CONAMA 2026

Economía circular como estrategia para la reducción de la tarifa del servicio público de aseo en Tunja, Boyacá-Colombia: propuesta técnica para optimizar la disposición final de residuos sólidos.

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Edita: Fundación Conama

Año: 2026

Este documento está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Personas autoras de la presente comunicación técnica

Autor principal: Ruth Natalia Rojas Díaz
Coautores: Adriana Lucía Fonseca Murillo y Juan María Mendoza Vargas
Institución: Grupo de investigación TICES, Facultad de Estudios a Distancia, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC)

Economía circular como estrategia para la reducción de la tarifa del servicio público de aseo en Tunja, Boyacá-Colombia: propuesta técnica para optimizar la disposición final de residuos sólidos.

Índice

1. Introduccion.....2

2. Planteamiento del problema 3

3. Marco juridico 3

4. Marco teórico.....4

4.1 Impactos Sociales, Económicos y Ambientales del Relleno Sanitario Pirgua (Tunja, Boyacá, Colombia) y sus Implicaciones en la Gestión del Servicio de Aseo.....4

4.1.1. Contaminación Atmosférica y Emisión de Gases.....4

4.1.2. Generación de Lixiviados e Impacto Hídrico y del Suelo.....4

4.2 Impactos en la Salud Pública.....5

4.2.1 Afecciones Físicas y Epidemiológicas:.....5

4.2.2. Afectaciones Psicológicas y Salud Mental.....6

4.2.3. Afectación a la Economía Local y Actividades Productivas..... 6

4.3 Impactos Socioeconómicos sobre las Comunidades Cercanas.....7

4.3.1. Devaluación Predial y Desigualdad Territorial.....7

4.3.2. Justificación para la Revisión Tarifaria y la Gestión Sostenible.....7

5. Propuesta técnica.....8

6. Marco conceptual 8

Economía circular como estrategia para la reducción de la tarifa del servicio público de aseo en Tunja, Boyacá-Colombia: propuesta técnica para optimizar la disposición final de residuos sólidos.

6.1. Economía Circular: Conceptos y Aplicación……...…8

6.2. Economía circular en la misión municipal……9

6.2.1. Enfoque de ciclo de vida……..9

6.2.2. Gestión integral de residuos sólidos……10

6.2.3. Papel del municipio en la gestión integral……..11

6.2.4. Arqueo de cantidades como herramienta de control……11

6.2.5. Jerarquía de gestión de residuos y priorización de alternativas……..11

7. Situación tarifaria actual……..12

8. Diagnóstico…… 13

8.1. Impacto económico municipal……..…15

8.2. Evaluación técnica……15

9. Impacto de la economía circular sobre la tarifa del servicio de aseo en Tunja……..15

9.1. Metodología de simulación……...16

10. Impacto esperado……19

11. Beneficios ambientales……19

12. Beneficios sociales……19

Conclusiones……..……20

Economía circular como estrategia para la reducción de la tarifa del servicio público de aseo en Tunja, Boyacá-Colombia: propuesta técnica para optimizar la disposición final de residuos sólidos.

Economía circular como estrategia para la reducción de la tarifa del servicio público de aseo en Tunja, Boyacá-Colombia: propuesta técnica para optimizar la disposición final de residuos sólidos.

Resumen

El Grupo de investigación TICES de la facultad de estudios a distancia de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, llevo a cabo una investigación social aplicada en el año 2026, para determinar los impactos sociales, económicos y ambientales causados por el Relleno Sanitario Pirgua en Tunja, Boyacá, Colombia; el cual estaba concebido inicialmente para atender la demanda local, pero ahora es una infraestructura regional de disposición final que actualmente recibe los residuos sólidos de 101 municipios de los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Santander. Esta sobreexplotación evidencia las severas limitaciones del modelo tradicional y lineal de gestión de residuos, el cual prioriza el enterramiento masivo sobre el aprovechamiento. La saturación operativa del vertedero desencadena una problemática socio ambiental estructural caracterizada por la emisión continua de gases de efecto invernadero (metano y CO2, la infiltración de lixiviados en el subsuelo y en la cuenca de la quebrada La Mecha, y la proliferación de vectores de enfermedades. Dichos factores ambientales derivan en graves afectaciones a la salud humana —afecciones respiratorias, dermatológicas y gastrointestinales—, riesgos de accidentes laborales y secuelas en la salud mental (estrés y estigmatización) en los habitantes contiguos de la vereda Pirgua y el municipio de Oicatá. En el plano económico, la degradación hídrica y del suelo devalúa los predios y deprime las actividades agropecuarias locales, mientras que el incremento en los volúmenes de basura enterrada eleva los costos eficientes de transporte y disposición final, trasladando esta carga financiera a los ciudadanos de Tunja mediante el aumento progresivo de la tarifa del servicio público de aseo, sin que exista una retribución o alivio tarifario por el impacto soportado. Como respuesta fundamentada a esta crisis sistémica, surge una propuesta técnica de economía circular estructurada en cuatro ejes estratégicos: la separación obligatoria en la fuente, la implementación de un sistema municipal de compostaje para residuos orgánicos, la formalización y fortalecimiento de las organizaciones de recicladores de oficio, y la creación de un sistema de incentivos para la reducción en la generación de desechos. La sostenibilidad del territorio y la disminución de la tarifa de aseo no dependen de modificaciones al marco regulatorio vigente de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), sino de una transformación estructural en el modelo de gestión. Esta transición permite reducir progresivamente los costos eficientes de disposición final, prolongar la vida útil del relleno y mitigar las presiones socio ambientales en las comunidades de influencia.

Palabras clave: Economía circular, Relleno Sanitario Pirgua, tarifa de aseo, impactos socio ambientales, disposición final de residuos, Tunja.

Economía circular como estrategia para la reducción de la tarifa del servicio público de aseo en Tunja, Boyacá-Colombia: propuesta técnica para optimizar la disposición final de residuos sólidos.

1. Introducción

El servicio público de aseo constituye uno de los pilares de la gestión ambiental urbana y un componente esencial del derecho colectivo a gozar de un ambiente sano. Sin embargo, el incremento sostenido de las tarifas ha generado preocupación entre los usuarios y ha puesto en evidencia la necesidad de replantear el modelo tradicional de manejo de residuos.

En la mayoría de los municipios colombianos, incluido Tunja, la gestión continúa fundamentándose en un esquema lineal de producción, consumo y disposición final. Bajo este modelo, una proporción significativa de residuos potencialmente aprovechables termina en el relleno sanitario, incrementando los costos de transporte y disposición final que posteriormente se reflejan en la tarifa pagada por los usuarios.

El incremento de las tarifas del servicio público de aseo constituye uno de los principales retos para la sostenibilidad económica de los hogares colombianos y para la gestión eficiente de los servicios públicos domiciliarios. En Tunja, el aumento de los costos asociados a la disposición final de residuos sólidos ha suscitado un debate sobre la necesidad de revisar los factores que determinan la tarifa sin desconocer el marco regulatorio establecido por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA).

El relleno sanitario de Pirgua en Tunja 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. (Gómez, 2022, párr. 3). Actualmente, el relleno es de carácter regional; esto implica que por su capacidad y categoría operacional debe recibir los residuos sólidos de municipios de Boyacá, pero también lo está siendo de Cundinamarca y Santander. Pirgua está recibiendo residuos sólidos de 101 municipios (Romero, 2023a) y no existe un alivio tarifario para los ciudadanos de Tunja, en retribución por el impacto ambiental generado.

El enterramiento y no aprovechamiento de los residuos es la principal problemática pero además Existen conflictos que giran en torno a todo lo que representa un relleno sanitario; tanto por su ubicación como por las afectaciones que genera en el ser humano y la naturaleza. La problemática de la gestión, disposición y ubicación de los residuos sólidos en Boyacá, es estructural y se ha mantenido en el tiempo, y su génesis ha causado problemas socio ambientales que actualmente tienen altos niveles de afectación.

La presente propuesta parte de una premisa sencilla: **la mejor forma de disminuir la tarifa consiste en reducir los costos eficientes del servicio mediante el aprovechamiento de los residuos y la disminución del volumen destinado a disposición final.**

2. Planteamiento del problema

La metodología tarifaria de la CRA remunera los costos eficientes asociados a la prestación del servicio público de aseo. En consecuencia, cuando aumenta el volumen de residuos transportados y dispuestos en el relleno sanitario, también se incrementan los costos reconocidos dentro de la tarifa.

En Tunja persisten bajos niveles de separación en la fuente y de aprovechamiento de materiales reciclables y orgánicos, lo que incrementa innecesariamente los costos de disposición final.

La pregunta que orienta esta investigación es:

¿Puede disminuirse la tarifa del servicio público de aseo mediante estrategias de economía circular que reduzcan el volumen de residuos enviados a disposición final, sin modificar el marco regulatorio vigente?

Hipótesis

La incorporación de estrategias de economía circular permite disminuir el volumen de residuos destinados al relleno sanitario y, en consecuencia, reducir los costos eficientes del servicio público de aseo, generando las condiciones para una disminución progresiva de la tarifa dentro del marco regulatorio establecido por la CRA.

3. Marco jurídico

- Constitución Política de Colombia.
- Ley 142 de 1994.
- Decreto 1077 de 2015.
- Resolución CRA 720 de 2015.
- Resolución CRA 943 de 2021.
- Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos.
- Estrategia Nacional de Economía Circular.
- Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 11 y 12).
- Decreto 802 de 2022- incentivo PGIRS
- Resolución 754 de 2014: Incentivo al aprovechamiento y tratamiento de residuos.
- Decreto 0381 de 2020: se adopta estrategias ciudades, entornos y ruralidad sostenible.

4. Marco teórico

4.1 Impactos Sociales, Económicos y Ambientales del Relleno Sanitario Pirgua (Tunja, Boyacá, Colombia) y sus Implicaciones en la Gestión del Servicio de Aseo

Los rellenos sanitarios constituyen una opción de disposición final que demanda un riguroso control ambiental. Sin embargo, la operación del relleno sanitario URBASER en la vereda Pirgua del municipio de Tunja, presenta deficiencias en el seguimiento de variables críticas, generando pasivos ambientales sobre la atmósfera, el suelo y las fuentes hídricas.

4.1.1. Contaminación Atmosférica y Emisión de Gases: La degradación de la basura acumulada y dispuesta genera gases como dióxido de carbono (CO_2), gas metano (CH_4) y olores ofensivos que deterioran la calidad del aire de las poblaciones circundantes. Estas emisiones no solo generan alteraciones paisajísticas que devalúan el valor comercial de la propiedad privada cercana, sino que distorsionan el equilibrio ecológico.

Entre los factores de riesgo asociados a la contaminación ambiental generada por el relleno sanitario, se destacan la emisión de gases como dióxidos de carbono y gas metano, así como la presencia de lixiviados, contaminantes tanto del aire como del agua (Dávila et al., 2021). Estos elementos conllevan consecuencias económicas que afectan a las comunidades, manifestándose en pérdidas en la vida silvestre, la flora y las actividades agrícolas y ganaderas cuando se utilizan sus aguas para el riego y la fertilización de los suelos a lo largo de la cuenca. Quintero, 2021) ;(Morelos et al., 2014), además, Gil et al., (2020) afirman, que este ambiente propicia la proliferación de roedores, insectos y animales carroñeros que actúan como portadores permanentes de enfermedades epidérmicas, al igual que enfermedades respiratorias debido a la contaminación del aire y de los cursos de agua por filtraciones derivadas del relleno sanitario.

4.1.2. Generación de Lixiviados e Impacto Hídrico y del Suelo: La filtración e infiltración de lixiviados provenientes de la descomposición de desechos sólidos sobrecargan el suelo con sustancias químicas y metales pesados. Esta alteración química reduce la productividad agrícola y ganadera de los terrenos contiguos. Adicionalmente, las filtraciones amenazan los cursos de agua superficiales y subterráneos, afectando directamente asentamientos contiguos y la microcuenca de la quebrada La Mecha, comprometiendo además a municipios vecinos como Oicatá. Es fundamental tener un control adecuado de los vertederos de aguas superficiales y subterráneas, ya que los lixiviados generados por los residuos pueden causar daños a los recursos naturales y afectar la salud de la población (Velásquez, 2022), en consecuencia, las filtraciones de aguas contaminadas pueden ocasionar enfermedades infecciosas que pueden provocar la pérdida de vidas en un gran número de personas. Por lo tanto, es necesario contar con adecuados esquemas de manipulación de los residuos, ya que existe una relación directa entre la contaminación atmosférica y las afecciones a la salud (Arain et al., 2020).

Es fundamental abordar la contaminación de los suelos y el agua causada por los lixiviados, así como reducir las emisiones de gases que contaminan el ambiente atmosférico, lo cual afecta la habitabilidad de la comunidad circundante (Calvo y Castañeda, 2021).

Para mitigar estos problemas, es necesario fomentar una cultura ambiental que involucre a la población de los municipios de Boyacá que comparten el servicio del relleno sanitario con los residuos de Tunja; esto implica establecer la cadena de gestión de residuos que incluya actividades de reducción y clasificación desde los hogares, con el apoyo de las autoridades locales, para mejorar las condiciones del relleno y proteger la salud de la población circundante (Quintero y Melo, 2021).

Es imperioso realizar el monitoreo constante de los estándares y de las características físicas y químicas de las aguas fluviales y subterráneas, así como del aire, con el fin de prevenir el deterioro de la salud de las personas que trabajan en el relleno, así como proteger el entorno social y natural en el que se llevan a cabo procesos vitales entre la naturaleza y los seres vivos (Dávila et al., 2021); a pesar de la existencia de regulaciones para el funcionamiento de los rellenos sanitarios, se ha observado un impacto negativo en el entorno debido a la falta de seguimiento y control de los factores de contaminación. Esto ha llevado a consecuencias perjudiciales tanto en el subsuelo como en el medio ambiente circundante (Quintero et al., 2017; Fabra y Mejía, 2019)
Ante esta situación, Cobos et al., (2021). sugieren la implementación de un modelo de gestión sostenible para el cuidado de las cuencas hidrográficas cercanas al relleno sanitario, este modelo comprende cuatro aspectos fundamentales: el monitoreo de los nacimientos de agua, el análisis del potencial económico del territorio, la aplicación de normas legales ambientales y la planificación adecuada. Estos elementos son de vital importancia para garantizar el bienestar y la calidad de vida de los empleados y de la población que vive en las cercanías de la instalación de disposición final de residuos sólidos (Vázquez y Reynaldo, 2022).

4.2 Impactos en la Salud Pública

4.2.1 Afecciones Físicas y Epidemiológicas: La presencia de gases, partículas respirables, agentes patógenos e ineficiente manejo de lixiviados incrementa la prevalencia de enfermedades respiratorias, infecciones gastrointestinales, patologías cutáneas e inflamaciones circulatorias o del sistema nervioso. A nivel ocupacional, los trabajadores enfrentan riesgos de cortes, pinchazos, quemaduras, caídas y atropellos vinculados al manejo de residuos peligrosos, escombros y vidrios.

Dávila et al., (2021), sostienen que la vaporización de materiales presentes en los rellenos sanitarios puede afectar las vías respiratorias y causar enfermedades como afecciones pulmonares, insuficiencia cardíaca, irritación en la piel, malestar renal, trastornos cerebrales, neurotoxicidad y, en algunos casos, incluso cáncer de piel. Estas enfermedades

son provocadas por agentes químicos presentes en los residuos de materiales de construcción, como cianuros, cromo, cobalto y plomo, que pueden causar inflamación en el cuerpo y afectar el sistema circulatorio (Coral et al., 2019); (Moitra et al., 2020).

4.2.2. Afectaciones Psicológicas y Salud Mental: El contacto cotidiano con olores desagradables y la convivencia en un entorno insalubre generan cuadros significativos de estrés, ansiedad, depresión, frustración e impotencia. Estas condiciones impactan desfavorablemente en los hábitos de higiene, la alimentación y la cohesión social de los residentes y trabajadores.

Aunque los principales efectos de la contaminación se hacen ver en el entorno natural y en las alteraciones de los ecosistemas, estos también generar diversas afectaciones psicológicas tanto en los trabajadores que laboran en él, como en las comunidades vecinas (Pernia et al 2022), estas afectaciones incluyen: estrés y ansiedad que se manifiesta con el aislamiento social, el constante contacto directo con olores desagradables hace el individuo descuide aspectos relacionados con la higiene personal y buenos hábitos de alimentación abandonando el interés por su propia salud; además trabajar y vivir en entornos desagradables, la depresión es otro factor que perdida de interés en sus actividades diarias y la incapacidad para entender los estilos de vida (Jantz y Ruggerio, 2021),

4.2.3. Afectación a la Economía Local y Actividades Productivas: La contaminación del suelo y de los cursos hídricos utilizados para el riego y fertilización distorsiona el desarrollo normal de la agricultura y la ganadería, generando pérdidas económicas continuas en la flora, fauna y producción agropecuaria.

La contaminación ambiental cercana a las zonas de influencia al relleno sanitario, es una silenciosa amenaza para la vida por la disposición inadecuada de los residuos sólidos que permite que dichos elementos afecten al medio ambiente, trayendo consecuencias trágicas y perjuicios para todos los seres vivos en especial para la subsistencia humana, haciendo imposible la sostenibilidad del contexto geográficos (Abarca et al., 2018). La lixiviación de materiales en los lugares de almacenamiento y en áreas donde se desarrollan actividades productivas, como la agricultura y la ganadería, distorsiona el desarrollo normal de las actividades económicas y las condiciones físicas necesarias para lograr una buena calidad de vida; ante esta situación, es crucial implementar buenas prácticas y técnicas de manejo en el relleno sanitario para controlar las variables que afectan a las comunidades vecinas (Moreno, 2022). Se requiere un enfoque adecuado que garantice la protección del medio ambiente y la salud de las poblaciones circundantes, promoviendo la sostenibilidad y el bienestar general.

4.3 Impactos Socioeconómicos sobre las Comunidades Cercanas

La presencia de una infraestructura de disposición final de gran escala como el relleno sanitario Pirgua origina importantes externalidades negativas de carácter socioeconómico que inciden directamente en el bienestar de los habitantes de su área de influencia:

4.3.1. Devaluación Predial y Desigualdad Territorial: La exposición constante a olores nauseabundos, la presencia masiva de vectores (moscas, roedores y aves carroñeras) y el deterioro panorámico conducen a una devaluación sistemática de las propiedades privadas y terrenos circundantes. Esto genera procesos de estigmatización territorial, desventaja económica y segregación socio espacial para la comunidad.

La contaminación del aire es una variable específica que altera las características deseables del ambiente y la produce el almacenamiento a cielo abierto de agentes físicos, químicos o biológicos, los cuales, en grandes cantidades, resultan nocivos para la salud humana. Esta contaminación también afecta los recursos naturales y genera un aspecto paisajístico negativo que devalúa la propiedad privada y altera el equilibrio ecológico (Quintero, 2021).

4.3.2. Justificación para la Revisión Tarifaria y la Gestión Sostenible

La evidencia científica demuestra que la transferencia masiva de residuos de decenas de municipios hacia un solo punto de disposición final genera costos socio ambientales que suelen ser asumidos por las comunidades locales y el ecosistema en lugar del operador o la estructura tarifaria convencional.

- La falta de monitoreo estricto de las características físico-químicas de las aguas y del aire altera las condiciones del subsuelo y la habitabilidad.
- Para contrarrestar el impacto negativo y promover la equidad tarifaria, se requiere incentivar cadenas de gestión integral (reducción, clasificación en la fuente y reciclaje) y adaptar esquemas regulatorios que reconozcan las afectaciones y costos soportados por el territorio receptor.

5. Propuesta técnica

La propuesta se fundamenta en cuatro ejes estratégicos:

EJES DE LA PROPUESTA TÉCNICA

- 1. Separación Obligatoria en la Fuente: Clasificación en hogares, comercios e instituciones.
- 2. Sistema Municipal de Compostaje: Tratamiento de la fracción orgánica (50 % de los residuos).
- 3. Fortalecimiento de Organizaciones de Recicladores de Oficio: Inclusión formal, mejora de infraestructuras y logística.
- 4. Sistema Municipal de Incentivos: Reconocimientos y alivios a la separación efectiva.

6. MARCO CONCEPTUAL

El presente marco conceptual desarrolla conceptos económicos, ambientales, sociales y normativos necesarios para analizar la incorporación de la economía circular en la gestión municipal de residuos sólidos. Su propósito es establecer las relaciones entre el aprovechamiento efectivo de los residuos, la eficiencia operacional del servicio público de aseo, la reducción de impactos ambientales, la inclusión de los recicladores de oficio y los posibles efectos económicos y tarifarios para los usuarios.

La perspectiva adoptada reconoce que la economía circular no consiste únicamente en incrementar el reciclaje. Requiere transformar la manera en que se diseñan los productos, se consumen los recursos, se separan los residuos, se organizan las operaciones logísticas y se financia la recuperación de materiales. En consecuencia, su aplicación en Tunja debe evaluarse a partir de resultados verificables, indicadores de desempeño y escenarios técnicos, económicos y ambientales comparables.

6.1. Economía Circular: Conceptos y Aplicación.

La economía circular es el modelo de producción orientado a conservar la valía de los materiales en el mayor tiempo posible, prevenir la generación de residuos y reducir la dependencia de materias primas de alto costo. Se aparta del modelo económico lineal mediante estrategias de, reciclaje, reutilización, a diferencia de extraer, comprimir y consumir. A propósito, La Ellen MacArthur Foundation (2013) cree que la economía circular se enfoca en la separación de residuos y contaminantes desde la delineación, la circulación de productos y materiales y el rediseño de los sistemas naturales. Este plan confiere el alcance del análisis, que requiere recolección, disposición final, conjuntamente del flujo de

materiales recuperables, dependiendo de sus características físicas, nivel de contaminación, de la tecnología disponible y de los escenarios del mercado.
Desde una perspectiva general, la economía circular se logra relacionar mediante tres principios:
1. Prevenir la contaminación y controlar los residuos: injerir desde la adquisición, el consumo, el diseño de productos y la prestación de servicios para reducir la cantidad de materiales descartados.
2. Impulsar prácticas de economía circular: iniciar la reutilización, reparación, separación, clasificación, reciclaje y beneficio de las fracciones orgánicas.
3. Restaurar los sistemas naturales: participar con habilidades que contribuyan a la preservación de recursos, la recuperación de suelos y la utilización responsable de los recursos esenciales para el equilibrio de los ecosistemas y el bienestar humano
La jerarquización de estas estrategias es importante porque no todas producen el mismo beneficio. Prevenir la generación de un residuo puede evitar simultáneamente su recolección, transporte, tratamiento y disposición. En cambio, reciclar un material ya usado exige actividades adicionales de separación, logística, clasificación y transformación.

6.2. Economía circular en la misión municipal

La economía circular en la esfera municipal involucra organizar el sistema de recolección de residuos de manera que los materiales potencialmente utilizables puedan regresar a procesos productivos trayendo como resultado una reducción sostenible de residuos enviados a disposición final. En Tunja, esta orientación podría desarrollarse con la siguiente maniobra
. Separación de residuos aprovechables de los no reutilizables desde los hogares, establecimientos comerciales e instituciones y prevención del desperdicio de alimentos o productos de corta vida útil y el aprovechamiento de residuos orgánicos mediante compostaje u otras tecnologías apropiadas
. Recolección selectiva coordinada con las organizaciones de recicladores, industriales, hogares, centros comerciales para clasificar y comercializar materiales técnicamente recuperables como papel, cartón, plásticos, metales, vidrio y otros
Establecimientos de rutas con frecuencias programas y puntos de entrega con capacidad suficiente de transporte con un seguimiento efectivo de las cantidades recuperadas y a las basuras generadas durante el tratamiento. Estas labores deben estar señaladas de acuerdo a las condiciones territoriales, la obtención real de residuos, la capacidad corporativa, los costos de manipulación y la demanda de materiales rescatados.

6.2.1. Enfoque de ciclo de vida

El análisis de ciclo de vida permite evaluar los impactos ambientales asociados con las distintas etapas del proceso, desde la extracción de recursos hasta el beneficio o disposición final. La norma ISO 14040:2006 establece reglas o el marco general aplicado a la evaluación de la gestión de residuos, con enfoque a asumir que cualquier alternativa de

reciclaje automáticamente sostenible. La alternativa de aprovechamiento genera beneficios ambientales, sin embargo, estos deben contrastarse las emisiones de los vehículos, con el consumo energético, las distancias de transporte, los insumos utilizados y el destino de los materiales rechazados.

6.2.2. Gestión integral de residuos sólidos

La gestión integral de residuos se compone del conjunto de actividades técnicas, administrativas, financieras, ambientales y sociales coordinadas para la prevención de generación de residuos, tratarlos de manera segura y aprovechar los materiales directos que logren ser reincorporados a procesos productivos, sin que se asuma la responsabilidad de la limpieza pública; además dicho sistema integral debe articular la generación con separación, acopio, recolección, transporte, clasificación, beneficio, tratamiento y disposición final, de acuerdo con las características de cada espécimen de residuos y con la norma aplicable.

En Colombia, el Decreto 1077 de 2015 agrupa la reglamentación del sector de vivienda, ciudad y territorio, incluidas disposiciones sobre el servicio público de aseo. La gestión municipal también se relaciona con los instrumentos de planificación de residuos, las competencias territoriales y las reglas específicas aplicables a los prestadores del servicio

Tabla 1. Mecanismos de la gestión de los residuos

Componente	Función principal	Indicador sugerido
Generación	Identificar la cantidad residuo se produce y de qué espécimen	kg/habitante/día
Separación en la fuente	Clasificar los materiales según su potencial de explotación	Relación de separación apropiada
Recolección y transporte	Reubicar los residuos de forma segura y eficaz	Costo por tonelada recolectada
Aprovechamiento	Registrar materiales para su reutilización o transformación	Toneladas efectivamente aprovechadas
Procedimiento orgánico	Convertir la fracción orgánica mediante procesos apropiados	Toneladas tratadas y calidad del beneficio
Disposición final	Gestionar las porciones que no pueden aprovecharse convenientemente	Toneladas dispuestas
Control y seguimiento	Verificar resultados, costos y cumplimiento	Cumplimiento de metas e indicadores

Las cantidades apartadas no deben registrarse indeliberadamente como aprovechamiento: es necesario establecer qué parte llega a un destino útil y qué proporción se inspecciona como rechazo.

6.2.3. Papel del municipio en la gestión integral

Las funciones que debe cumplir el municipio son de planificación, coordinación institucional, educación ambiental, promoción de condiciones adecuadas para la prestación del servicio, ejecutando seguimiento de acuerdo con las competencias legales vigentes o instrumentos territoriales e impulso de condiciones adecuadas para la prestación del servicio. Para la ciudad de Tunja, el diagnóstico deberá identificar los instrumentos de planificación aplicables, las entidades responsables, con los recursos de planificación aplicables a los prestadores que se desempeñan en el territorio, como las organizaciones de recicladores, las instalaciones favorables y los componentes de articulación entre los partes públicas y privadas.
Las competencias tarifarias o regulatorias no deben atribuirse al municipio, sino que corresponden a las autoridades prestadoras del servicio. Es concluyente distinguir entre el compromiso municipal de legalizar prestación eficiente del servicio, las obligaciones de los prestadores y las funciones de la política, vigilancia y control de las autoridades útiles.

6.2.4. Arqueo de cantidades como herramienta de control

El arqueo de acopios permite determinar el destino de los residuos y verificar si las cantidades registradas son consistentes y se consideran como: los residuos generados en el periodo, residuos positivamente aprovechados, restos enviados a disposición final, procedimientos específicos o destinos diferenciados y variación de los residuos almacenados dentro del sistema de manejo. La contabilidad debe aplicarse con términos del sistema definidos con claridad, evitando en los registros la repetición de datos del mismo material y relacionado los datos del pesaje de la cantidad excluida para la reutilización y registrando las fechas o periodos de valoración de los procesos. Además, este balance establece una base técnica para valorar si la propuesta circular verdaderamente reduce la disposición final o meramente modifica las etapas anteriores del manejo.

6.2.5. Jerarquía de gestión de residuos y priorización de alternativas

Jerarquizar o ponderar la de gestión de residuos es el inicio instructor para seleccionar las alternativas que prometen altos resultados ambientales y económicos, el propósito consiste en anticipar las labores que evitan la generación de residuos que conserva el valor de los materiales, antes de recurrir al tratamiento o a la disposición final.

La jerarquía debe concebirse como un razonamiento para la toma de decisiones y no como una medida o mecanismo que excluya la apreciación de las condiciones técnicas de cada material. La admisión de una estrategia depende de su estructura, circunstancias de manejo, costos, tecnología disponible, demanda de los productos recuperados y los potenciales riesgos ambientales.

7. Situación tarifaria actual

A partir de la tabla tarifaria de URBASER Tunja (junio de 2026), es posible realizar una estimación cuantitativa preliminar del impacto tarifario. Debe aclararse que esta estimación corresponde a un escenario técnico de simulación, ya que la empresa prestadora no publica en la tabla el tonelaje total mensual dispuesto en el relleno sanitario ni la composición detallada de los residuos. En consecuencia, los resultados representan una proyección basada en los costos unitarios oficiales.

urbaser

URBASER TUNJA S.A. E.S.P., informa a sus clientes del servicio de aseo del municipio de Tunja que los costos aplicados para el cálculo de las tarifas, según lo establecido en la Resolución CRA 720 de 2015, emitida por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, para la facturación del servicio público de aseo:

Costos de Referencia	Valor
Costo barrido y limpieza por suscriptor – CBLS ($ / usuario)	$32,025
Costo comercialización aprovechamiento por suscriptor ($ / usuario)	$673
Costo limpieza urbana por suscriptor – CLUS ($ / usuario)	$3,771
Costo recolección y transporte por tonelada – CRT ($ / Tonelada)	$125,694
Costo tratamiento de lixiviados por tonelada – CTL ($ / Tonelada)	$12,667
Costo disposición final por tonelada – CDF ($ / Tonelada)	$38,939
Valor base aprovechamiento por tonelada aprovechada – VBA ($ / Tonelada)	$158,531
Valor base incentivo aprovechamiento por tonelada ($ / Tonelada)	$14,007

Tarifas mes prestación del servicio	Junio/2026
Tarifas mes emisión facturación	Julio/2026

Toneladas	Valor
Toneladas de Barrido y Limpieza – TRBL (Toneladas / Usuario)	0.00124
Toneladas de Limpieza Urbana – TRLU (Toneladas / Usuario)	0.019355
Toneladas Efectivamente Aprovechadas – TRA (Toneladas / Usuario)	0.005375
Toneladas de Rechazo del Aprovechamiento – TRRA (Toneladas / Usuario)	0

Componentes de la Tarifa	Valor
Costo fijo total por suscriptor CFT sin aprovechamiento ($ / usuario)	$38.039
Costo fijo total por suscriptor CFT con aprovechamiento ($ / usuario)	$38.711
Costo variable no aprovechables por tonelada CVNA ($ / Tonelada)	$191,308
Valor base aprovechamiento por tonelada aprovechada VBA ($ / Tonelada)	$158,531

La presente publicación se realiza en cumplimiento de lo establecido en el Artículo 2.3.2.2.4.2.112* del Decreto 1077 de 2015 y en el Artículo 5.3.4.4.** de la Resolución CRA 943 de 2021, garantizando la transparencia en la divulgación de los costos y tarifas aplicables al servicio de aseo en el municipio de Tunja.

URBASER TUNJA S.A. E.S.P., adicionalmente informa a sus clientes del servicio de aseo del municipio de Tunja, que los subsidios, contribuciones y tarifas que se aplican en el mes de prestación Junio 2026, serán las siguientes:

Estrato/Uso	Toneladas Residuos No Aprovechables por suscriptor	Costo Comercialización Energía	Costo Comercialización Aprovechamiento	Tarifa de Limpieza Urbana	Tarifa de Recolección Barrido y Limpieza	Tarifa de Recolección y Transporte	Tarifa de Disposición Final	Tarifa de Tratamiento de Lixiviados	Tarifa de Aprovechamiento	Tarifa de Valor Incentivo Aprovechamiento	Tarifa Plena	Subsidio/ Contribución	Tarifa Final Servicio
Estrato 1	0,035200	$ 2.242	$ 673	$ 3.771	$ 32.025	$ 7.014	$ 2.173	$ 707	$ 852	$ 782	$ 50.239	-70%	$ 15.072
Estrato 2	0,038300	$ 2.242	$ 673	$ 3.771	$ 32.025	$ 7.406	$ 2.294	$ 746	$ 852	$ 825	$ 50.834	-40%	$ 30.499
Estrato 3	0,040100	$ 2.242	$ 673	$ 3.771	$ 32.025	$ 7.630	$ 2.364	$ 769	$ 852	$ 850	$ 51.176	-13%	$ 44.522
Estrato 4	0,044600	$ 2.242	$ 673	$ 3.771	$ 32.025	$ 8.190	$ 2.537	$ 825	$ 852	$ 913	$ 52.028	0%	$ 52.029
Estrato 5	0,054400	$ 2.242	$ 673	$ 3.771	$ 32.025	$ 9.423	$ 2.919	$ 950	$ 852	$ 1.050	$ 53.905	65%	$ 88.942
Estrato 6	0,066800	$ 2.242	$ 673	$ 3.771	$ 32.025	$ 10.991	$ 3.405	$ 1.108	$ 852	$ 1.225	$ 56.292	85%	$ 104.139
Pp. Comercial 1	0,052200	$ 2.242	$ 673	$ 3.771	$ 32.025	$ 9.149	$ 2.834	$ 922	$ 852	$ 1.020	$ 53.488	62%	$ 86.650
Pp. Comercial 2	0,100000	$ 2.242	$ 673	$ 3.771	$ 32.025	$ 15.163	$ 4.698	$ 1.528	$ 852	$ 1.690	$ 62.642	62%	$ 101.479
Pp. Comercial 3	0,108700	$ 2.242	$ 673	$ 3.771	$ 32.025	$ 16.257	$ 5.036	$ 1.638	$ 852	$ 1.812	$ 64.306	62%	$ 104.175
Pp. Oficial 1	0,052200	$ 2.242	$ 673	$ 3.771	$ 32.025	$ 9.149	$ 2.834	$ 922	$ 852	$ 1.020	$ 53.488	0%	$ 53.488
Pp. Oficial 2	0,100000	$ 2.242	$ 673	$ 3.771	$ 32.025	$ 15.163	$ 4.698	$ 1.528	$ 852	$ 1.690	$ 62.642	0%	$ 62.641
Pp. Oficial 3	0,108700	$ 2.242	$ 673	$ 3.771	$ 32.025	$ 16.257	$ 5.036	$ 1.638	$ 852	$ 1.812	$ 64.306	0%	$ 64.307
Pp. Industrial 1	0,052200	$ 2.242	$ 673	$ 3.771	$ 32.025	$ 9.149	$ 2.834	$ 922	$ 852	$ 1.020	$ 53.488	62%	$ 86.650
Pp. Industrial 2	0,100000	$ 2.242	$ 673	$ 3.771	$ 32.025	$ 15.163	$ 4.698	$ 1.528	$ 852	$ 1.690	$ 62.642	62%	$ 101.479
Pp. Industrial 3	0,108700	$ 2.242	$ 673	$ 3.771	$ 32.025	$ 16.257	$ 5.036	$ 1.638	$ 852	$ 1.812	$ 64.306	62%	$ 104.175

- Costo de recolección y transporte (CRT): **$125.694 por tonelada**.
- Costo de disposición final (CDF): **$38.939 por tonelada**.
- Costo de tratamiento de lixiviados (CTL): **$12.667 por tonelada**.
- Costo variable de residuos no aprovechables (CVNA): **$191.308 por tonelada**.

Esto significa que cada tonelada que deja de llegar al relleno sanitario evita aproximadamente $176.000 en costos directos (recolección y transporte, disposición final y tratamiento de lixiviados):

- Recolección y transporte: $125.694

- Disposición final: $38.939
- Tratamiento de lixiviados: $12.667

Total, estimado: $177.300 por tonelada.

8. Diagnóstico

El análisis de la estructura tarifaria evidencia que el costo del servicio depende principalmente de:

- recolección;
- transporte;
- barrido;
- limpieza urbana;
- aprovechamiento;
- disposición final.

Entre estos componentes, la disposición final representa uno de los mayores factores de presión sobre la tarifa, pues su costo aumenta en la medida en que se incrementa la cantidad de residuos enviados al relleno sanitario.

Paradójicamente, una parte importante de estos residuos podría ser reciclada o transformada mediante procesos de compostaje, reduciendo significativamente el volumen que requiere disposición final.

Punto de partida del aprovechamiento: La tabla muestra que actualmente se aprovechan 0,005375 toneladas por usuario al mes (5,38 kg/usuario/mes).

La propuesta técnica plantea:

- separación obligatoria en la fuente;
- compostaje municipal;
- fortalecimiento del reciclaje;
- incentivos para reducir la generación de residuos.

Estas medidas buscan aumentar significativamente el volumen de residuos recuperados antes de su disposición final.

Escenarios de simulación

<table>
<tr><th>Escenario 1 (conservador)</th><th>Escenario 2 (intermedio)</th><th>Escenario 3 (economía circular consolidada)</th></tr>
<tr>
<td>Supuesto:

• incremento del aprovechamiento del 15 %.

Reducción estimada del costo variable:

≈ 2,5 % del costo variable del servicio.

Impacto esperado sobre la tarifa final:

<table>
<tr><th>Usuario</th><th>Tarifa actual</th><th>Tarifa estimada</th></tr>
<tr><td>Estrato 3</td><td>$44.523</td><td>$43.400</td></tr>
<tr><td>Estrato 4</td><td>$52.029</td><td>$50.700</td></tr>
</table>

Ahorro mensual:

• Estrato 3: ≈ $1.100

Estrato 4: ≈ $1.300</td>
<td>Supuesto:

• aumento del aprovechamiento del 30 %.

Reducción estimada del costo variable:

≈ 5 %.

La tarifa podría disminuir aproximadamente:

<table>
<tr><th>Usuario</th><th>Tarifa actual</th><th>Tarifa estimada</th></tr>
<tr><td>Estrato 3</td><td>$44.523</td><td>$42.300</td></tr>
<tr><td>Estrato 4</td><td>$52.029</td><td>$49.400</td></tr>
</table>

Ahorro mensual:

• Estrato 3: $2.200
• Estrato 4: $2.600</td>
<td>Supuesto:

• separación en la fuente superior al 50 %;
• compostaje de la mayoría de residuos orgánicos;
• fortalecimiento del reciclaje formal.

Reducción estimada de residuos enviados al relleno:

25–30 %.

En este escenario la reducción del costo variable podría situarse entre 8 % y 10 %.

Las tarifas serían aproximadamente:

<table>
<tr><th>Usuario</th><th>Tarifa actual</th><th>Tarifa con propuesta</th></tr>
<tr><td>Estrato 3</td><td>$44.523</td><td>$40.000–41.000</td></tr>
<tr><td>Estrato 4</td><td>$52.029</td><td>$47.000–48.000</td></tr>
</table>

El ahorro sería cercano a:

• Estrato 3: $3.500–4.500 mensuales
• Estrato 4: $4.000–5.000 mensuales</td>
</tr>
</table>

8.1. Impacto económico municipal

Tomando como referencia únicamente los costos oficiales publicados:

cada 1.000 toneladas que dejen de llegar al relleno sanitario representarían un ahorro cercano a:

$177 millones

desglosados en:

- $125,7 millones en recolección y transporte;
- $38,9 millones en disposición final;
- $12,7 millones en tratamiento de lixiviados.

Si un programa integral de economía circular lograra reducir 5.000 toneladas/año, el ahorro directo ascendería aproximadamente a:
$886 millones anuales.
Con una reducción de 10.000 toneladas/año, el ahorro alcanzaría:

$1.773 millones anuales.

8.2. Evaluación técnica

La información tarifaria indica que el componente fijo (barrido, limpieza urbana y comercialización) representa una parte importante de la factura y no se modifica por la reducción de residuos.

Por ello, la propuesta de economía circular no puede generar reducciones del 20 % o 30 % en la tarifa total sin cambios regulatorios. Sin embargo, sí es técnicamente razonable proyectar una disminución de entre el 5 % y el 10 % de la tarifa final cuando se logre una reducción sostenida y significativa del volumen de residuos enviados al relleno sanitario, ya que el ahorro se concentra en los componentes variables del servicio.

9. Impacto de la economía circular sobre la tarifa del servicio de aseo en Tunja

Los siguientes supuestos se toman de la información oficial:

Variable	Valor
Costo de recolección y transporte (CRT)	$125.694/t
Costo disposición final (CDF)	$38.939/t
Tratamiento lixiviados (CTL)	$12.667/t
Costo variable residuos no aprovechables (CVNA)	$191.308/t
Aprovechamiento actual	0,005375 t/usuario/mes
Estrato analizado	Estrato 4
Tarifa actual	$52.029/mes

Fuente: publicación tarifaria de URBASER Tunja.

9.1. Metodología de simulación

La metodología CRA puede simplificarse conceptualmente así:

Tarifa = Costo fijo + Costo variable

El costo fijo prácticamente permanece constante.

La propuesta únicamente modifica el costo variable mediante la disminución del volumen transportado al relleno sanitario.

Por tanto:

Reducción del volumen de residuos → reducción del costo variable → disminución de la tarifa.

Escenario base
Tarifa Estrato 4
Costo fijo: $36.469
Costo variable: $15.560
Tarifa total: $52.029 El costo variable representa aproximadamente **3+0 % de la tarifa**

Escenario A	Escenario B	Escenario C
Separación en la fuente Supuesto técnico Se recupera 15 % de los residuos actualmente enviados al relleno. Reducción del costo variable 15 % Nuevo costo variable: $13.226 Nueva tarifa: $49.695 Reducción tarifaria: **4,5 %** Ahorro por usuario: **$2.334/mes** Ahorro anual: **$28.008**	Compostaje + reciclaje fortalecidos Supuesto 30 % de reducción del volumen enviado al relleno. Costo variable $10.892 Tarifa: $47.361 Reducción: **9 %** Ahorro mensual: $4.668 Ahorro anual: $56.016	Economía circular consolidada Supuestos Separación efectiva Compostaje municipal Reciclaje fortalecido Educación ciudadana Reducción del volumen: 45 % Costo variable: $8.558 Nueva tarifa: $45.027 Reducción:**13,5 %** Ahorro mensual: $7.002 Ahorro anual: $84.024

Proyección municipal

Si el municipio reduce la disposición final en 5.000 toneladas/año Ahorro directo Recolección y transporte: $628 millones Disposición final: $195 millones Tratamientos lixiviados: $63 millones Total: **$886 millones/año**
Si la reducción alcanza 8.000 toneladas Ahorro: **$1.418 millones/año**

Si llega a 10.000 toneladas Ahorro: **$1.773 millones/año**

Tabla 2. Impacto sobre la tarifa por estratos

Estrato	Tarifa actual	Escenario A	Escenario B	Escenario C
1	$15.071	$14.393	$13.716	$13.038
2	$30.501	$29.129	$27.756	$26.384
3	$44.523	$42.520	$40.516	$38.513
4	$52.029	$49.695	$47.361	$45.027
5	$88.942	$84.949	$80.956	$76.963
6	$104.139	$99.461	$94.782	$90.103

Tabla 3. Indicadores financieros

Indicador	Escenario A	Escenario B	Escenario C
Reducción residuos	15 %	30 %	45 %
Reducción costo variable	15 %	30 %	45 %
Reducción tarifa	4,5 %	9 %	13,5 %
Ahorro anual usuario estrato 4	$28.008	$56.016	$84.024
Ahorro municipal (5.000 t/año)	$886 millones	$886 millones	$886 millones*

*El ahorro de $886 millones corresponde al supuesto de reducción de 5.000 toneladas anuales. Si el volumen reducido fuera mayor (por ejemplo, 8.000 o 10.000 toneladas), el ahorro aumentaría proporcionalmente.

La simulación indica que la propuesta de economía circular planteada tiene viabilidad económica y que, bajo la lógica de la Resolución CRA 720 de 2015, una reducción sostenida de los residuos enviados al relleno sanitario podría traducirse en una disminución aproximada de entre el 4,5 % y el 13,5 % de la tarifa del servicio de aseo, dependiendo del nivel de aprovechamiento alcanzado. Esta estimación se fundamenta en la reducción de

los costos variables reconocidos por la metodología tarifaria y es consistente con la estructura de costos publicada para Tunja.

10. Impacto esperado

La implementación conjunta de estas estrategias permitiría:

- reducir significativamente el volumen de residuos enviados al relleno sanitario;
- disminuir los costos de disposición final;
- prolongar la vida útil del relleno sanitario;
- fortalecer la economía circular local;
- mejorar las condiciones económicas de los recicladores;
- generar ahorros susceptibles de reflejarse progresivamente en la tarifa del servicio de aseo, conforme a la metodología regulatoria aplicable.

11. Beneficios ambientales

- Disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Protección del suelo y de las fuentes hídricas.
- Reducción de lixiviados.
- Conservación de recursos naturales.
- Mayor aprovechamiento de materiales reciclables.

12. Beneficios sociales

- Formalización y fortalecimiento de las organizaciones de recicladores.
- Generación de empleo verde.
- Educación ambiental ciudadana.
- Mayor participación comunitaria.
- Reducción del costo del servicio para los usuarios.

Conclusiones

La discusión en torno a la tarifa del servicio público de aseo en el municipio de Tunja no debe limitarse a un reclamo sobre la cuantía de la factura, sino orientarse hacia la transformación de los factores estructurales que determinan los costos de prestación del servicio. A partir del diagnóstico socio ambiental y de la simulación financiera realizada con base en el marco tarifario vigente (Resolución CRA 720 de 2015), se concluye lo siguiente:

1. **Viabilidad técnica y financiera sin reformas regulatorias:** Es plenamente factible generar un alivio económico en la tarifa de aseo para los usuarios de Tunja sin necesidad de modificar el marco normativo nacional. Debido a que el costo variable representa aproximadamente el 30 % de la tarifa total (asociado a la recolección, transporte, disposición final y tratamiento de lixiviados), cualquier reducción en la masa de residuos enviados al relleno impacta directamente de manera positiva la tarifa. Las simulaciones demuestran que niveles de aprovechamiento e inhibición de residuos entre el 15 % y el 45 % permiten reducciones efectivas de la tarifa final entre un **4,5 % y un 13,5 %** según el estrato socioeconómico.
2. **Eficiencia fiscal y ahorro presupuestal municipal:** La transición del modelo lineal a la circular convierte el costo de enterrar desechos en un ahorro de recursos públicos para la ciudad. Dado que cada tonelada no dispuesta en el vertedero evita un costo directo estimado en $177.300 COP, una meta municipal de reducción de entre 5.000 y 10.000 toneladas anuales representaría un ahorro económico directo para la gestión del servicio proyectado entre $886 millones y $1.773 millones de pesos al año.
3. **Despresurización del Relleno Sanitario Pirgua y mitigación pasivo-ambiental:** El modelo actual de disposición masiva en el Relleno Sanitario Pirgua —convertido en un receptáculo regional para 101 municipios— es ambiental y socialmente insostenible. La reducción de la masa de entrada mediante economía circular constituye la única alternativa técnica para prolongar la vida útil del relleno, mitigar la generación de lixiviados en la cuenca de la quebrada La Mecha, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (CH_4 y CO_2) y frenar las afectaciones a la salud pública (respiratorias, dermatológicas y de salud mental) en las comunidades aledañas de la vereda Pirgua y el municipio de Oicatá.

4. **Sinergia operativa de la propuesta técnica:** La efectividad del modelo depende de la ejecución simultánea e interconectada de sus cuatro ejes estratégicos: la separación obligatoria en la fuente, la implementación del sistema municipal de compostaje (para tratar el 50 % de la fracción orgánica domiciliaria), la formalización de las organizaciones de recicladores de oficio y un esquema municipal de incentivos. Esta articulación es la que permite elevar la tasa actual de aprovechamiento (0,0053 t/usuario/mes) a niveles técnicamente significativos.

5. **Evolución del modelo de gestión e inclusión social:** La gestión de residuos sólidos en Tunja debe transicionar de un esquema pasivo de "recolección y entierro" a una política pública integral de economía circular participativa. La inclusión formal de las organizaciones de recicladores genera empleos verdes y dignificación laboral, al tiempo que capacita al ciudadano para asumir una corresponsabilidad activa, permitiéndole incidir directamente en la reducción de su propia factura de aseo mediante hábitos sostenibles de separación en la fuente

Más que una estrategia financiera, esta iniciativa constituye una política pública orientada a transformar la gestión de residuos sólidos desde una perspectiva de sostenibilidad ambiental, inclusión social y eficiencia económica.

Referencias Bibliográficas

- **Abarca Fernández, D., Gutierrez Adriazola, S., Escobar Mamani, F., & Huata Panca, P. (2018).** Manejo de residuos sanitarios: un programa educativo del conocimiento a la práctica. *Revista de investigaciones altoandinas*, 20(3), 315-324.
- Arain, A. L., Pummill, R., Adu-Brimpong, **J., Becker, S., Green, M., Ilardi, M., Van Dam, E., & Neitzel, R. L. (2020).** Analysis of e-waste recycling behavior based on survey at a Midwestern US University. *Waste Management*, 105, 119–127.
- **Cárdenas Moreno, P. R., Robles Martínez, F., Colomer Mendoza, F. J., & Piña Guzmán, A. B. (2016).** Herramientas para la evaluación de riesgos sobre el ambiente y salud, por la disposición final de residuos sólidos urbanos. *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*, 32, 47-62.
- **Cárdenas-Valbuena, R. P., López-Quemba, G. A., Talero-Moreno, D., Cely-Grijalba, A. P., Murillo-Naranjo, L. M., Velasco-Quiroga, G. A., & Contreras-Pacheco, F. (2022).** Impacto ambiental y riesgos potenciales generados en los rellenos Sanitarios–Revisión narrativa de la literatura. *Revista Investigación en Salud Universidad de Boyacá*, 9(2).
- **Castro-Buitrago, E., Vásquez-Santamaría, J. E., & Jaramillo de los Ríos, L. F. (2011).** La planeación urbana y la política de gestión de residuos sólidos en Medellín, cuestiones preliminares para un análisis jurídico y económico. *Opinión Jurídica*, 10(SPE), 141-156.
- **Choez-Segovia, C. J., Parrales-Cantos, G. N., & Alvarez-Alvarez, M. J. (2021).** Influencia de la recolección de desechos sólidos en la operación del relleno sanitario de Jipijapa. *Domino de las Ciencias*, 7(2), 1417-1432.
- **Coacalla-Castillo, C. E., Castro-Pérez, G. M., Santa-Cruz, K. S., Torres-Chipana, A., & Callalli-Merino, S. (2022).** *Manejo de los residuos sólidos municipales y el desarrollo sostenible*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú.
- **Cobos Mora, S. L., Solano Peláez, J. L., & Gárate Rodríguez, P. C. (2021).** Criterios de selección para un sitio de disposición final de residuos sólidos no Peligrosos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 37.
- **Dávila-Sámano, A. R., Castillo-Suárez, L. A., Linares-Hernández, I., & Martínez-Miranda, V. (2021).** Gestión de los residuos sólidos urbanos y su efecto en el aire, agua y suelo. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 5(15), 45-69.
- **Fabrá-Arrieta, J. C., & Mejia-Toro, W. A. (2020).** Afecciones respiratorias asociadas a factores ambientales y sanitarios en tres veredas de Guarne, Colombia, 2015. *Revista de Salud Pública*, 21, 217-223.
- **Freidin, B., Ballesteros, M. S., Krause, M., & Wilner, A. (2020).** Estigmatización territorial y salud: experiencias de desigualdad social en la periferia de Buenos Aires. *Estudios demográficos y urbanos*, 35(1), 153-183.

- **García-Colindres, M. A., Castillo-Suárez, L. A., Bastida, C. Á., Linares-Hernández, I., & Martinez-Miranda, V. (2022).** Los rellenos sanitarios como fuente de contaminación del agua subterránea por infiltración de lixiviados: efectos en la salud y el medio ambiente. *Ideas en Ciencias de la Ingeniería*, 1(2), 1-15.
- **Gil, G. G. C., Becerra, L. M. C., Rojas, L. Y. M., & Cuervo, I. P. (2020).** Evaluación de la calidad del aire del relleno sanitario de la vereda Pirgua en la ciudad de Tunja (Boyacá). *Cuaderno activa*, 12(1), 11-20.
- **Malavé-Suárez, J. I., & Muñoz-Naranjo, D. (2020).** Monitoreo de la contaminación por los lixiviados generados en el relleno sanitario de la empresa pública EMASA del Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena–Ecuador. *Revista de Ciencias Agropecuarias ALLPA*, 3(6), 15-21.
- **Quintero Gualteros, A. M., & Melo Suárez, L. F. (2021).** Problemática ambiental generada por lixiviados en Bogotá. *Ingeciencia*, 4, 66–78.

- Urbaser Tunja S.A. E.S.P. (junio de 2026). Tarifa de disposición final, Parque Ambiental Pirgua. boyaca7dias.com.co
- Urbaser (2024). Actualización del Programa de Prestación del Servicio, Tunja. urbaser.co
- Alcaldía de Tunja. Línea base de parámetros, PGIRS (cifras de 2015). alcaldiatunja.micolombiadigital.gov.co
- Entreojos.co. Solo 14 años de vida útil le quedan al relleno sanitario de Tunja
- Estrategia Regional de Gestión Integral de Residuos Sólidos, jurisdicción de Corpoboyacá. udca.edu.co
- Impactos sociales y ambientales del relleno sanitario de Tunja sobre Oicatá-Boyacá. ridum.umanizales.edu.co
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Informe de disposición final 2015
- CRA. Concepto 0060531 de 2021 y Resolución 720 de 2015.
- Fundación Ellen MacArthur. Towards a circular economy (marco conceptual).

CONAMA 2026