Horizonte Académico
Revista Multidisciplinaria
Recibido:09/07/2025 Aprobado:10/08/2025

DOI: https://doi.org/10.70208/3007.8245.v5.n2.196

Lineamientos Estratégicos para el Cierre y Restauración de Vertederos Urbanos en Bolivia

Magaly Choquevillca Ibáñez
magalychoquevillca@gmail.com
https://orcid.org/0009-0004-1000-5291
Universidad Técnica de Oruro
Bolivia

Ariel Rey Villca Pozo
ariel.villca@doc.uto.edu.bo
https://orcid.org/0000-0002-0972-6946
Universidad Técnica de Oruro
Bolivia

RESUMEN

El presente estudio examina el estado actual y las deficiencias en el manejo de residuos sólidos urbanos, con el objetivo de evaluar comparativamente los lineamientos técnicos, normativos y operativos para el cierre y restauración de los vertederos en Bolivia, buscando establecer directrices contextualizadas que integren la sostenibilidad ambiental, equidad social y la regeneración de espacios degradados. Se empleó una investigación descriptiva cualitativa con análisis documental y estudios de caso, comparando la normativa boliviana con estándares internacionales, además se analizan las experiencias de vertederos en Bolivia y también a nivel internacional. Los resultados indican que, si bien Bolivia posee un marco legal, existen limitaciones significativas en las garantías financieras y la integración paisajística comparado con la normativa internacional. Los casos bolivianos revelan desafíos como la falta de financiamiento a largo plazo y los conflictos socioambientales, aunque el caso Mallasa demuestra el éxito de la planificación. Finalmente, los estudios internacionales resaltan la eficacia de la restauración basada en la naturaleza y la modificación del suelo, así como la necesidad de abordar la gestión inadecuada de residuos y la falta de participación ciudadana, mediante la incorporación de modelos integrales de gestión.

Palabras clave: gestión de residuos sólidos, ley no 755, restauración de vertederos, cierres de vertederos

Strategic Guidelines for the Closure and Restoration of Urban Landfills in Bolivia

ABSTRACT

This study examines the current state and shortcomings of municipal solid waste management, aiming to comparatively assess the technical, regulatory, and operational guidelines for landfill closure and restoration in Bolivia. The goal is to establish context-specific directives that integrate environmental sustainability, social equity, and the regeneration of degraded spaces. A qualitative descriptive research approach was employed, using document analysis and case studies to compare Bolivian regulations with international standards. The study also analyzes experiences related to landfills both in Bolivia and internationally. The findings indicate that, although Bolivia has a legal framework in place, there are significant limitations regarding financial guarantees and landscape integration when compared to international regulations. The Bolivian cases reveal challenges such as the lack of long-term financing and socio-environmental conflicts; however, the Mallasa case illustrates the success of effective planning. Finally, international studies highlight the effectiveness of nature-based restoration and soil modification, as well as the need to address inadequate waste management and the lack of public participation through the adoption of comprehensive management models.

***Keywords**:* solid waste management, law no. 755, landfill restoration, landfill closures

INTRODUCCIÓN

Los asentamientos urbanos informales en las proximidades de los rellenos sanitarios enfrentan complejos desafíos socioambientales que demandan estrategias efectivas de integración y adaptación. Los mismos conllevan a una constante amenaza en la población, debido a que la generación de residuos urbanos también representa un riesgo para el entorno físico natural y la contaminación ambiental (Bartra, J., y Delgado, J. M., 2020). Estas condiciones desfavorables se ven agravadas por la limitada capacidad de respuesta institucional y la falta de planificación urbana, lo cual genera situaciones de riesgo y de exclusión social (Limache, M., 2024).

La expansión urbana junto a los rellenos sanitarios genera desafíos significativos en términos de integración social, adaptación ambiental y gestión territorial ambiental (González-Díaz et al., 2022), el desequilibrio ambiental radica en el mal procedimiento que se le da a los lixiviados, ya que estos afectan negativamente a los cuerpos de agua, la flora, fauna e incluso la salud de la población (Miranda, 2023). América Latina enfrenta desafíos constantes vinculados al manejo de residuos sólidos debido a políticas regulatorias deficientes, ya que no se prevé el aumento de los residuos sólidos urbanos (RSU), ni una adecuada disposición de los desechos (Arteta-Barrios et al., 2021). Es posible entender a los asentamientos informales latinoamericanos como un fenómeno estructural producto de deficiencias regulatorias e institucionales, fragilidad institucional que se ha generado debido a que no existen regulaciones claras sobre los procesos de urbanización y organización del territorio (Gómez- Avendaño, 2023) y más del 45 % de los residuos municipales en América Latina carecen de una disposición adecuada de los mismos (BID, 2020).

El manejo de residuos sólidos urbanos es un desafío global, y la gestión post -operacional de los rellenos sanitarios ha evolucionado significativamente. Lo que antes se concebía como una simple *"cobertura"* de los desechos, ahora es un enfoque integral que tiene como objetivo primordial garantizar la estabilización a largo plazo del sitio, mitigando los riesgos ambientales y de la salud pública asociada (Oweis & Khera, 1998). La restauración de vertederos cerrados es un proceso fundamental, no solo para compensar las perturbaciones ecológicas inducidas por la disposición de residuos, sino también para minimizar el impacto ambiental y garantizar la seguridad en el uso futuro del terreno (Vaverková

et al., 2018). Los estudios de la gestión de residuos desarrolla aspectos claves para una transición sostenible, que se refieren a los procesos de cambio profundo y coordinado en los sistemas de manejo de los residuos, pasando de modelos lineales tradicionales *"tomar-hacer-desechar*" hacia enfoques circulares y sostenibles (González-Sánchez et al., 2023), este cambio implica tanto innovaciones tecnológicas como transformaciones institucionales, normativas y sociales, con el objetivo de maximizar la reutilización y el reciclaje de materiales, reducir la generación de residuos y minimizar los impactos ambientales y sociales asociados a su manejo. Los estudios sobre restauración de vertederos a partir de procesos naturales vinculados a la recuperación de ecosistemas urbanos degradados son limitados.

El Enfoque Integrado de la Gestión Sostenible de Residuos Sólidos (ISWM, por sus siglas en inglés) integra principios de sostenibilidad, como la jerarquía de gestión de residuos, priorizando la reducción, reutilización y reciclaje sobre la disposición final. A si mismo promueve la inclusión social de los recicladores informales, considerándolos actores clave para sistemas más eficaces, eficientes y equitativos (Wilson et al., 2006). Por otro lado, el modelo Indicadores de Referencia Wasteaware está diseñado para evaluar el desempeño de los sistemas de gestión de residuos en ciudades de ingresos bajos y medios, con desafíos significativos en sostenibilidad financiera, reciclaje y cobertura de servicios, promoviendo el aprendizaje y las mejores prácticas (Ferronato et al., 2018).

El crecimiento urbano se da en las principales ciudades del mundo, en Bolivia el 65 % de la población reside en áreas urbanas (INE, 2024), que ha seguido un patrón de expansión descontrolado, este fenómeno ha generado que poblaciones de menores ingresos se vean con la necesidad de ocupar áreas periféricas, incluyendo áreas circundantes a los rellenos sanitarios (PNUD Bolivia, 2020), así también la gestión de residuos sólidos urbanos en Bolivia enfrenta desafíos críticos debido al crecimiento poblacional, cambios en los patrones de consumo y limitaciones en la infraestructura. Según el Banco Mundial (2018), Bolivia genera aproximadamente 2 millones de toneladas de RSU al año, con un incremento del 20 % en la última década en las principales ciudades (Andersen et al., 2016), se estima que el país genera anualmente 2,6 millones de toneladas de residuos, lo que equivale a

aproximadamente 7.022 toneladas diarias y el 87 % se produce en las áreas urbanas (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2020).

Asimismo, en territorios o áreas urbanas circundantes en los rellenos sanitarios y vertederos, se enfrentan a riesgos socioambientales críticos, como la contaminación de suelos y aguas (metales pesados, lixiviados), enfermedades respiratorias y gastrointestinales, así como situaciones de exclusión socioeconómica (PNUD Bolivia, 2020). Esta problemática repercute en la generación de escenarios de fragmentación urbana en los municipios que disponen de sus desechos en vertederos a cielo abierto o en rellenos sanitarios que no cumplen con las especificaciones técnicas adecuadas, convirtiéndose en graves pasivos ambientales (Lazo & Gasparatos, 2019). Además, es importante mencionar que las problemáticas vinculadas a los residuos sólidos se agravan por marcos normativos fragmentados, limitaciones técnicas y financieras, que generan impactos socioambientales desproporcionados en áreas urbanas. La situación actual de la gestión de residuos sólidos urbanos en Bolivia enfrenta numerosos retos estructurales: baja cobertura de servicios, disposición final inadecuada y conflictos socioambientales. Diversos vertederos, como K'ara K'ara en Cochabamba, Alpacoma en La Paz y su reemplazo por el Ingenio en El Alto, el relleno sanitario de Huajara en Oruro, han llegado a su vida útil, pero sus cierres carecen de protocolos adecuados restaurativos, el problema se agudiza por la ausencia de un enfoque sistemático hacia la restauración de vertederos, es decir, la reintegración planificada de estos extensos terrenos a la dinámica de la ciudad, han puesto de manifiesto la fragilidad de la gestión de residuos y la vulnerabilidad de las comunidades aledañas, la restauración urbana post-cierre representa una estrategia clave para la sostenibilidad ambiental, la salud comunitaria y la regeneración del tejido urbano (Lazo & Gasparatos, 2019).

Sin embargo, una de las problemáticas radica en la falta de lineamientos claros y directrices específicas que dificulta la integración de estos sitios en proyectos de restauración urbana, generando problemas ambientales, sociales y económicos (Medrano, 2021), La restauración urbana busca regenerar espacios degradados para su reintegración en el tejido urbano, un objetivo que requiere un enfoque holístico que combine remediación ambiental y planificación urbana (Henningsson et al., 2015)

Actualmente las normas de regulación en Bolivia son: la Ley N° 755 de Gestión Integral de Residuos (2015) y su Reglamento General (Decreto Supremo N° 2954) siendo estos los instrumentos rectores, que regulan y establecen la obligación de los gobiernos municipales en asegurar un adecuado cierre técnico de los botaderos y rellenos sanitarios. Sin embargo, estudios previos y diagnósticos del sector, como los elaborados por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) y la cooperación internacional como el BID (Banco Interamericano de Desarrollo) y GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit), mencionan que la implementación es un desafío mayor, especialmente en la transición de vertederos a cielo abierto (botaderos) hacia una gestión integral (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2020).

Cabe mencionar que existe una desarticulación entre el cierre de vertederos y la planificación urbana lo que impide transformar estos espacios degradados en activos urbanos, limitando las oportunidades de regeneración ecológica, usos comunitarios y desarrollo infraestructural. Estudios evidencian la transición incipiente en ciudades como La Paz y Santa Cruz, pero también señalan la ausencia de una política integral que conecte el cierre técnico con procesos de restauración urbana participativa y resiliente (Lazo & Gasparatos, 2019).

Esta deficiencia se manifiesta en la ausencia de directrices metodológicas, instrumentos claros de financiamiento y mecanismos de coordinación interinstitucional para la etapa de post-cierre, lo que ha terminado generando que los antiguos vertederos, en lugar de convertirse en activos para el desarrollo urbano, permanecen como terrenos degradados que perpetúan la inequidad socio-espacial, además de posibles riesgos ambientales. A pesar de la existencia de normativas nacionales como la Ley N° 755 y manuales del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, las ciudades bolivianas presentan dificultades para implementar cierres técnicos y restauraciones que cumplan con los estándares internacionales orientados a la reducción de vulnerabilidad urbana, integración paisajística y protección de la salud comunitaria (Toledo Medrano & Luján Pérez, 2008).

Conforme a lo mencionado anteriormente, se plantea el siguiente problema: La ausencia de lineamientos, directrices y estrategias con un enfoque integral que articule las dimensiones ambiental,

social y económica, limita la formulación e implementación de soluciones efectivas para el cierre de vertederos, que permita una adecuada transformación de estos espacios en entornos urbanos sostenibles y resilientes. Así mismo se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué lineamientos normativos, técnicos y estratégicos existen en Bolivia para el cierre de los vertederos y rellenos sanitarios, que se articulan con procesos de restauración urbana sostenible?

Por la tanto, para responder a esta problemática el presente estudio tiene como objetivo general: Evaluar comparativamente los lineamientos técnicos, normativos y operativos para el cierre y restauración de vertederos en Bolivia, mediante el estudio de casos para determinar lineamientos normativos, técnicos y estratégicos contextualizadas que integren sostenibilidad ambiental, equidad social.

METODOLOGÍA

Se desarrolla una investigación descriptiva cualitativa con técnicas mixtas, incluyendo el análisis documental, los estudios de caso, para comparar las normativas bolivianas con las internacionales, además de experiencias, prácticas sociales, dinámicas comunitarias, que integren percepciones de los actores locales y de los resultados de proyectos exitosos de restauración urbana en vertederos.

Se realiza un análisis exhaustivo de la Ley N° 755, decretos reglamentarios, RM 129/2019; Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA, por sus siglas en ingles), Banco Mundial, guías técnicas del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), y planes de cierre existentes a nivel municipal. También se incluyó una revisión bibliográfica sistemática en bases de datos científicos (web of science, Scielo, Redalyc, y Google Scholar), repositorios de universidades bolivianas e informes de organismos internacionales. Se seleccionaron artículos priorizando aquellos con un enfoque en restauración urbana en vertederos con contextos similares al de Bolivia, mediante casos de estudio de tipo descriptivo en base a un análisis comparativo.

En el estudio de casos múltiples se seleccionaron tres casos representativos en Bolivia, siendo estas de las 3 ciudades más importantes del país (La Paz, Cochabamba, Santa Cruz).

Los hallazgos del análisis normativo comparativo de Bolivia se contrastaron con las directrices de la EPA (EE.UU.), la Directiva de la U.E. y un caso de estudio exitoso en América Latina (Parque La

Florida sobre el antiguo vertedero de Pirgua en Tunja, Colombia), dos casos fuera de nuestro contexto cercano.

Finalmente, los datos se organizaron en una matriz comparativa que evaluó la efectividad, aplicabilidad y limitaciones de los lineamientos identificados, complementado con un análisis cualitativo de las tendencias y los vacíos normativos existentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación de recomendaciones técnico normativas en la gestión y restauración de vertederos a menudo presenta una desconexión significativa con la realidad, la misma se manifiesta en diversas debilidades críticas, incluyendo deficiencias en las coberturas vegetales, el inadecuado manejo de lixiviados, deficiencia en el monitoreo ineficaz del biogás que se puede generar in situ, desconocimiento de una planificación post-cierre, ocasionando una limitada reintegración socioambiental de estos sitios.

Marco normativo legal

Bolivia ha establecido un marco legal y técnico para la gestión de residuos sólidos, buscando regular y orientar las prácticas en el sector. La ley N° 755 de Gestión Integral de Residuos Sólidos, es la normativa fundamental que rige la gestión integral de residuos en Bolivia. Su propósito es establecer la política general y el régimen jurídico, priorizando la prevención y reducción de la generación de residuos, su aprovechamiento y finalmente, una disposición final sanitaria y ambientalmente segura. En cuanto a los sitios de disposición final, la Ley N° 755 estipula que las instalaciones de almacenamiento y transferencia deben ubicarse según normas técnicas y contar con infraestructura y equipamiento adecuados, cumpliendo condiciones ambientales y de seguridad durante su construcción, operación y cierre. Para residuos peligrosos, la disposición final debe ser previo tratamiento y autorizada en rellenos o celdas de seguridad que cumplan normas técnicas ambientales.

Complementando la Ley N° 755 está la *"Guía para el Cierre Técnico de Botaderos"* (2012), elaborada por el MMAyA/VAPSB/DGGIRS, que proporciona herramientas e información para el cierre o rehabilitación de botaderos. Al agotarse la vida útil, los rellenos deben entrar en procesos de clausura,

post-clausura y rehabilitación, con control técnico y ambiental por parte de la autoridad competente. Además, queda prohibido la quema de residuos en estos sitios y se exige el manejo adecuado de gas y lixiviados. Por otro lado, el Decreto Supremo N° 2954 del 19 de octubre de 2016, introduce el concepto de *"Plan de Post Cierre",* que designa las actividades posteriores al cierre (monitoreo, mantenimiento, controles de lixiviados, biogás y evaluación de usos futuros). Este mantenimiento y monitoreo del relleno cerrado debe realizarse por al menos 15 años tras la clausura oficial, con reportes anuales. También se definen los posibles usos posteriores como ser: áreas verdes, recreativas o forestales, y otras compatibles mediante evaluación técnica y autorización previa competente. Se impone el monitoreo obligatorio de partículas, lixiviados y biogás por parte del gobierno autónomo municipal o el operador autorizado.

La *"Guía para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos Sanitarios"* (2012) es otro documento clave del MMAyA/VAPSB/DGGIRS, esta guía exhaustiva abarca el ciclo completo de vida de los rellenos sanitarios. En la Figura 1 podemos observar el proceso de Cierre técnico y/o rehabilitación de un botadero a cielo abierto que propone el Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

Figura 1. Procedimiento de cierre o rehabilitación de un botadero



Nota: Adaptada de planificación nacional para el cierre técnico de botaderos en el estado plurinacional de Bolivia (2021)

Tabla 1. Comparativa de las normativas nacionales con las internacionales

Categoría	Normativa Boliviana (Ley N°755 y Manuales del MMAyA)	Estándares Internacionales (Agencia de Protección Ambiental-EPA, Banco Mundial, Naciones Unidas para el Medio Ambiente-PNUMA)
Marco Legal	Establece política general y régimen jurídico; prioriza prevención, reducción, aprovechamiento y disposición final segura. Los	Directrices de la EPA (40 CFR Part 258, Subpart F) para rellenos de residuos sólidos municipales. El Banco Mundial apoya la gestión ambientalmente sólida y

	manuales del MMAyA detallan procedimientos técnicos.	cierre/rehabilitación. PNUMA distingue rellenos de botaderos y promueve hoja de ruta para cierre.
Requisitos del Plan de Cierre	Exige procesos de clausura, cierre técnico y saneamiento ambiental para botaderos. Los manuales detallan actividades previas y operaciones de cierre.	Plan escrito detallado que incluye diseño de cubierta final, estimación de área y volumen de residuos, y cronograma de actividades.
Sistema de Cubierta Final	Manuales MMAyA recomiendan una capa final de al menos 0,50 m de espesor. La "Guía para el Cierre Técnico de Botaderos" detalla la construcción de la capa final.	Capa de infiltración de al menos 18 pulgadas de material terroso y capa de erosión de al menos 6 pulgadas capaz de sostener vegetación nativa. Permeabilidad de la cubierta final debe ser < 1.0 x 10^-5 cm/seg.
Período de Cuidado Post-Cierre	Monitoreo ambiental post-cierre y mantenimiento de obras de cierre técnico durante 15 años.	Período mínimo de 30 años desde el cierre del sitio, ajustable por la autoridad competente para proteger la salud humana y el medio ambiente.
Monitoreo (Lixiviados, Gas, Agua Subterránea/ Superficial)	Protocolos de monitoreo ambiental para aguas subterráneas/superficiales, sistema de recolección de lixiviados y sistema de tratamiento de gases. La "Guía para el Cierre Técnico de Botaderos" detalla frecuencia de muestreo.	Monitoreo continuo y mantenimiento de sistemas de contención de residuos, monitoreo de aguas subterráneas, sistemas de recolección de lixiviados y sistemas de monitoreo de gas metano.
Garantía Financiera	No se especifica explícitamente en los manuales o la ley proporcionados. Los municipios subvencionan la recolección.	Requerimiento de demostrar capacidad financiera para cubrir costos de cierre, post-cierre y acciones correctivas (Ej. fondos fiduciarios, bonos de garantía).

Integración Paisajística/ Re-uso	Mención de "áreas verdes" o "parque" como uso futuro potencial. Reforestación de celdas estabilizadas.	Fuerte énfasis en restauración ecológica, la creación de hábitats, diseño de infraestructura verde (humedales, techos verdes), arquitectura paisajística y planificación urbana. Re-uso para parques públicos, granjas solares, centros de recuperación de recursos.

En la Tabla 1 realizamos una comparativa de las normas nacionales con las normas internacionales, donde podemos indicar que, si bien el marco legal normativo boliviano es amplio, existen limitaciones en las categorías de Garantía Financiera y la Integración Paisajística. La Ley N° 755 impone la responsabilidad financiera directa al generador y operador, con obligación de asegurar sostenibilidad en todo el ciclo. Aunque no se menciona explícitamente un fideicomiso o seguro financiero específico, la normativa exige recursos dedicados y modelos económicos viables para cubrir construcción, operación, cierre técnico y post-cierre, por lo que la carga financiera que recae en los bajos presupuestos municipales. En cambio, la normativa de la EPA y la UE exige la creación de garantías financieras (fideicomisos, seguros) por parte del operador para cubrir los costos de cierre y post-clausura por décadas.

Respecto a la integración paisajística se recomienda construir una cerca perimetral acompañada de cerco vivo de árboles, el relleno solo puede ser destinado a áreas verdes, recreativas o forestales compatibles con el entorno paisajístico, sin mencionar específicamente que técnicas se debería utilizar.

Análisis de la situación de vertederos en Bolivia

En la Tabla 2 analizamos tres vertederos de Bolivia, podemos mencionar que la restauración de los rellenos sanitarios en Bolivia como los de Mallasa y Normandía, requieren una planificación integral y de acciones coordinadas que vayan más allá del cierre de los mismos. Además, es importante garantizar el financiamiento para este tipo de proyectos para que no solamente se queden en documentos, tal como es el caso del vertedero de Normandía en Santa Cruz.

Tabla 2. Comparativa de tres casos de cierre de vertederos en Bolivia

Característica	Mallasa (La Paz)	K'ara K'ara (Cochabamba)	Normandía (Santa Cruz)
Estado Actual del Cierre	Cierre técnico desde el 2004 tras 13 años de operación.	"Cierre en crisis permanente" debido a la extensión forzada de su vida útil por falta de alternativa.	Cierre desde junio de 2019 fue una decisión política debido a presión social y contaminación.
Plan de Restauración Urbana	Reconversión en área verde urbana (Parque Municipal Mallasa). Ya forestado con miles de plantines.	No existe un plan de cierre y restauración consolidado y viable.	Proyecto municipal para convertir el área en un parque temático urbano de 57 ha (en etapa previa).
Problemas Clave Identificados	Inexistencia de una partida presupuestaria inicial. Al principio hubo impacto ambiental y resistencia vecinal.	Falta de una alternativa para la disposición final de residuos. Problemática social dominante con comunidades aledañas que demandan compensaciones y participación, relegando la planificación técnica.	Contaminación ambiental severa documentada, lixiviados, impacto en barrios y acuíferos cercanos. Financiamiento no asegurado para el plan de restauración.
Impacto Urbano y Comunitario	Positivo tras cierre: recuperación ambiental, revalorización del entorno, espacio público funcional	La problemática social domina la agenda, afectando la convivencia y la planificación.	El proceso sigue un patrón reactivo nacional, lo que implica soluciones a corto plazo y falta de visión a largo plazo para la integración urbana.
Lecciones Aprendidas / Desafíos	Necesidad crítica de asegurar presupuesto a largo plazo para la fase post-cierre y mantenimiento.	Urgencia de encontrar una alternativa viable de disposición final y de abordar la problemática social de manera integral	La existencia de un plan en papel no garantiza su ejecución; se requiere financiamiento real y estudios técnicos detallados para

	La planificación temprana y el compromiso institucional pueden lograr una restauración exitosa.	antes de cualquier plan técnico. El diálogo comunitario deficiente y la ausencia de alternativas operativas anticipadas generan caos.	materializar la restauración.

Tras esta comparativa podemos mencionar que en Bolivia, los procesos son predominantemente técnicos y de arriba hacia abajo, sin considerar la participación ciudadana o actores claves.

Casos de estudios

Los casos de estudio de éxito de rellenos sanitarios restaurados son en los países de:

Colombia

El relleno sanitario de Pirgua fue fundado en 1998, y más adelante se le dio licencia ambiental mediante la Resolución 2762 de 2010 expedida por Corpoboyacá a la empresa Ciudad Limpia S.A.S. Pirgua estaba recibiendo residuos sólidos de 101 municipios. Las cargas ambientales negativas hacen referencia a la existencia de fuentes de contaminación, a los entornos naturales y a la salud de las personas, por ese motivo se cierra este relleno sanitario (Niño Hernández & Mendieta, 2024).

China

El estudio se ubicó en el vertedero Xiaping en Shenzhen, China. La ubicación experimenta un clima húmedo, definido por una relación entre la precipitación y la evapotranspiración potencial superior a 0,75. La precipitación anual en esta área fue de alrededor de 200 mm, con más del 80 % de la lluvia ocurriendo durante la estación húmeda, que abarca de abril a octubre. En el verano, la radiación solar global alcanza un máximo de alrededor de 30MJ/m, disminuyendo a 10MJ/m en el invierno, siendo la temperatura media diaria de 22 °C (Liao et al., 2024).

Republica Checa

El vertedero investigado tiene las coordenadas 49.2490778 N, 17.3121181 E, ubicado en el sureste de la República Checa. El área se usaba anteriormente para agricultura, pero debido al suelo de mala calidad lo volvieron vertedero. El vertedero de RSU pertenecía al grupo S-OO (otros residuos) y al

subgrupo S-OO3 (otros residuos, incluidos los residuos con un contenido esencial de materiales y residuos orgánicos biológicamente descomponibles), con sectores de vertedero separados para el subgrupo S-OO1, es decir, para los residuos de la categoría de otros residuos con bajo contenido de materiales orgánicos biológicamente descomponibles (Vaverková et al., 2018).

De estos 3 casos de estudio se analizan y se buscan identificar lineamientos comunes para determinar los enfoques y estrategias de restauración de vertederos tal como observamos en la Tabla 3.

Tabla 3. Matriz comparativa de los lineamientos aplicados en los casos de estudio

I. Enfoque y estrategias de restauración		
Variable del caso de estudio:	Relevancia para el Cierre de Vertederos	Relevancia para el Potencial de Restauración Urbana
1.1. Restauración Basada en la Naturaleza (Sucesión Vegetal)	Las estrategias que utilizan los procesos y ciclos naturales son sostenibles porque emplean flujos naturales de materia y energía, mediante soluciones locales de acuerdo a los cambios estacionales y temporales.	Las soluciones inspiradas en el desarrollo natural de la vegetación pueden contribuir a una restauración exitosa. Porque la colonización natural es ventajosa al proporcionar vegetación adaptada al sitio y eliminar costos de siembra, plantación, deshierbe o fertilización.
1.2. Modificación del Suelo (Biocarbón)	Las condiciones desfavorables del suelo en vertederos (acidez, mala retención de agua, compactación) ralentizan o detienen la sucesión natural, siendo un desafío para la restauración ecológica.	La aplicación de biocarbón de cáscara de maní mejora el pH del suelo, el contenido nutricional y la materia orgánica, promoviendo el crecimiento de las plantas. También mejora la retención de agua del suelo.
II. Variables medibles para la evaluación		
2.1. Salud y Diversidad de la Vegetación	Las plantas contribuyeron a la salud del vertedero. El cambio progresivo en las comunidades vegetales y un aumento de la biodiversidad durante un estudio de 8 años.	. La aplicación de biocarbón aumenta el número de individuos vegetales, el índice de área foliar y el índice de área radicular.
2.2. Propiedades Físico-Químicas del Suelo	Los vertederos son fuente de muchos contaminantes, particularmente lixiviados y gases,	La adición de biocarbón mejora el pH del suelo ácido en más del 20 % y la conductividad eléctrica.

	que pueden ser tóxicos y peligrosos para el medio ambiente.	
2.3. Comunidades Microbianas del Suelo	La influencia del biocarbón en las comunidades microbianas del suelo es crucial para entender sus interacciones con el sistema suelo-planta y la restauración ecológica.	Una proporción de biocarbón del 5 % aumenta significativamente la riqueza y diversidad fúngica. Fortalece la interacción entre las comunidades fúngicas y ciertas especies de plantas al mejorar las propiedades químicas del suelo.
III. Desafíos y problemáticas sociopolíticas		
3.1. Gestión Inadecuada de Residuos Sólidos	La disposición en rellenos sanitarios es la medida más utilizada pero insostenible, agotando su vida útil por la acelerada producción de residuos y el crecimiento poblacional. Existe una crisis de gestión de residuos que exige un cambio de rumbo.	Es necesario un cambio de enfoque para la gestión integral de residuos sólidos, donde los rellenos sanitarios sean una herramienta complementaria y no la única forma de gestión. Se debe implementar eficazmente los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), incentivando la separación y acopio a cambio de incentivos.
3.2. Conflictos Socioambientales y la Carga de Contaminación	La concentración de cargas ambientales negativas genera relaciones contrapuestas entre la comunidad y las instituciones/empresas. Provoca afectaciones a la salud humana y al ambiente (contaminación del aire, suelo, agua, daños a la vegetación) Se observan fenómenos derivados como el desplazamiento y la afectación a las economías cercanas al relleno sanitario.	El reconocimiento de la justicia ambiental es clave, la cual integra la justicia distributiva y participativa para abordar las desventajas por impactos ambientales. Requiere medidas locales, regionales y nacionales para redistribuir recursos a las comunidades afectadas y garantizar el bienestar de todas las personas, la protección del ambiente y del territorio. La política orientada por misiones busca resolver grandes desafíos sociales, económicos y ambientales.

3.3. Participación y Gobernanza	La inadecuada planificación territorial y el desconocimiento de los enfoques de derechos humanos son causas principales de los conflictos. Las comunidades no han tenido participación en las decisiones sobre la ubicación de cargas ambientales, lo que genera rechazo social.	La democracia participativa es fundamental para que las personas tomen parte en las decisiones que les incumben. La jurisprudencia constitucional resalta la incorporación del conocimiento local de las comunidades y su evaluación de los impactos ambientales. Es necesario un enfoque integrador que involucre a la sociedad y al gobierno para el bienestar social y la conservación ambiental.
IV. Oportunidades para la restauración urbana		
Variable del caso de estudio:	Relevancia para el Cierre de Vertederos	Relevancia para el Potencial de Restauración Urbana
4.1. Innovación y Desarrollo Tecnológico	Los modelos matemáticos que predicen el aumento de especies pueden contribuir significativamente a la recuperación exitosa de los vertederos.	Implementar políticas públicas, planes y programas con enfoque socioambiental, abordando la sobreproducción de residuos, la ineficacia del reciclaje y los conflictos. Se propone una política orientada por misiones (POM) que impulse la innovación en la gestión y disposición de residuos. Esto incluye la creación de infraestructura de calidad y desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de residuos.
4.2. Integración de Políticas y Modelos de Desarrollo	El vertido en rellenos sanitarios ha sido una medida ampliamente utilizada, pero con efectos adversos significativos.	Adoptar modelos integrales que vinculen estrategias locales, departamentales y nacionales para una gestión de residuos más completa y prácticas ambientales. Se busca una economía sostenible, circular y popular con fundamento en el cambio climático, la protección de la naturaleza y la de los seres humanos.

Propuesta de Lineamientos para el Cierre de Vertederos y Restauración Urbana en Bolivia

Se proponen lineamientos estratégicos integrales que articulan la sostenibilidad ambiental, la equidad social y la restauración de vertederos. La propuesta se basa en experiencias exitosas en América Latina, Asia y Europa, con énfasis en restauración basada en la naturaleza, bioingeniería, integración paisajística y justicia ambiental.

Considerando el marco normativo y los casos de estudio, se proponen los siguientes lineamientos clave para la transformación de vertederos en entornos urbanos sostenibles y resilientes:

Fortalecimiento del marco normativo y su implementación efectiva

Asegurar la aplicación rigurosa de la Ley N° 755, el Decreto Supremo N° 2954 y las guías del MMAyA, superando las deficiencias de implementación actuales por parte de todas las partes implicadas.

Extender el periodo de monitoreo y cuidado post-cierre de 15 años a un mínimo de 30 años, para alinearse con estándares internacionales para una protección ambiental y de salud pública a largo plazo.

Desarrollar protocolos técnicos más detallados y específicos para las capas de cubierta final, incluyendo los requisitos técnicos de los materiales y de permeabilidad conforme a los lineamientos y prácticas internacionales. En la Figura 2 podemos observar este procedimiento.

Figura 2. Fortalecimiento del marco normativo y su implementación efectiva



Nota: Elaboración propia (2025)

Establecimiento de mecanismos de garantía financiera sostenible

Implementar mecanismos explícitos de garantía financiera (Ej. fondos fiduciarios o bonos de garantía) para cubrir los costos de cierre, post-cierre y acciones correctivas por décadas, evitando que la carga recaiga únicamente en los bajos presupuestos municipales.

Asegurar la asignación de presupuestos a largo plazo para el mantenimiento y la fase post-cierre de los sitios restaurados, aprendiendo de las experiencias del ex vertedero de Mallasa.

Adopción de un enfoque integral de restauración urbana y paisajística

Priorizar una verdadera restauración ecológica y la creación de hábitats, yendo más allá de solamente programas de implantación de áreas verdes.

Aplicar soluciones basadas en la naturaleza y la sucesión vegetal para una restauración sostenible que se adapte a las condiciones del lugar, para así evitar reducir los costos a largo plazo.

Fomentar el re-uso diversificado de los vertederos cerrados para fines públicos como parques urbanos, zonas verdes, infraestructuras públicas sostenibles, centros de recuperación de recursos o parques solares.

Figura 3. Adopción de un enfoque integral de restauración urbana y paisajística



Nota: Elaboración propia (2025)

Gestión Avanzada de Suelos y Vegetación para la Recuperación Ecológica

Implementar técnicas para la modificación del suelo, como el uso de biocarbón, para mejorar las propiedades físico-químicas del suelo (pH, nutrientes, retención de agua) y promover un crecimiento vegetal robusto en función a las características del suelo tratado.

Monitorear y fomentar la diversidad de la vegetación, así como las comunidades microbianas del suelo, como indicadores clave del éxito de la restauración ecológica, tal como se hizo en los estudios de casos.

Fomento de la Participación Ciudadana y Gobernanza Inclusiva

Garantizar la participación comunitaria efectiva y temprana en todas las fases de los proyectos de cierre y restauración, desde la planificación hasta el post-cierre, para mitigar, evitar posibles conflictos y asegurar la justicia ambiental de los habitantes cercanos al relleno sanitario.

Establecer mecanismos de diálogo transparente y abordar las problemáticas sociales de manera integral, integrando el conocimiento local en la toma de decisiones.

Impulso de la Innovación y Enfoques Sostenibles en la Gestión de Residuos

Impulsar la innovación y el desarrollo tecnológico para mejorar la gestión de los RSU, el aprovechamiento de residuos mediante el reciclaje y la infraestructura, asegurando que los planes de restauración cuenten con financiamiento real y estudios técnicos detallados para su materialización.

Adoptar modelos integrales de gestión de residuos que prioricen la reducción, reutilización y reciclaje sobre la disposición final, haciendo de los rellenos sanitarios una opción complementaria y no la única para el depósito de los mismos.

CONCLUSIONES

La restauración de vertederos en el país está rezagada por falta de financiamiento, planificación y participación comunitaria. Los casos de Mallasa, K'ara K'ara y Normandía evidencian que la existencia de planes que no garantizan su ejecución si no hay voluntad política, apoyo social de los sectores involucrados y recursos reales. Por eso es urgente pasar de los modelos técnicos verticales a enfoques sistémicos, intersectoriales y participativos. La restauración de los vertederos no debe ser solo ecológica, sino también social, económica y territorial, para así lograr una planificación urbana resiliente. El éxito dependerá de adoptar enfoques innovadores, como la restauración basada en la naturaleza y el uso de biotecnologías, integrando saberes locales, justicia ambiental y modelos de economía circular.

Si bien existe un marco legal y técnico nacional detallado y exhaustivo para la gestión de residuos sólidos y el cierre de los rellenos sanitarios, este contrasta marcadamente con la prevalencia generalizada de botaderos a cielo abierto (90 %) y los impactos ambientales y de salud documentados en sitios supuestamente cerrados. Esta contradicción subraya una brecha crítica entre la formulación de políticas y su implementación y cumplimiento efectivo en el terreno. El problema no reside en la falta de dirección legal o técnica, sino en una falla sistémica en la operacionalización, supervisión y asignación de recursos para este tipo de proyectos. Además, la naturaleza integral y técnicamente exigente de las directrices del MMAyA, que detallan requisitos complejos de ingeniería, monitoreo ambiental y cuidado post-cierre, impone implícitamente una carga técnica y financiera significativa a los gobiernos municipales locales, especialmente a los municipios responsables de la gestión operativa. Si estos municipios carecen del personal especializado necesario, el equipo avanzado y la inversión financiera sustancial, la propia exhaustividad de estas directrices, aunque técnicamente sólidas, puede convertirse inadvertidamente en una barrera para el cumplimiento en lugar de ser un facilitador. Esto sugiere que la política, si bien teóricamente robusta, podría no estar adecuadamente adaptada a las

capacidades institucionales y financieras reales de las entidades implementadoras, lo que lleva a un incumplimiento generalizado en los vertederos del país.

Finalmente, los seis lineamientos propuestos pueden ser una hoja de ruta integral para transformar los vertederos cerrados en Bolivia en espacios sostenibles y funcionales. El fortalecimiento normativo, la garantía financiera y la restauración ecológica y paisajística aseguran una base técnica y legal. Al mismo tiempo, la participación ciudadana, la innovación y una gestión moderna de residuos fortalecen la gobernanza. En conjunto, estos enfoques permiten ciudades más resilientes, inclusivas y sostenibles en cumplimiento a los ODS.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arteta-Barrios, W., Herrera-Valdes, J., Rhenals-Badillo, L., Ruiz-Martínez, N., & Mercado Caruso, N. (2021). Plan de manejo de residuos sólidos en la Región Caribe Colombiana: Revisión de literatura. Boletín de Innovación, Logística y Operaciones, 3(1). https://doi.org/10.17981/bilo.3.1.2021.07

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2020). Situación de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. https://publications.iadb.org/es/situacion-de-la-gestion-de-residuos-solidos-en-america-latina-y-el-caribe

Ferronato, N., Gorritty Portillo, M. A., Guisbert Lizarazu, E. G., Torretta, V., Bezzi, M., & Ragazzi, M. (2018). The municipal solid waste management of La Paz (Bolivia): Challenges and opportunities for a sustainable development. Waste Management & Research, 36(3), 288–299. https://doi.org/10.1177/0734242X18755893

Gestión de residuos sólidos urbanos y su impacto medioambiental. (2020). Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 2, 993–1008. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v4i2.135

González-Díaz, S. N., De Lira-Quezada, C. E., Villarreal-González, R. V., & Canseco-Villarreal, J. I. (2022). Environmental pollution and allergy. Revista Alergia México, 69(Supl. 1), S24–S30. https://doi.org/10.29262/ram.v69iSupl1.1010

González-Sánchez, R., Alonso-Muñoz, S., & Medina-Salgado, M. S. (2023). Circularity in waste management: A research proposal to achieve the 2030 Agenda. Operations Management Research, 16(3), 1520–1540. https://doi.org/10.1007/s12063-023-00373-0

Henningsson, M., Blicharska, M., Antonson, H., Mikusiński, G., Göransson, G., Angelstam, P., Folkeson, L., & Jönsson, S. (2015). Perceived landscape values and public participation in a road-planning process: A case study in Sweden. Journal of Environmental Planning and Management, 58(4), 631–653. https://doi.org/10.1080/09640568.2013.876391

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (s.f.). La próxima frontera: Desarrollo humano y el Antropoceno. Estado Plurinacional de Bolivia. http://hdr.undp.org/es/data

Lazo, D. P. L., & Gasparatos, A. (2019). Sustainability transitions in the municipal solid waste management systems of Bolivian cities: Evidence from La Paz and Santa Cruz de la Sierra. Sustainability (Switzerland), 11(17), Art. 4582. https://doi.org/10.3390/su11174582

Liao, J., Hao, G., Guo, H., & Chen, H. (2024). Effects of biochar on plant and microbial communities in landfill soil. Applied Soil Ecology, 204, 105749. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105749

Niño Hernández, W., & Mendieta, L. M. (2024). Solid waste in Pirgua, Colombia: Identification of the socio-environmental conflict. Revista Logos Ciencia & Tecnología, 16(1), 108–128. https://doi.org/10.22335/rlct.v16i1.1903

Medrano, N. (2021). Complejo de tratamiento de residuos sólidos en pequeñas poblaciones. Programa de Doctorado en Ciencias Ambientales y Sostenibilidad, Universidad Técnica de Oruro. https://www.sib.org.bo/articulos/item/666-complejo-de-tratamiento-de-residuos-solidos-en-pequenas-poblaciones.html

Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2020). Guía para la presentación de proyectos de preinversión de residuos sólidos. Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia. https://datos.siarh.gob.bo/biblioteca/102

Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2019). Guía para el diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos sanitarios (RM N° 129/2019). Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia. https://redrrss.minam.gob.pe/material/20090128200240.pdf

Estado Plurinacional de Bolivia. (2005). Ley N° 755 de gestión integral de residuos sólidos. Gaceta Oficial del Estado Plurinacional de Bolivia. https://www.lexivox.org/norms/BO-L-755.xhtml

Estado Plurinacional de Bolivia. (2016). Decreto Supremo N° 2954. Reglamento de la Ley N° 755 de gestión integral de residuos sólidos. Gaceta Oficial del Estado Plurinacional de Bolivia. https://www.lexivox.org/norms/BO-DS-N2954.xhtml

Toledo Medrano, C. L., & Luján Pérez, M. (2008). Caracterización de residuos sólidos urbanos y análisis de opciones de revalorización de materiales en el municipio de Cercado, Cochabamba, Bolivia. Acta Nova, 4(1), 3–21. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892008000100002

Vaverková, M. D., Radziemska, M., Bartoň, S., Cerdà, A., & Koda, E. (2018). The use of vegetation as a natural strategy for landfill restoration. Land Degradation & Development, 29(10), 3674–3680. https://doi.org/10.1002/ldr.3119

Miranda Samper, O. (2023). Asentamientos humanos precarios: Fenómeno urbanístico que escapa de la planificación, Revista Ingeniería e Innovación. 15. https://orcid.org/0000-0002-0150-7060

Wilson, D. C., Velis, C., & Cheeseman, C. (2006). Role of informal sector recycling in waste management in developing countries. Habitat International, 30(4), 797–808. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2005.09.005