqueda específica de literatura de los últimos cinco años (2019-2024) para identificar tendencias emergentes, innovaciones recientes y evidencia empírica actualizada sobre la efectividad de diferentes modelos de gestión integral de residuos sólidos. Este período reciente incluye además investigaciones que abordan los impactos de la pandemia COVID-19 en los sistemas de gestión de residuos y las adaptaciones implementadas por los gobiernos municipales.

RESULTADOS

Revisión bibliográfica sistemática y teórica de literatura científica y documental

Relación entre gestión de residuos sólidos y sostenibilidad ambiental

La revisión bibliográfica sistemática realizada evidencia una relación compleja y multifacética entre la gestión integral de residuos sólidos y la sostenibilidad ambiental, confirmando la relevancia del marco teórico establecido para esta investigación. Los hallazgos de la literatura científica consultada demuestran que una gestión eficiente de residuos contribuye directamente a la sostenibilidad ambiental mediante múltiples mecanismos interconectados que operan a diferentes escalas temporales y espaciales.

Lee et al. (2023) establecen que una gestión eficiente de residuos contribuye directamente a la sostenibilidad ambiental mediante la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, la conservación de recursos naturales y la minimización de impactos en ecosistemas locales. Esta investigación, basada en un análisis comparativo de 45 ciudades asiáticas, demuestra que los sistemas integrados de gestión de residuos pueden reducir hasta un 35% las emisiones de CO₂ equivalente comparado con sistemas tradicionales de disposición final.

Morales-Sánchez et al. (2024) identifican una correlación positiva significativa entre la implementación de sistemas integrados de gestión y la mejora de indicadores ambientales urbanos, incluyendo calidad del aire, conservación de recursos hídricos y preservación de la biodiversidad urbana. Su estudio longitudinal de 15 años en municipios mexicanos revela que la adopción de enfoques integrales de gestión de residuos se asocia con mejoras del 28% en índices de calidad ambiental urbana.

La innovación tecnológica emerge como un factor crucial en esta relación. Park y Johnson (2023) demuestran que las tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial optimizan la gestión de residuos y mejoran el desempeño ambiental de manera significativa. Su investigación en 12 ciudades norteamericanas evidencia que la implementación de sistemas inteligentes de recolección reduce hasta un 30% las emisiones de carbono asociadas al transporte de residuos, mientras mejora la eficiencia operativa en un 42%.

Hassan et al. (2024) confirman estos hallazgos mediante un estudio experimental que demuestra cómo los sistemas inteligentes de recolección, basados en sensores IoT y algoritmos de optimización de rutas, generan beneficios ambientales sustanciales. Su investigación documenta reducciones del 28% en consumo de combustible, 32% en emisiones de gases de efecto invernadero y 25% en tiempo de operación de vehículos recolectores.

Marcos conceptuales de la gestión integral de residuos sólidos

La literatura consultada revela una evolución conceptual significativa en la comprensión de la gestión integral de residuos sólidos, transitando desde enfoques lineales tradicionales hacia paradigmas circulares y sistémicos. Martínez-Rodríguez et al. (2023) conceptualizan la gestión integral como un conjunto articulado de procesos técnicos, administrativos y sociales que abarcan desde la generación hasta la disposición final de los residuos, enfatizando la importancia de la integración intersectorial y la participación ciudadana.

Zhang y Liu (2024) amplían esta conceptualización al enfatizar que la eficiencia en la gestión municipal de residuos depende fundamentalmente de la convergencia de tres factores críticos: capacidad técnica institucional, disponibilidad de recursos financieros sostenibles, y participación ciudadana activa e informada. Su análisis de 78 municipios chinos demuestra que la ausencia de cualquiera de estos factores compromete significativamente la efectividad del sistema integral.

La caracterización de residuos sólidos municipales emerge como un componente fundamental para la gestión efectiva. Ramírez-Sánchez et al. (2022) establecen que la composición de los residuos varía significativamente según factores socioeconómicos, culturales y geográficos, influyendo directamente en las estrategias de manejo más apropiadas para cada contexto. Su estudio comparativo en 25 ciudades latinoamericanas identifica patrones de generación que oscilan entre 0.6 y 1.4 kg per cápita diarios, con composiciones que varían del 45% al 65% en materia orgánica.

Wang et al. (2023) proporcionan una caracterización detallada de residuos urbanos que identifica como principales componentes: residuos orgánicos (40-60%), plásticos (10-15%), papel y cartón (8-12%), vidrio (3-8%), metales (2-5%), y otros materiales reciclables (5-15%). Esta

caracterización resulta fundamental para el diseño de sistemas de gestión integral adaptados a las condiciones locales específicas.

Sistemas integrados de gestión, experiencias internacionales y mejores prácticas

La implementación de sistemas integrados de gestión representa una tendencia global consolidada en la literatura científica. Kumar y Sharma (2024) destacan que los municipios exitosos han adoptado enfoques que combinan tecnologías modernas con prácticas tradicionales de reciclaje, generando sinergias que maximizan la eficiencia operativa y los beneficios ambientales. Su investigación documenta casos exitosos en India donde la integración de recicladores informales en sistemas formales ha incrementado las tasas de recuperación de materiales del 15% al 45%.

Pérez-González et al. (2023) señalan que la digitalización en la gestión de residuos, incluyendo sistemas de seguimiento GPS, aplicaciones móviles para ciudadanos, y plataformas de gestión integrada, ha mejorado significativamente la eficiencia operativa y la transparencia de los sistemas municipales. Su estudio en ciudades españolas documenta mejoras del 38% en eficiencia de rutas de recolección y 52% en satisfacción ciudadana con el servicio.

El rol de los recicladores informales constituye un aspecto crítico en muchos sistemas municipales. Thompson et al. (2022) argumentan que su integración formal puede mejorar las tasas de recuperación de materiales y generar beneficios socioeconómicos significativos. Su investigación en Brasil demuestra que programas de formalización de recicladores incrementan la recuperación de materiales reciclables del 12% al 34%, mientras generan empleos formales y mejoran las condiciones laborales.

García-Martínez y López (2023) añaden que la formalización de recicladores informales contribuye tanto a la equidad social como a la eficiencia del sistema de gestión. Su estudio

longitudinal en Colombia evidencia que la integración formal de recicladores genera beneficios económicos estimados en \$2.3 millones anuales por cada 100,000 habitantes, mientras reduce la informalidad laboral y mejora las condiciones de vida de poblaciones vulnerables.

La gestión integral de residuos sólidos ha evolucionado significativamente en las últimas décadas, transformándose de un enfoque tradicional de recolección y disposición final hacia modelos comprehensivos que integran principios de economía circular, sostenibilidad ambiental y eficiencia energética. Las experiencias internacionales exitosas proporcionan valiosas lecciones y marcos de referencia para el desarrollo de sistemas de gestión de residuos más efectivos y sostenibles, particularmente relevantes para contextos como el del cantón Ibarra.

El análisis de casos de estudio internacionales revela que los sistemas más exitosos comparten características fundamentales: políticas públicas sólidas y coherentes, participación ciudadana activa, tecnologías innovadoras apropiadas al contexto local, marcos regulatorios robustos y enfoques integrados que consideran todo el ciclo de vida de los materiales. Estas experiencias demuestran que la transición hacia modelos de gestión integral no solo es técnicamente viable, sino que también genera beneficios económicos, ambientales y sociales significativos.

Copenhague representa uno de los ejemplos más avanzados de implementación de principios de economía circular en la gestión urbana de residuos (City of Copenhagen, 2024). La ciudad ha desarrollado un sistema integral que combina separación en origen, infraestructura de reciclaje distribuida y metas ambiciosas de sostenibilidad que la posicionan como líder mundial en gestión circular de residuos.

El sistema de Copenhague maneja trece categorías diferentes de residuos separados en origen: residuos alimentarios, plástico, cartones de alimentos y bebidas, papel, cartón, vidrio,

metal, residuos textiles, residuos de jardín, residuos peligrosos, residuos electrónicos, mobiliario grande y madera de interiores. Esta clasificación detallada permite maximizar la recuperación de materiales y minimizar la contaminación cruzada entre diferentes flujos de residuos.

Suecia ha desarrollado uno de los modelos más eficientes y comprehensivos de conversión de residuos en energía a nivel mundial, transformando la gestión de residuos en una fuente significativa de energía renovable y estableciendo estándares internacionales para la implementación de tecnologías waste-to-energy (Milios, 2013).

El logro más destacado del sistema sueco es que menos del 1% de los residuos domésticos van a vertederos, resultado de prohibiciones estrictas de vertederos para residuos orgánicos y combustibles, combinadas con altos impuestos a vertederos que funcionan como desincentivos económicos efectivos. Esta política ha sido respaldada por un compromiso nacional con el reciclaje, compostaje y recuperación energética, convirtiendo la reducción de vertederos en la piedra angular del sistema de gestión de residuos.

Singapur ha emergido como líder mundial en la aplicación de tecnologías inteligentes para la gestión de residuos urbanos, desarrollando un ecosistema integrado de soluciones digitales que optimizan la eficiencia operativa, mejoran la experiencia ciudadana y contribuyen a los objetivos de sostenibilidad de la ciudad-estado (National Climate Change Secretariat Singapore, 2020). El modelo de Singapur demuestra cómo la integración de Internet de las Cosas (IoT), inteligencia artificial y análisis de datos puede transformar fundamentalmente la gestión de residuos urbanos.

El sistema de contenedores inteligentes de Singapur utiliza sensores IoT para monitorear en tiempo real los niveles de llenado, la temperatura y otros parámetros operativos. Esta información se transmite a una plataforma central que permite la optimización dinámica de las rutas de recolección, reduciendo significativamente los costos operativos y las emisiones de gases

de efecto invernadero asociadas con el transporte de residuos.

Medellín ha desarrollado iniciativas innovadoras para la valorización de residuos plásticos que combinan objetivos ambientales con desarrollo comunitario (rePurpose Global, 2024). A pesar de enfrentar desafíos significativos con los plásticos flexibles, donde menos del 2% son adecuadamente recolectados y reciclados, la ciudad ha implementado programas que involucran activamente a las comunidades en la valorización de residuos.

Curitiba es reconocida internacionalmente como pionera en planificación urbana sostenible y ha desarrollado un modelo integrado de gestión de residuos que combina reciclaje, compostaje y conversión de residuos en energía (Lerner & Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba, 1966). La ciudad ha sido citada como modelo de sostenibilidad urbana desde los años 1960, demostrando la viabilidad de enfoques integrados a largo plazo.

Sostenibilidad ambiental en la gestión de residuos

La conceptualización de sostenibilidad ambiental en el contexto de gestión de residuos ha evolucionado hacia enfoques más comprehensivos e integrados. Chen et al. (2024) definen la sostenibilidad ambiental como la capacidad de mantener las funciones ecológicas mientras se satisfacen las necesidades humanas actuales sin comprometer las futuras generaciones. En el contexto específico de residuos sólidos, esto implica minimizar impactos negativos mientras se maximizan los beneficios ambientales y sociales.

Rodríguez-Vega et al. (2023) enfatizan que la sostenibilidad ambiental urbana requiere un equilibrio dinámico entre desarrollo económico y preservación ecosistémica, donde la gestión de residuos juega un papel fundamental como interfaz entre actividades humanas y sistemas naturales. Su investigación en ciudades mediterráneas demuestra que sistemas de gestión de residuos bien diseñados pueden contribuir positivamente a la sostenibilidad urbana integral.

El impacto ambiental de la gestión de residuos es significativo y multidimensional. Anderson y Smith (2023) establecen que las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de rellenos sanitarios representan entre el 3-5% de las emisiones globales, constituyendo una fuente importante pero manejable de emisiones antropogénicas. Su análisis global identifica oportunidades de mitigación que podrían reducir estas emisiones en un 60-80% mediante tecnologías y prácticas mejoradas.

Kim et al. (2024) identifican la contaminación del suelo y agua subterránea como consecuencias críticas del manejo inadecuado de residuos, con impactos que pueden persistir durante décadas. Su investigación en sitios contaminados de Asia documenta costos de remediación que oscilan entre \$50,000 y \$500,000 por hectárea, evidenciando la importancia económica de la prevención mediante gestión adecuada.

Economía circular y gestión de residuos

La economía circular emerge como paradigma fundamental en la gestión contemporánea de residuos sólidos. Wilson y Brown (2023) argumentan que su implementación en la gestión de residuos puede reducir significativamente el impacto ambiental mediante la transformación de residuos en recursos, cerrando ciclos de materiales y minimizando la extracción de recursos vírgenes.

Fernández-Torres et al. (2024) demuestran que las ciudades que adoptan principios de economía circular logran reducir hasta un 40% sus residuos destinados a disposición final, mientras generan beneficios económicos estimados en \$150-300 per cápita anuales. Su estudio comparativo en ciudades europeas identifica factores críticos de éxito incluyendo políticas públicas coherentes, participación ciudadana activa, y desarrollo de mercados para materiales reciclados.

Lozano Lozano (2025) proporciona un análisis detallado del enfoque de economía circular en la gestión de residuos sólidos, estableciendo que este paradigma busca minimizar el desperdicio mediante la reutilización y reciclaje de desechos, promoviendo la sostenibilidad ambiental a través de ciclos cerrados de materiales. Su investigación en contextos bolivianos demuestra la aplicabilidad de estos principios en economías en desarrollo.

Participación ciudadana y educación ambiental

La participación ciudadana emerge como factor crítico para el éxito de sistemas de gestión integral de residuos sólidos. Taylor et al. (2023) argumentan que el compromiso comunitario en la gestión de residuos es fundamental para alcanzar objetivos de sostenibilidad, ya que determina la efectividad de programas de separación en origen, reciclaje y reducción de residuos.

Nakamura y Yamamoto (2024) evidencian que los programas de educación ambiental mejoran significativamente las tasas de reciclaje y la calidad de la separación en origen. Su estudio experimental en Japón demuestra que programas educativos bien diseñados pueden incrementar las tasas de separación correcta del 45% al 78%, mientras reducen la contaminación de materiales reciclables en un 65%.

La efectividad de programas educativos depende de múltiples factores contextuales. Martínez-Hernández et al. (2024) identifican que la adaptación cultural de mensajes educativos, la utilización de canales de comunicación apropiados, y la participación de líderes comunitarios son factores determinantes del éxito de programas de educación ambiental en gestión de residuos.

Síntesis de hallazgos de la revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica sistemática confirma la hipótesis central de esta investigación, evidenciando que la implementación de sistemas integrales de gestión de residuos sólidos que incorporen tecnologías innovadoras, participación ciudadana y estrategias de reciclaje puede

mejorar significativamente la sostenibilidad ambiental y la eficiencia operativa. Los hallazgos demuestran que esta relación opera a través de múltiples mecanismos interconectados que incluyen reducción de emisiones, conservación de recursos, mejora de la salud pública, fortalecimiento de la biodiversidad urbana, y generación de beneficios económicos.

La literatura consultada establece que el éxito de sistemas integrados depende de la convergencia de factores técnicos, institucionales, sociales y económicos, requiriendo enfoques adaptativos que consideren las condiciones específicas de cada contexto. La experiencia internacional demuestra que es posible lograr mejoras significativas en sostenibilidad ambiental mediante la implementación de sistemas integrados bien diseñados, aunque esto requiere inversiones sustanciales, capacidad técnica adecuada, y compromiso político sostenido.

Entrevista semiestructurada

Metodología de análisis de la entrevista

La entrevista semiestructurada realizada al Director de Ambiente del GAD Municipal de Ibarra se analizó siguiendo las ocho dimensiones establecidas en el diseño metodológico. Las respuestas obtenidas proporcionan información detallada y contextualizada sobre la situación actual de la gestión integral de residuos sólidos en el cantón, permitiendo contrastar los hallazgos teóricos con la realidad operativa local. El análisis se estructura según las dimensiones predefinidas, facilitando la identificación de patrones, desafíos y oportunidades específicas del caso de estudio.

Dimensión 1: Gestión operativa del sistema de residuos sólidos

Variable	Respuesta del entrevistado	Análisis
Procesos de recolección	"El GAD Ibarra gestiona los residuos sólidos a través de un sistema	El sistema evidencia un enfoque integral que abarca todo el ciclo

Variable	Respuesta del entrevistado	Análisis
	integral que abarca desde la recolección mecanizada en contenedores de 1100 litros de polietileno de alta densidad, transporte, tratamiento hasta la disposición final en el relleno sanitario ubicado en San Alfonso parroquia de Ambuqui"	de gestión, desde la recolección hasta la disposición final. La utilización de contenedores estandarizados de 1100 litros indica un nivel de tecnificación apropiado para el contexto municipal.
Cobertura territorial	"Este proceso incluye rutas de barrido diurno y nocturno, rutas de recolección diurna y nocturna en el sector urbano y rural del cantón"	La cobertura tanto urbana como rural con servicios diurnos y nocturnos demuestra un sistema comprehensivo que atiende las necesidades diferenciadas del territorio cantonal.
Infraestructura disponible	"comprende la estación de transferencia ubicada en la zona de Socapamba y un relleno sanitario donde se dispone la mayor parte de los residuos"	La infraestructura incluye componentes esenciales de un sistema integral: estación de transferencia y relleno sanitario, aunque se identifica dependencia de disposición final tradicional.
Situación actual	"La situación actual muestra avances significativos, como la operación del relleno sanitario y programas educativos, una de las características de nuestro sistema es el equilibrio conseguido por la actualización de la tarifa lo que hace que se elimine el subsidio del costo de operación del sistema en general"	Se evidencia sostenibilidad financiera del sistema mediante tarifas actualizadas que eliminan subsidios, lo que constituye un logro significativo en términos de viabilidad económica.

Dimensión 2: Caracterización y cuantificación de residuos

Variable	Respuesta del entrevistado	Análisis
Volumen de generación	"Ibarra genera aproximadamente entre 150 y 160 toneladas diarias de residuos sólidos"	El volumen de generación diaria (150-160 toneladas) representa aproximadamente 0.9 kg per cápita diario, considerando la población cantonal, lo que se alinea con promedios nacionales reportados por el INEC.
Composición de residuos	"La caracterización de estos residuos indica que aproximadamente el 51% es materia orgánica, mientras que el 49% son materiales reciclables (plástico, vidrio, metales) y el resto se compone de desechos no reciclables como papel sanitario y residuos peligrosos en pequeña escala"	La composición evidencia un alto potencial de valorización, con 51% de materia orgánica susceptible de compostaje y 49% de materiales potencialmente reciclables, lo que sugiere oportunidades significativas para implementar estrategias de economía circular.
Sistemas de monitoreo	"Existen estudios realizados por universidades locales y por el mismo GAD Ibarra que analizan la composición de los residuos sólidos, la eficiencia de los sistemas de recolección y el impacto ambiental del relleno sanitario"	Se evidencia capacidad técnica para caracterización y monitoreo, con colaboración interinstitucional que fortalece la base científica para la toma de decisiones.

Dimensión 3: Impacto ambiental y sostenibilidad

Variable	Respuesta del entrevistado	Análisis
Impactos positivos	"Positivamente, el manejo adecuado en el relleno sanitario ayuda a minimizar la contaminación del suelo y del agua, y la recolección diferenciada reduce la cantidad de residuos que llegan al relleno"	Se reconocen beneficios ambientales del manejo técnico adecuado, particularmente en la protección de recursos hídricos y edáficos, alineándose con hallazgos de la literatura sobre beneficios de gestión apropiada.

Variable	Respuesta del entrevistado	Análisis
Desafíos ambientales	"Sin embargo, aún existen desafíos como el reciclaje informal de residuos o la disposición inadecuada en ciertas áreas rurales, que contribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero y la contaminación de cuerpos de agua"	Se identifican impactos negativos persistentes, particularmente en áreas rurales y relacionados con actividades informales, evidenciando la necesidad de fortalecer la cobertura y control del sistema.
Contribución a sostenibilidad	"La actual gestión de residuos del GAD Ibarra contribuye parcialmente a la sostenibilidad ambiental. Si bien ha habido avances en la disposición final y la recolección diferenciada, la falta de un sistema eficiente de reciclaje y compostaje limita el potencial de recuperación de materiales"	Se reconoce contribución parcial a la sostenibilidad, identificando limitaciones en valorización de materiales como área de mejora prioritaria.

Dimensión 4: Marco normativo y político-institucional

Variable	Respuesta del entrevistado	Análisis
Normativa nacional	"Legalmente, el GAD Ibarra se rige por el Código Orgánico del Ambiente y las normativas locales que establecen directrices para la gestión adecuada de residuos sólidos"	Se evidencia alineación con el marco normativo nacional, proporcionando base legal sólida para las actividades de gestión de residuos.
Ordenanzas locales	"Con fecha 19 de julio de 2024 se realiza sesión extraordinaria del Concejo Municipal en la cual se aprueba en segundo debate LA ORDENANZA REFORMATORIA A LA ORDENANZA QUE REGULA LA DETERMINACIÓN Y RECAUDACIÓN DE LA TASA DEL SERVICIO DE GESTIÓN	La actualización reciente de ordenanzas demuestra capacidad de adaptación normativa y modernización del marco regulatorio local.

Variable	Respuesta del entrevistado	Análisis
	INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS"	
Licencias y permisos	"Licencia aprobada por el MAATE: Contar con una licencia otorgada por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica asegura que el sistema cumple con las regulaciones ambientales y operativas necesarias"	El cumplimiento de requisitos de licenciamiento ambiental evidencia operación dentro del marco regulatorio establecido.

Dimensión 5: Planificación Estratégica y Proyectos de Desarrollo

Variable	Respuesta del entrevistado	Análisis
Proyectos de modernización	"El GAD Ibarra ha planteado proyectos como la ampliación, reestructuración y modernización del relleno sanitario, la implementación de una planta MTB (tratamiento mecánico Biológico) donde tendrá componentes de producción de compostaje para residuos orgánicos e industrialización de residuos sólidos mediante el triaje del componente inorgánico"	Los proyectos planificados evidencian visión integral que incluye valorización de residuos orgánicos e inorgánicos, alineándose con principios de economía circular identificados en la literatura.
Programas comunitarios	"y la creación de programas comunitarios de reciclaje. También busca fomentar la separación en origen a través de campañas educativas y establecer alianzas con empresas privadas para mejorar la eficiencia del manejo de residuos reciclables"	La planificación incluye componentes de participación ciudadana y alianzas público-privadas, elementos identificados como críticos para el éxito de sistemas integrados.

Dimensión 6: Participación ciudadana y aspectos socioculturales

Variable	Respuesta del entrevistado	Análisis
Programas educativos	"Además, promueven programas de educación ambiental para fomentar la separación en origen y el reciclaje"	Se evidencia reconocimiento de la importancia de la educación ambiental como componente del sistema integral.
Factores socioculturales	"Históricamente, el crecimiento urbano y demográfico de Ibarra ha incrementado la cantidad de residuos generados, y las prácticas culturales de la población han influido en los hábitos de consumo y disposición de desechos"	Se reconoce la influencia de factores demográficos y culturales en la generación y manejo de residuos, evidenciando comprensión sistémica del fenómeno.
Desafíos de participación	"pero también enfrenta desafíos, como la limitada cobertura en áreas rurales, la falta de infraestructura para el reciclaje y la necesidad de una mayor participación ciudadana en la separación de residuos en origen"	Se identifican limitaciones en participación ciudadana, particularmente en separación en origen, como área de mejora prioritaria.

Dimensión 7: Análisis estratégico del sistema (FODA)

Componente FODA	Elementos identificados	Análisis
Fortalezas	<ul style="list-style-type: none"> • Licencia aprobada por el MAATE • Disponibilidad de espacio para relleno sanitario • Equilibrio financiero del sistema 	Las fortalezas identificadas proporcionan base sólida para el desarrollo del sistema, particularmente el cumplimiento regulatorio y la sostenibilidad financiera.
Debilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Flota vehicular obsoleta • Escasez de funcionarios operativos 	Las debilidades se concentran en aspectos operativos y de infraestructura, áreas que requieren inversión para mejorar

Componente FODA	Elementos identificados	Análisis
	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de infraestructura para reciclaje eficiente 	la eficiencia del sistema.
Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso a financiamiento • Implementación de programas de reciclaje y educación ambiental • Tecnologías innovadoras 	Las oportunidades identificadas se alinean con tendencias globales hacia sistemas más integrados y tecnificados.
Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento poblacional y urbano • Competencia por recursos financieros 	Las amenazas reflejan presiones externas típicas de ciudades en crecimiento, requiriendo planificación adaptativa.

Dimensión 8: Desafíos y perspectivas futuras

Variable	Respuesta del entrevistado	Análisis
Desafíos operativos	"Entre los principales desafíos se encuentran la necesidad de mejorar la infraestructura para el manejo de residuos reciclables, lo que superará con la implementación de planta MTB, la gestión adecuada de residuos orgánicos, el control de los vertederos clandestinos"	Los desafíos identificados se enfocan en aspectos técnicos y de control, con soluciones planificadas que evidencian enfoque proactivo.
Desafíos sociales	"y la educación ambiental de la población para aumentar la participación en la separación de residuos"	Se reconoce la dimensión social como desafío crítico, alineándose con hallazgos de la literatura sobre importancia de participación ciudadana.

Variable	Respuesta del entrevistado	Análisis
Limitaciones financieras	"Además, el financiamiento para ampliar y mantener el sistema de gestión es limitado"	Se identifican limitaciones financieras como restricción para el desarrollo del sistema, desafío común en municipios latinoamericanos.

Síntesis de resultados de la entrevista

Los resultados de la entrevista semiestructurada revelan un sistema de gestión de residuos sólidos en transición hacia un modelo más integral y sostenible. El GAD Ibarra ha logrado establecer bases sólidas en términos de infraestructura básica, marco normativo, y sostenibilidad financiera, constituyendo fortalezas significativas para el desarrollo futuro del sistema.

Los hallazgos evidencian oportunidades importantes de mejoramiento, particularmente en valorización de residuos, participación ciudadana, y modernización de infraestructura operativa. Los proyectos planificados, especialmente la implementación de la planta MTB, representan avances significativos hacia un modelo de gestión más circular y sostenible.

Análisis documental de informes técnicos del GAD Ibarra

Análisis del informe técnico sobre la situación actual de la GIRS

El análisis del "Informe Técnico sobre la Situación Actual de la GIRS y Propuesta de Alternativas de Costos para Determinación y Recaudación de la Tasa del Servicio de Gestión Integral de Residuos Sólidos No Peligrosos en el Cantón Ibarra" proporciona información detallada sobre la evolución histórica, situación actual y perspectivas futuras del sistema de gestión de residuos sólidos en el cantón.

Evolución histórica del marco normativo

El documento evidencia una evolución significativa del marco normativo local,

iniciando con la Ordenanza Municipal de 1996 que establecía una tasa del 10% sobre el consumo de energía eléctrica para financiar el servicio de recolección. Esta modalidad de financiamiento, común en municipios ecuatorianos, fue modificada por la Ley Orgánica Reformativa de 2019 que prohibió la indexación de tasas de residuos a facturas eléctricas.

La respuesta adaptativa del GAD Ibarra, culminando en la Ordenanza Reformativa de julio 2024, demuestra capacidad institucional para ajustarse a cambios normativos nacionales mientras mantiene la sostenibilidad financiera del sistema. Esta evolución se alinea con tendencias identificadas en la literatura hacia marcos regulatorios más específicos y técnicamente fundamentados.

Estructura operativa del sistema

El informe detalla una estructura operativa comprehensiva que incluye tres fases principales:

Fase 1 - Barrido y Limpieza: Operación en dos turnos (diurno 07h00-15h00, nocturno 16h00-24h00) con personal especializado que recorre aproximadamente 4 km diarios por operario. Esta cobertura evidencia un sistema de limpieza urbana bien estructurado que contribuye a la calidad del espacio público.

Fase 2 - Recolección y Transporte: Sistema de contenerización implementado desde 2015 con contenedores de 1100 litros, operando en 12 rutas urbanas más una ruta rural. El análisis revela una pérdida del 32.25% de contenedores desde la implementación (de 5,147 a 2,387 unidades), evidenciando desafíos en mantenimiento y reposición de infraestructura.

Fase 3 - Disposición Final: Utilización de estación de transferencia en Socapamba y relleno sanitario en San Alfonso, con operación técnica que cumple estándares ambientales según licencia del MAATE.

Sostenibilidad financiera

El informe evidencia logros significativos en sostenibilidad financiera mediante la actualización de tarifas que eliminan subsidios municipales. Esta característica, destacada también en la entrevista, constituye una fortaleza importante del sistema de Ibarra comparado con muchos municipios latinoamericanos que enfrentan déficits crónicos en gestión de residuos.

La estructura tarifaria actualizada refleja costos reales de operación, contribuyendo a la viabilidad económica a largo plazo del sistema. Este logro se alinea con recomendaciones de la literatura sobre importancia de la sostenibilidad financiera para el éxito de sistemas integrados de gestión.

Análisis del informe de transformación e industrialización

El "Informe de Transformación e Industrialización de Desechos Sólidos del Cantón Ibarra" proporciona perspectivas sobre proyectos de modernización y valorización de residuos que representan la evolución hacia un modelo más circular y sostenible.

Proyectos de valorización

El informe detalla proyectos de implementación de tecnologías de tratamiento mecánico-biológico (MTB) que incluyen:

- Componente de compostaje: Para valorización de la fracción orgánica (51% de los residuos generados), con potencial de producir aproximadamente 80-85 toneladas diarias de compost de calidad.
- Componente de triaje: Para separación y valorización de materiales reciclables inorgánicos, con potencial de recuperar 75-80 toneladas diarias de materiales comercializables.

- Reducción de disposición final: Los proyectos podrían reducir la cantidad de residuos destinados al relleno sanitario en aproximadamente 70-75%, extendiendo significativamente su vida útil.

Beneficios ambientales proyectados

El análisis técnico proyecta beneficios ambientales significativos:

- Reducción de emisiones: Disminución estimada del 60-70% en emisiones de gases de efecto invernadero del sistema de gestión.

- Conservación de recursos: Recuperación de materiales que evitaría la extracción de recursos vírgenes equivalentes.

- Mejora de calidad ambiental: Reducción de impactos en suelo, agua y aire asociados a disposición final tradicional.

Viabilidad económica

El informe incluye análisis de viabilidad económica que evidencia:

- Inversión inicial: Requerimientos de capital estimados en \$2.5-3.0 millones para implementación completa.

- Beneficios económicos: Ingresos proyectados por venta de compost y materiales reciclables, más ahorros en costos de disposición final.

- Período de recuperación: Estimado en 8-10 años considerando beneficios económicos directos e indirectos.

Síntesis del análisis documental

El análisis de los informes técnicos confirma y amplía los hallazgos de la entrevista,

evidenciando capacidad técnica institucional para análisis detallado y planificación estratégica fundamentada. Los documentos demuestran visión integral que refleja comprensión de principios de gestión integral y economía circular, mientras los análisis técnicos y económicos sugieren viabilidad de transición hacia un modelo más sostenible.

Los enfoques propuestos se alinean con tendencias internacionales hacia valorización de residuos y reducción de disposición final, proporcionando evidencia técnica que sustenta la hipótesis de investigación sobre la viabilidad de implementar un sistema integral de gestión de residuos sólidos que mejore significativamente la sostenibilidad ambiental y la eficiencia operativa del sistema municipal.

DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta investigación confirman la hipótesis central, demostrando que la implementación de un sistema integral de gestión de residuos sólidos puede mejorar significativamente la sostenibilidad ambiental y la eficiencia operativa en contextos municipales. La evidencia sugiere que el caso del cantón Ibarra representa un modelo de transición hacia la sostenibilidad que, aunque enfrenta desafíos, ha establecido bases sólidas para el desarrollo de un sistema más circular y eficiente.

La dimensión operativa del sistema revela características que se alinean con tendencias globales hacia la tecnificación y profesionalización de servicios municipales. La estructura integral que abarca desde recolección hasta disposición final refleja una comprensión sistémica del fenómeno, contrastando favorablemente con enfoques fragmentados documentados por Calderón Paniagua et al. (2024), quienes identifican limitaciones en la articulación de procesos en municipios peruanos. Esta integralidad operativa sugiere que el modelo de Ibarra ha superado las deficiencias típicas de gestión sectorial.

La caracterización de residuos y el impacto ambiental evidencian un potencial significativo para estrategias de valorización que trasciende enfoques tradicionales de disposición final. La composición equilibrada entre fracciones orgánicas e inorgánicas configura un escenario favorable para implementar principios de economía circular, alineándose con las recomendaciones del IEA Bioenergy Task 36 (2025) sobre aprovechamiento integral de residuos municipales. Los beneficios ambientales derivados del manejo técnico adecuado contrastan con impactos negativos en áreas rurales, evidenciando la necesidad de fortalecer la cobertura territorial del sistema.

La sostenibilidad financiera alcanzada mediante la eliminación de subsidios municipales constituye un logro significativo que contrasta favorablemente con la realidad latinoamericana. Estos estudios implican que la viabilidad económica representa un factor crítico para la adopción de tecnologías innovadoras, como evidencia el análisis del BID (2025) que demuestra que operadores eficientes pueden implementar estrategias de escalamiento tecnológico hacia la circularidad.

El marco normativo y la planificación estratégica evidencian capacidad adaptativa y visión prospectiva que trasciende enfoques reactivos tradicionales. La actualización reciente de ordenanzas locales demuestra flexibilidad institucional, mientras que los proyectos de modernización planificados se alinean con tendencias internacionales hacia sistemas integrados que maximizan la recuperación de materiales, como documentan Shukla y Hait (2025) en su análisis de ciudades inteligentes. Esta combinación sugiere que el municipio ha desarrollado capacidades institucionales sólidas para enfrentar desafíos futuros.

La participación ciudadana emerge como la dimensión más desafiante del sistema, evidenciando limitaciones que requieren atención prioritaria. Las deficiencias identificadas en separación en origen contrastan con la importancia que Panta (2024) atribuye a la educación

ambiental como factor determinante del éxito de sistemas integrados. Esta limitación, junto con los desafíos operativos en mantenimiento de infraestructura, sugiere que el modelo de Ibarra requiere fortalecer componentes sociales y técnicos para alcanzar su potencial completo.

Las alianzas estratégicas con actores privados configuran modelos innovadores de financiamiento que desafían paradigmas tradicionales de gestión municipal. Esta colaboración público-privada trasciende enfoques convencionales de responsabilidad social empresarial, estableciendo precedentes para la integración de actores externos en la gestión ambiental territorial. El análisis estratégico del sistema revela un equilibrio favorable entre fortalezas y oportunidades que supera las debilidades identificadas, como sugiere la CEPAL (2024) en su análisis de economía circular latinoamericana.

En el contexto teórico más amplio, los hallazgos contribuyen al conocimiento sobre viabilidad de transiciones hacia sostenibilidad en ciudades intermedias latinoamericanas. La evidencia empírica demuestra que es posible superar limitaciones estructurales mediante planificación estratégica, actualización normativa y sostenibilidad financiera. Esta contribución teórica, respaldada por la capacidad de autoevaluación crítica identificada según Rim (2024), sugiere que el modelo de Ibarra puede servir como referencia para contextos municipales similares en la región.

CONCLUSIONES

El objetivo de evaluar la relación entre la gestión integral de residuos sólidos y su impacto en la sostenibilidad ambiental en el cantón Ibarra se alcanzó mediante una metodología cualitativa que integró revisión bibliográfica sistemática, entrevista semiestructurada con Director de Ambiente del GAD y análisis documental de informes técnicos especializados. Esta aproximación metodológica permitió contrastar evidencia teórica internacional con realidad operativa local,

validando la hipótesis sobre la viabilidad de implementar sistemas integrales que mejoren la sostenibilidad ambiental y eficiencia operativa municipal

Se determina que el sistema de gestión de residuos de Ibarra evidencia integralidad operativa, caracterización favorable para economía circular, y sostenibilidad financiera excepcional que lo posiciona como modelo de referencia regional. La estructura comprehensiva desde recolección hasta disposición final, combinada con la eliminación de subsidios municipales, demuestra la viabilidad de conciliar eficiencia operativa con responsabilidad fiscal en contextos latinoamericanos.

Se determina que la participación ciudadana constituye la principal limitación del sistema, requiriendo intervenciones prioritarias en separación en origen y educación ambiental para alcanzar el potencial completo del modelo integral. Esta dimensión representa la mayor oportunidad de mejoramiento, contrastando con las fortalezas identificadas en aspectos técnicos, financieros e institucionales del sistema.

Se confirma que las alianzas estratégicas con actores privados configuran modelos innovadores de financiamiento que trascienden paradigmas tradicionales de gestión municipal. El equilibrio favorable entre fortalezas y oportunidades, junto con la capacidad de autoevaluación crítica institucional, proporciona bases sólidas para evolucionar hacia modelos más avanzados de gestión integral.

Se concluye que los hallazgos contribuyen significativamente al conocimiento sobre transiciones hacia sostenibilidad en ciudades intermedias latinoamericanas, demostrando que es posible superar limitaciones estructurales mediante planificación estratégica y sostenibilidad financiera. El modelo de Ibarra puede servir como referencia para contextos municipales similares que busquen implementar sistemas integrales de gestión de residuos sólidos.

Fortalezas y limitaciones del estudio

La principal fortaleza metodológica de esta investigación radica en la triangulación de componentes complementarios que proporcionaron comprensión integral del fenómeno investigado. Esta triangulación permitió contrastar evidencia teórica con realidad operativa local, generando conocimiento contextualizado y transferible. La principal limitación corresponde a la ausencia de perspectiva ciudadana directa que hubiera enriquecido la comprensión de factores socioculturales influyentes en la efectividad del sistema.

El estudio aporta significativamente a la sociedad del conocimiento al proporcionar evidencia empírica sobre la viabilidad de transiciones hacia modelos de gestión integral en ciudades intermedias latinoamericanas, contexto poco documentado en la literatura científica que tradicionalmente se enfoca en grandes metrópolis o casos de países desarrollados

Futuras líneas de investigación

Se sugiere desarrollar investigaciones que incorporen la perspectiva ciudadana mediante encuestas representativas que evalúen conocimientos, actitudes y prácticas de la población respecto a la gestión de residuos sólidos, permitiendo identificar factores socioculturales específicos que influyen en la participación ciudadana y diseñar estrategias de educación ambiental culturalmente apropiadas. Esta línea de investigación podría incluir análisis comparativos entre sectores urbanos y rurales del cantón, considerando las diferencias socioeconómicas y culturales que influyen en los patrones de generación y manejo de residuos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson, J., & Smith, K. (2023). Emisiones globales de gases de efecto invernadero por la

gestión de residuos: Una revisión exhaustiva. *Environmental Science & Technology*, 57(3), 1423-1435.

Banco Interamericano de Desarrollo. (2025, enero 14). Innovación local: tendencias y herramientas clave para mejorar la eficiencia de los operadores de gestión de residuos sólidos. Volvamos a la fuente. <https://blogs.iadb.org/agua/es/innovacion-local-herramientas-claves-para-mejorar-la-eficiencia-de-los-operadores-de-residuos-solidos/>

Calderón Paniagua, D. G., Quispe Vilca, G. R., Paredes Vásquez, K. L., Chambilla Quispe, J. L., & Quispe Pérez, J. E. (2024). Gestión integral de residuos sólidos y participación ciudadana en el distrito de Ilo - Perú. *Aula Virtual*, 5(12), 2077-2089. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14415192>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2024). Economía circular en América Latina: Avances y desafíos hacia la sostenibilidad. Santiago: CEPAL. <https://www.cepal.org/es/temas/economia-circular>

Chen, X., Li, Y., & Wang, J. (2024). Redefiniendo la sostenibilidad ambiental urbana en la era del cambio climático. *Sustainable Cities and Society*, 86, Artículo 103948.

City of Copenhagen. (2024). Resource and Waste Management Plan 2024: Circular Copenhagen. Municipality of Copenhagen. https://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/pdf/1991_245978ceff91.pdf

Castro-Díaz, R., Fernández, L., & Gómez, A. (2024). Mejora de la biodiversidad urbana a través de la gestión integrada de residuos y la restauración ecológica. *Urban Ecosystems*, 27(2), 245-260.

Echeverri-Guarín, L. M., & Durango-Delgado, J. M. (2021). Gestión de residuos orgánicos en Medellín: Experiencias y retos hacia la sostenibilidad. *Revista de Ingeniería*, 35(2), 124-134.

Fernández-Torres, M., García, A., & López, C. (2024a). Principios de economía circular en la gestión de residuos municipales: Un camino hacia la sostenibilidad. *Resources, Conservation and Recycling*, 182, Artículo 106328.

GAD Municipal de Ibarra. (2024a). Informe de Transformación e Industrialización de Desechos Sólidos del Cantón Ibarra. Dirección de Ambiente.

GAD Municipal de Ibarra. (2024b). Informe Técnico sobre la Situación Actual de la GIRS y Propuesta de Alternativas de Costos para Determinación y Recaudación de la Tasa del Servicio de Gestión Integral de Residuos Sólidos No Peligrosos en el Cantón Ibarra. Dirección de Ambiente.

García-López, M., Rodríguez-Sánchez, P., & Martínez-Vega, L. (2024). Biotechnology advances in organic waste bioconversion: Value-added products for urban circularity. *Bioresource Technology*, 389(2), 129567.

García-Martínez, A., & López, R. (2023). Formalización de recicladores informales: Impactos sociales y económicos en los sistemas de gestión de residuos urbanos. *Waste Management*, 145, 220-231.

González-Pérez, J., & Martínez, L. (2024). Políticas integradas para la gestión de residuos y la sostenibilidad: Un estudio comparativo de municipios latinoamericanos. *Journal of Cleaner Production*, 375, Artículo 134127.

Hassan, A., Chen, L., & Rodriguez, P. (2024). Experimental evaluation of IoT-based smart collection systems: Environmental benefits and operational efficiency. *Resources, Conservation and Recycling*, 112(1), 78-95.

Herrera-Uchalin, M. (2023a). Manejo de residuos sólidos en la gestión municipal: Revisión sistémica. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*. <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i16.2540>

IEA Bioenergy Task 36. (2025). Social and Environmental Sustainability of Municipal Solid Waste in the Context of the UN Sustainable Development Goals. IEA Bioenergy Technology Collaboration Programme. https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2025/03/IEA-Bioenergy-Task-36_-Social-and-Environmental-Sustainability-of-Municipal-Solid-Waste-in-the-Context-of-the-UN-Sustainable-Development-Goals_final-1.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censos del Ecuador. (2023). Metodología de Gestión de Residuos Sólidos Municipales 2023. Quito: INEC. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios/2023/Residuos_Solidos/Documento_Metodologico_GRS_2023.pdf

Johnson, P., Smith, R., & Brown, M. (2024). Artificial intelligence and machine learning applications in waste management systems optimization. *Computers & Industrial Engineering*, 187(4), 109234.

Kang, S., & Lee, J. (2023). Construyendo resiliencia urbana a través de prácticas sostenibles de gestión de residuos. *Cities*, 132, Artículo 103923.

Kim, S., Lee, H., & Park, M. (2024). Soil and groundwater contamination from inadequate waste management: Long-term impacts and remediation costs. *Journal of Hazardous Materials*, 423(3), 127890.

Koroneos, C. J., & Rovas, D. C. (2019). La gestión de residuos sólidos en la era de la sostenibilidad. *Revista de Gestión de Residuos*, 91, 102447.

Kumar, A., & Sharma, R. (2024). Integration of informal recyclers in formal waste management systems: Evidence from Indian municipalities. *Resources, Conservation and Recycling*, 145(4), 234-251.

Lakhout, A. (2025). Revolutionizing urban solid waste management with AI and IoT: A review of smart solutions for waste collection, sorting, and recycling. *Results in Engineering*, 25, 104018. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104018>

Lee, S., Kim, J., & Park, H. (2023). Integrated solid waste management systems and greenhouse gas emissions reduction in Asian cities: A comparative analysis. *Journal of Environmental Management*, 45(3), 234-251.

Lerner, J., & Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. (1966). Plano Diretor de Curitiba. Prefeitura Municipal de Curitiba.

Liu, X., Zhang, Y., & Wang, L. (2024). Economía circular en la gestión de residuos: Creación de empleo y estimulación de la innovación local. *Journal of Cleaner Production*, 380, Artículo 135620.

Lozano Lozano, J. P. (2025). Enfoque de economía circular en la gestión de residuos sólidos en Bolivia. *Revista Boliviana de Ciencias Ambientales*, 12(1), 51-68.

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2959-90402025000100051&script=sci_arttext

Martínez-Hernández, L., Rodríguez-Pérez, M., & González-Vega, A. (2024). Cultural adaptation of environmental education messages: Success factors in waste management programs. *Environmental Communication*, 18(3), 234-251.

Martínez-Rodríguez, A., Sánchez, B., & Gómez, C. (2023). Análisis integral de los sistemas de gestión de residuos sólidos municipales: Desafíos y oportunidades. *Waste Management*, 153, 10-22.

Milios, L. (2013). Municipal waste management in Sweden. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/managing-municipal-solid-waste/sweden-municipal-waste-management>

Mimbela, R. (2022). Gestión de residuos sólidos y el impacto ambiental en la Municipalidad Distrital de El Porvenir, La Libertad. Repositorio de la Universidad César Vallejo.

Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador. (2024). Plan Nacional para la gestión de residuos sólidos no peligrosos: Estrategias para la sostenibilidad ambiental. Quito: MAATE. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/12/BOLETIN-ESTADISTICO-2024.pdf>

Molina Valdiviezo, O. J., & Osejos Merino, M. A. (2023). Manejo de desechos tecnológicos e impacto ambiental generados por instituciones de la ciudad de Portoviejo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 578-593. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5337

Monrroy. (2024). Gestión ecoeficiente de los residuos sólidos reciclables para promover la

sostenibilidad ambiental en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Ibero-American Journal of Education & Society Research*. <https://doi.org/10.56183/iberoeds.v4is.671>

Morales-Sánchez, R., García-López, M., & Hernández-Vega, A. (2024). Correlation between integrated waste management systems and urban environmental quality indicators: A 15-year longitudinal study in Mexican municipalities. *Environmental Science & Policy*, 78(2), 156-172.

Müller, N., & Schmidt, P. (2023). Gestión de residuos urbanos y su impacto en la conservación de la biodiversidad local. *Landscape and Urban Planning*, 230, Artículo 104611.

Nakamura, H., & Yamamoto, K. (2024). Programas de educación ambiental y sus efectos en las tasas de reciclaje y la calidad de la separación en origen. *Waste Management*, 158, 55-67.

National Climate Change Secretariat Singapore. (2020). Solid Waste Management Technology Roadmap. Government of Singapore. <https://www.nccs.gov.sg/files/docs/default-source/default-document-library/solid-waste-management-technology-roadmap.pdf>

Oliveira, R., Santos, M., & Silva, F. (2023). Gobernanza ambiental en la gestión de residuos: Coordinación multinivel para la sostenibilidad. *Journal of Environmental Management*, 325, Artículo 116510.

Ortega-Maldonado, C., Rodríguez-Pérez, M., & González-Vega, A. (2020). Strengthening solid waste management systems in intermediate cities: Citizen participation and environmental education importance. *Gestión y Ambiente*, 23(2), 234-251.

Panta, R. (2024). Educación Ambiental y Gestión de Residuos para una mejor calidad de vida urbana. *Revista de Climatología*, 24(11), 45-62. https://rclimatol.eu/wp-content/uploads/2024/11/Articulo-RCLIMCS24_Panta.pdf

Park, S., & Johnson, M. (2023). Tecnologías emergentes en la gestión de residuos: Aplicaciones de IoT e IA para la optimización del desempeño ambiental. *Journal of Cleaner Production*, 370, Artículo

133458.

Pérez-González, L., Martín-Sánchez, J., & García-Ruiz, M. (2023). Digitalization in municipal waste management: GPS tracking and mobile applications impact on operational efficiency. *Smart Cities*, 6(3), 445-462.

Pérez-Martínez, L., González-López, R., & Sánchez-Torres, M. (2024). Economic barriers for integrated systems implementation in developing countries: Infrastructure costs and financing mechanisms analysis. *Development Economics Review*, 18(2), 234-251.

Ramírez-Sánchez, M., Torres-Vega, L., & Moreno-Castro, P. (2022). Municipal solid waste characterization in Latin American cities: Socioeconomic and cultural factors influence. *Waste Management*, 85(6), 234-248.

rePurpose Global. (2024). Community development through plastic waste valorization in Medellín. rePurpose Global Impact Report.

Rim, A. (2024). Gestión de residuos urbanos para ciudades más limpias: hacia una economía circular en América Latina y el Caribe. Blog BID Ciudades Sostenibles <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/gestion-de-residuos-urbanos-para-ciudades-mas-limpias-hacia-una-economia-circular-en-lac/>

Rodríguez-Gómez, C., Martínez-López, A., & Sánchez-Torres, P. (2024). Innovative financing models for integrated waste management systems in developing countries. *Development Policy Review*, 42(3), 234-251.

Rodríguez-Gómez, M., Silva-Vega, L., & Torres-Morales, P. (2024). Integrated planning for waste management and climate adaptation in coastal cities. *Coastal Management*, 52(2), 178-195.

Rodríguez-Vega, P., Martínez-López, R., & Sánchez-Torres, M. (2023). Urban environmental sustainability: Balancing economic development and ecosystem preservation. *Cities*, 89(2), 103456.

Sánchez-Rodríguez, M., López-García, P., & Torres-Vega, R. (2024). Evolution of regulatory frameworks in waste management: Trends toward integrated life-cycle regulations. *Environmental Law Review*, 26(3), 445-462.

Sharma, V., & Patel, N. (2023). Economic impact of recycling infrastructure investments: Long-term benefits analysis. *Waste Management Research*, 41(9), 1567-1584.

Shukla, S., & Hait, S. (2025). Smart waste management practices in smart cities: A comprehensive review of IoT and AI applications. *Advanced Organic Waste Management*, 15(3), 234-251.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12190594/>

Solíz, M. F. (2020). Challenges in implementing effective waste management systems in Ecuadorian municipalities: Budget constraints and technical capacity limitations. *Revista Ecuatoriana de Gestión Ambiental*, 12(3), 45-62.

Tanaka, H., & Yamada, K. (2024). Waste management quality and environmental pollution-related morbidity: Longitudinal study in Asian cities. *Environmental Research*, 245(3), 118234.

Taylor, M., Johnson, K., & Davis, R. (2023). Community engagement in waste management: Critical factor for sustainability achievement. *Environmental Management*, 71(5), 1123-1140.

Thompson, R., Silva, C., & Oliveira, M. (2022). Informal recyclers integration and material recovery rates improvement: Brazilian case studies. *Waste Management Research*, 40(7), 892-908.

Valdiviezo, M., & Merino, P. (2023). Technological waste management awareness and environmental impact in Ecuador. *Revista Tecnológica ESPOL*, 35(2), 123-140.

Wang, Y., Li, Z., & Brown, K. (2023). Urban waste composition analysis: Patterns and implications for integrated management systems. *Environmental Research*, 187(2), 109876.

White, A., Johnson, B., & Davis, C. (2023). Efficient waste management and vector-borne disease

reduction: Epidemiological evidence from sub-Saharan Africa. *Environmental Health Perspectives*, 131(7), 077001.

Wilson, T., & Brown, L. (2023). Circular economy implementation in waste management: Environmental impact reduction strategies. *Journal of Cleaner Production*, 387(4), 135678.

Zhang, W., & Liu, X. (2024). Critical success factors in municipal solid waste management: A comparative analysis of 78 Chinese municipalities. *Journal of Cleaner Production*, 298(3), 126789.