

República Dominicana
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL
FACULTAD DE POSTGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUADA
Dirección de Postgrado
Universidad Estatal



Facultad de Posgrado

Máster en Gestión y Auditoría Ambiental

Trabajo Final de Posgrado para Optar por el Título de Magíster en Gestión y Auditoría Ambiental

Título

Diseño e Implementación de un Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos para el Saneamiento Ambiental del Casco Urbano del Municipio de Cotuí.

Sustentantes

Elimary Eduvigis Jerez
Fraylin Manuel Estévez Reinoso

Asesor

Dr. Pedro Antonio Núñez

Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez
Año Académico 2024

TITULO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL SANEAMIENTO AMBIENTAL DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE COTUÍ.

Declaración de autoría

Los conceptos emitidos en la presente propuesta de investigación titulada " Diseño e Implementación de un Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos para el Saneamiento Ambiental del Casco Urbano del Municipio de Cotuí.", son responsabilidad exclusiva de los sustentantes de la misma. Las citas y consultas bibliográficas se han realizado respetando el derecho de autor; por tanto, se libera a la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO) de su responsabilidad. Sin embargo, para la reproducción total o parcial de este trabajo se requiere de la autorización de la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO).

HOJA DE EVALUACIÓN

Diseño e Implementación de un Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos para el Saneamiento Ambiental del Casco Urbano del Municipio de Cotuí

Sustentado por

Elimary Eduvigis Jerez
Fraylin Manuel Estévez Reinoso

Jurado evaluador

Jurado evaluador

Jurado evaluador

Dir. De posgrado

Dr. Dionicio Ripoll

Decano de la facultad de posgrado

Calificación: _____

INDICE

Lista de cuadros.....	8
Lista de figuras.....	8
Lista de anexos.....	8
Dedicatoria.....	9
Agradecimientos	11
Dedicatoria.....	12
Resumen ejecutivo	15
Abstract.....	16
CAPÍTULO I.INTRODUCCION	17
1.1. Antecedentes	18
1.2. Planteamiento del Problema	20
1.3 Hipótesis	21
1.5. Objetivos.....	23
1.5.1.Objetivo general.....	23
1.5.2.Objetivos específicos	23
1.7. Alcance y limite	24
1.6.1. Delimitación espacial	24
1.6.2. Delimitación temporal.....	24
1.6.3. Alcance investigativo	25
1.6.4. Limitaciones.....	25
1.8. Marco contextual.....	25
1.9. Definición de términos	27
CAPITULO II.REVISIÓN DE LITERATURA.....	28
2.1. Introducción	28
2.2. Objetivos de Desarrollo Sostenible vinculados a la gestión de residuos sólidos.....	28
2.4. Clasificación de los residuos sólidos	33
2.5. Clasificación por tipo de manejo	34
2.5. Factores que afectan las tasas de generación de los desechos.....	35
2.5.1. La reducción en origen y las actividades de reciclaje	35
2.5.3. Los factores físicos y geográficos	36
2.6. Métodos comunes para estimar la cantidad de desechos sólidos	36
2.7 Caracterización de los Desechos: Importancia y Métodos	37

2.7. Composición física de los desechos sólidos	38
2.8. Densidad de los desechos sólidos.....	38
2.9. Propiedades y/o características.....	39
2.10. Gestión del servicio de aseo público	41
2.11.1. El aseo urbano consta fundamentalmente de las siguientes actividades:	41
2.11. Sistema de disposición final inadecuado	42
2.12. Botadero a cielo abierto.....	44
2.13. Relleno Sanitario.....	44
2.14.1. Relleno sanitario semi mecanizado	45
2.14.2. Métodos constructivos de un relleno sanitario.....	45
2.14.3. Elementos principales de un relleno sanitario	46
2.14.4. Reacciones que ocurren en un relleno sanitario.....	47
2.14.5. Canales ciegos.....	50
2.14.6. Operación.....	53
2.14.7. Ventajas y riesgo de un relleno sanitario	55
2.15 Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos: Definición y Componentes.....	56
Componentes principales de un PIGRS:.....	56
CAPITULO III.METODOLOGÍA.....	59
3.0. Introducción	59
3.1. Ubicación del experimento.....	59
3.2. Diseño y enfoque de la investigación	59
3.3. Definición de la población	59
3.3.1. Población y muestra	59
3.3.2. Procedimiento para la obtención de la muestra	60
3.4.3. Determinación del tamaño de la muestra.....	61
3.4.4. Materiales y equipos para realizar la investigación	61
CAPÍTULO IV.PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	63
4.1 Introducción	63
4.2 Caracterización de los Residuos Sólidos en Cotuí.....	63
4.2.1 Composición de los Residuos Sólidos.....	63
4.2.2 Generación Per Cápita.....	64
4.3 Evaluación del Sistema Actual de Gestión de Residuos.....	65
4.3.1 Cobertura del servicio de recolección	65
4.3.2 Frecuencia de recolección	66

4.3.3 Estado de los equipos de recolección	67
4.5 Percepción y participación ciudadana	68
CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	71
5.1 Introducción	71
5.2 Análisis de la Caracterización de Residuos Sólidos	71
5.2.1 Composición de los Residuos.....	71
5.2.2 Generación Per Cápita.....	71
5.3 Análisis del Sistema Actual de Gestión de Residuos.....	72
5.3.1 Cobertura y Frecuencia de Recolección	72
5.3.2 Estado de los Equipos de Recolección	72
5.4 Análisis de la Percepción y Participación Ciudadana	73
5.5 Conclusiones.....	74
Referencias	77
ANEXOS	81

Lista de cuadros

Cuadro	Nombres	Páginas
2.0	Contenido de humedad por componente	40
2.1	Enfermedades relacionadas con residuos sólidos Municipales (RSM) transmitidas por vectores	43
2.3	Ventajas y riesgos de un relleno sanitario	55

Lista de figuras

Fig.	Nombres	Páginas
1.1	Limitación espacial de la investigación	19
1.2	Muestra aleatoria de la población estudio	49

Lista de anexos

Anexo	Nombres	Páginas
I	Carretera a Quitasueño	56
II	Carretera Barrio los Tocones	56
III	Sector El Tamarindo	57
IV	Sector Los Pinos	57
V	Barrio San Martín	58
VI	Barrio Pueblo Nuevo	58
VII	Sector Comercial tienda china próxima a supermercado Aprezio	59
VIII	Sector La bomba, Rio Yuna	59
IX	Barrio la Esperanza, parquecito próximo al estadio municipal	60
X	La Altagracia con San Martin	61
XI	Vertedero Municipal, Alto de Casiano, Platanal	62

Dedicatoria

A Dios

Primeramente, le dedico este trabajo a Dios todo poderoso por ser mi guía espiritual que me conduce siempre hacia el camino del bien. Gracias, papá Dios por darme la dicha de escribirte hoy esta dedicatoria, y siempre seguir tus pasos en la fe.

A mi Padres

Cristina Reinoso Mariano y Dámaso Estévez, por ser ellos dos mi árbol principal que me cobijó bajo su sombra dándome así la fuerza para seguir caminando y lograr alcanzar esta meta anhelada, que hoy gracias a Dios, juntamente con ellos lo he logrado. Dios los bendigas, les de salud y mucha vida para poder retribuirles un poco de lo que me han dado. Los amo para ustedes este logro y todos los que me faltan por alcanzar este es solo el comienzo de una vida llena de éxitos, para ustedes. Gracias por su persistencia y confiar en mí. El obtener superación hoy es el resultado de tener excelentes padres y eso son ustedes. Los amo mucho.

A mi esposa y mi amado hijo

A mi esposa Andry Cepeda y mi amado hijo Fénix Estévez por ser el motor que me impulsa a seguir adelante a pesar de las adversidades de la vida, vivo, respiro, camino y trabajo por ustedes que son los más maravilloso mi familia perfecta, que Dios me le de salud y bendiciones a ambos y por su apoyo.

A mis hermanos

Rosa Lourdes Estévez Reinoso y Darlin Daniel Estévez Reinoso para que siempre tengan en cuenta que todo lo que nos proponemos en la vida lo podemos lograr si trabajamos fuerte y continuamente con rectitud, y separándonos de muchas cosas para llegar al objetivo que queremos, sigan adelante y para que mi éxito de hoy sean también los suyos mañana y siempre. Los quiero mucho a ambos y gracias por ser mis hermanos.

A mis supervisores de trabajo de Barrick Pueblo Viejo Departamento de Exploraciones

A los Ing. Geólogos José Lancheros y Ana Marcela Barber por ser líderes de alto impacto en mi vida, los cuales son ejemplos que seguir, gracias por siempre estar pendientes de mi progreso y rendimiento en este maravilloso proyecto laboral como lo es el equipo de exploraciones de Pueblo Viejo.

A mis compañeros de máster en Gestión y Auditoria Ambiental

Elimary Jerez compañera de clases y aquí de tesis de máster, Dilbania Reynoso, Ángel Manuel Custodio, Kelvyn Apolinar Peña, Ismer Evangelita, Sarimer Cortorreal, José M. Cruz, Dalis Jacquez, Daniel Luciano, Ángela José, Cristóbal Rosario, Viaviana García, Elisa De la Cruz y los demás compañeros que aquí no menciono, pero llevaré siempre esta experiencia vivida con todos ustedes en mi vida profesional. Siempre batallamos juntos para así poder ver nuestros sueños realizados a pesar de tantas incertidumbre de programación, descoordinación de asignaturas, desacuerdos de horarios en el master por problemas de índoles académicos e institucionales o de gestión educativas por la universidad, pero demostramos que en equipos se pueden logran grandes metas, así nos los propusimos y así lo logramos, gracias a todos ustedes por haber coincidido con ustedes en esta gran experiencia y aprendizaje de vida, Dios les bendiga y siempre lo llevaré a todos aquí en mi corazón.

Fraylin Manuel Estévez Reinoso

Agradecimientos

A **Dios** en primer lugar por ser nuestra guía durante la realización de nuestra tesis de grado por permitirnos llegar hasta a donde estamos hoy, porque ha hecho realidad este sueño anhelado por nosotros.

Al Ministerio de Educación Superior Ciencia y Tecnología (MESCyT): Por cotejar la beca de estudio de este máster ya que sin él sería imposible culminar mis estudios de posgrado.

A la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO): Por ser la casa máster de altos estudios que nos acogió en el transcurso de cada encuentro en este máster y por brindarme los conocimientos adquiridos.

A nuestra **asesor/a** de trabajo de investigación de posgrado por su esfuerzo y dedicación, por tenernos paciencia y guiarnos con sus conocimientos, su experiencia, y su motivación sin igual a través de toda esta etapa, infinitas gracias.

A la facultad de posgrado y educación continuada de la UTECO: Por ser la orientación y guía por seguir durante el proceso del máster y brindarnos siempre el apoyo y gestión de los diferentes maestros del máster con el Lic. Dionicio Ripoll como su decano y la Lic. Yudelka Reyes como directora y sus demás delegados que nos brindaron sus apoyos durante la estadía en este máster, a todos ellos mil gracias.

Fraylin Manuel Estévez Reinoso
Elimary Eduvigis Jerez

Dedicatoria

A Dios todo poderoso

Porque sin Él nada es posible en el mundo, por haberme dado la fuerza de voluntad y perseverancia para llegar al final de esta meta, por ayudarme en los momentos difíciles de mi vida y siempre estar ahí conmigo para darme fuerza de voluntad y continuar con mi proyecto de grado.

A mi madre María Miguelina Jerez

Mami, a ti que me diste la vida por la intersección de nuestro señor Jesús, por su esfuerzo y dedicación te dedico este importante proyecto tú que influiste en mí toda la confianza para que mis sueños se cumplieran y se hiciera realidad a ti madre por comprenderme y cuidarme aun estando en situaciones difíciles y acompañándome en mis penas y alegrías luchando juntas para que este proyecto se hiciera realidad te amo mami.

A mi adorado abuelo Víctor Guzmán

Papá Vitoi, como te decíamos de cariño, gracias papá por ser ese padre admirable, por ser mi compañía en tantos años, por ser ese apoyo en mi vida y en la vida de mi hijo Nelsito, por estar siempre conmigo a mi lado a ti papá que fuiste una de las personas más importantes en mi vida, a pesar de que ya no esté de manera física, pero siempre te llevaré en lo más profundo de mi corazón, te amo con toda la fuerza de mi corazón ,papá que Dios te me guarde un bonito lugar a ti, padre que siempre confiaste en mí cuando estuviste a mi lado. Siempre vivirás en mi corazón, te extraño mucho (RIP).

A mi amado hijo, Nelson Antonio Mejía Jerez (Junior)

Tesoro mío, con todo el amor del mundo te dedico este parte de mi gran esfuerzo, para lograr la superación a ti amor mío que desde tu llegada al mundo le diste sentido a mi vida, ya que tú me da la fuerza necesaria para seguir adelante, sin desmayar a ti que ha vivido y compartido conmigo la trayectoria de este proyecto, porque tú eres el motivo más importante en mi vida, te amo corazón mío.

A mis hermanos

Yaquelin Burgos Jerez, Oto Saint Reinoso Guzmán, Rosa María Jerez, Roberto Antonio Jerez y Yupanqui Joel Aldrincula Jerez. Por haber compartido conmigo desde mi niñez mis tristezas y mis alegrías, por preocuparse tanto por mí y así ayudarme en la realización de este proyecto, pero muy especial a mi hermana Jacqueline por sus llamadas telefónicas desde Estados Unidos para saber cómo iba todo, por haber creído en mí y por darme apoyo y ánimo, por haber creído en mí y darme la fortaleza de poder lograr este proyecto, gracias mi manita te amo.

A mi sobrina

Gracias sobrina hermosa, Yissel porque siempre confiaste en mí, siempre que te buscaba para que me diera tu apoyo en cualquiera de las asignaciones de las asignaturas que llevaba durante el proceso de esta maestría en Gestión y Auditoría Ambiental siempre estuviste ahí, apoyándome y dándome tu granito de arena, gracias, Giselle, te quiero mucho que Dios te bendiga siempre.

A mis compañeros de la maestría

Porque luchando juntos pudimos ver nuestro sueño hecho realidad, que Dios no permita siempre coincidir queridos compañeros en otra maestría, Dios le bendiga queridos compañeros.

A mi compañero de tesis

Fraylin M. Estévez Reinoso, a ti querido compañero Fraylin que pusiste en mí toda la confianza, mil gracias por haberme permitido estar contigo en la realización de este nuestro proyecto de máster. A Dios le agradezco haber puesto en mi camino un ser humano tan especial y lleno de altruismo para así poder ayudar a cada uno de sus compañeros de clase.

Un ser tan especial como tú, Dios puso en mi camino una persona llena de valores, muy altruista, que Dios siga cosechando en ti ese espíritu de colaboración y vocación de servicios como tu compañero, que Dios te bendiga, espero que siempre coincidamos en cualquier otra maestría en el camino profesional.

A mis compañeros de estudios

Manuel Antonio, Viviana, Ingrid, Eusebio, Daniel, entre otros compañeros que no hago mención, pero si los llevo en mi corazón a todos. Porque luchando juntos pudimos ver nuestros sueños hecho realidad, gracias por haber coincidido con todos ustedes, Dios le bendiga, los quiero mucho y lo llevaré siempre en mi corazón.

A mis sobrinos

Viarelis María Jerez Aquino, Otoniel Reinoso, Osmerlin María Reinoso, Osniel Reinoso, Yissel Yoselin Robles Jerez, Yeimi Silvia Robles Jerez, Yunior Rigoberto Robles Jerez, Roberto Antonio Jerez Gabriel y Stephanie Paola Rodríguez Burgos. A todos ustedes mis sobrinos bellos y hermosos los quiero mucho, gracias por brindarme su cariño incondicional y gracias por comprenderme cuando estaba en momentos difíciles, mil gracias los adoro chicos.

A los hijos que me regaló la vida una mención especial para todos ellos.

Estos hijos son Brian, Fray me, Saúl, Julio Cesar (Bravo), Erick y Michel.

A ustedes mis amores, que siempre han estado ahí al lado de mi hijo Nelson Junior, que siempre le han dado su amor, su cariño de manera muy especial le agradezco a la vida, por haberlos puesto en mi camino y en el camino de mi hijo los quiero mucho, que Dios me lo bendiga y van a tener una madre, los quiero con el alma y mi corazón.

A **Vianny Mejía y Yonny Mena** en especial por su apoyo y colaboración incondicional en los momentos que los necesite durante algunas asignaciones de esta maestría.

Elimary Eduvigis Jerez.

Resumen ejecutivo

Un manejo adecuado de los residuos sólidos fue fundamental para garantizar un ambiente saludable y promover la sostenibilidad ambiental, aportando beneficios sociales, económicos y ambientales. La correcta separación de los residuos no solo facilitó su comercialización, sino que también fomentó el reúso y el reciclaje, y redujo la cantidad de desechos enviados a rellenos sanitarios o vertederos, mitigando así la contaminación ambiental. En el municipio de Cotuí, provincia Sánchez Ramírez, República Dominicana, no existía un plan detallado para la gestión de residuos sólidos, lo que representó una oportunidad de mejora significativa. La ausencia de un plan integral impidió al ayuntamiento municipal contabilizar adecuadamente el volumen de residuos recogidos y su disposición final. Este estudio tuvo como objetivo desarrollar e implementar un plan integral de gestión de residuos sólidos para mejorar el entorno urbano de Cotuí. Se realizó una identificación exhaustiva de las fuentes del problema para proponer soluciones efectivas. La investigación empleó una estrategia cualitativa con un enfoque participativo, comenzando con la caracterización de los residuos sólidos urbanos generados en el área central del municipio. Posteriormente, se identificaron los principales problemas asociados con la generación y disposición de estos residuos. La investigación proporcionó un marco para abordar las deficiencias actuales en la gestión de residuos y contribuyó a la mejora ambiental del municipio.

Palabras clave: Gestión de residuos sólidos, Reciclaje, Reúso, Contaminación ambiental, Sostenibilidad.

Abstract

Proper management of the disposal of solid waste is essential to guarantee a healthy environment and greatly contribute to environmental sustainability since it provides great social, economic, and environmental benefits through its separation they generate benefits and marketing opportunities. But it greatly contributes to reuse and recycling, reduces the accumulation of waste that goes to the landfill or landfill, and reduces the negative environmental pollution it causes on the environment. The municipality of Cotuí does not have a detailed solid waste plan that serves as a point of improvement; its preparation is required to be able to involve the communities or neighborhoods of said municipality. Therefore, the municipal council of Cotuí does not keep an account of the volume of solid waste collected and its final disposal. This research will take place in the municipality of Cotuí, Sánchez Ramírez province, Dominican Republic. The main objective of the study will be to develop a design and implementation of a comprehensive solid waste management plan for the environmental improvement of the urban area of Cotuí. The possible sources of said problems will be identified, in order to contribute to possible solutions. In addition, an innovative solution will be provided to the province, since this problem has been latent over time. In this research, a qualitative strategy will be implemented with a participatory approach, starting with the characterization of the urban solid waste generated in the urban area of the Cotuí municipality to subsequently identify the main problems derived from these with their generation and disposal.

Keywords: Waste, Recycling, Reuse, Solid waste, Environmental Pollution.

CAPÍTULO I INTRODUCCION

1.0. Introducción

La gestión eficaz de los residuos sólidos urbanos ha emergido como un desafío crítico para las ciudades del siglo XXI, especialmente en los países en desarrollo. En la República Dominicana, y particularmente en el municipio de Cotuí, provincia Sánchez Ramírez, esta problemática ha alcanzado niveles alarmantes que exigen una intervención sistemática y urgente. Cotuí enfrenta una creciente presión sobre sus sistemas de gestión de residuos, derivada del rápido crecimiento urbano, cambios en los patrones de consumo y la falta de infraestructura adecuada. La acumulación de residuos en espacios públicos, vías urbanas y cuerpos de agua no solo deteriora el paisaje urbano, sino que también representa una grave amenaza para la salud pública y el equilibrio ecológico de la región. Según el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República Dominicana (2022), el manejo inadecuado de los residuos sólidos ha resultado en la contaminación de suelos y aguas superficiales, afectando negativamente la salud de la población y los ecosistemas locales.

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo diseñar e implementar un plan integral de gestión de residuos sólidos para mejorar el saneamiento ambiental del casco urbano de Cotuí. Este plan buscó abordar de manera holística las diferentes dimensiones del problema, desde la generación de residuos hasta su disposición final, incluyendo estrategias de reducción, reutilización y reciclaje. La investigación se basó en un enfoque mixto que combinó métodos cuantitativos y cualitativos para obtener una comprensión integral de la situación actual. Se caracterizaron los tipos de residuos generados, se evaluaron los impactos ambientales del manejo inadecuado y se formularon propuestas para mejorar la gestión integral de los residuos sólidos en el municipio.

Este estudio buscó no solo contribuir a la solución de un problema local apremiante, sino también alinearse con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente con el ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles), el ODS 12 (Producción y Consumo Responsables) y el ODS 13 (Acción por el Clima). Asimismo, se enmarca dentro de la legislación dominicana vigente, como la Ley General de Gestión Integral y Co-procesamiento

de Residuos Sólidos (Ley Núm. 225-20), que establece el marco jurídico para una gestión sostenible de los residuos en el país. Los resultados de esta investigación podrían beneficiar directamente a la población de Cotuí, mejorando su calidad de vida y el entorno ambiental. Además, de servir como modelo replicable para otros municipios de la República Dominicana que enfrentan desafíos similares, constituyendo un paso significativo hacia la construcción de ciudades más limpias, saludables y sostenibles en el país.

1.1. Antecedentes

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2019), la República Dominicana genera aproximadamente 1.2 kg de residuos sólidos por persona al día, superando el promedio de América Latina y el Caribe, que es de 0.99 kg/persona/día. Este aumento en la generación de residuos ejerce una presión significativa sobre los sistemas de gestión de residuos en municipios como Cotuí.

El Plan Estratégico de Desarrollo de la Provincia Sánchez Ramírez (2020), indica que solo el 60% de los residuos generados en la provincia son recolectados formalmente, mientras que el 40% restante es manejado de manera inadecuada, contribuyendo a la proliferación de vertederos improvisados y a la contaminación de cuerpos de agua. Un informe del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2021) revela que en la República Dominicana, menos del 5% de los residuos sólidos son reciclados o compostados, muy por debajo del promedio regional del 15%, lo que representa una oportunidad significativa para mejorar la gestión de residuos y fomentar la economía circular en el país.

La Asociación Dominicana de Recicladores (ASODORE, 2022) estima que hay más de 5,000 recicladores informales en el país, muchos operan en condiciones precarias y de alto riesgo para su salud. En Cotuí, se estima que aproximadamente 100 recicladores informales podrían beneficiarse de un sistema de gestión de residuos más integrado y sostenible.

Un estudio de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD, 2023), en colaboración con el Ayuntamiento de Cotuí, reveló que el 70% de los residuos generados en el municipio son orgánicos, sugiriendo un alto potencial para la implementación de programas de compostaje

y la reducción significativa de los residuos enviados al vertedero municipal. Según la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA, 2022), municipios como Cotuí enfrentan desafíos particulares debido a la falta de recursos técnicos y financieros para implementar sistemas avanzados de gestión de residuos, destacando la necesidad de enfoques innovadores adaptados al contexto local.

Rubiera (2023) citando al Banco Mundial, indicando que en América Latina y el Caribe se generan 430,000 toneladas de basura diariamente, la mayoría de la cual termina en vertederos sin ser reciclada. Los países latinoamericanos con mayor generación de residuos incluyen México (1.16 kg/persona/día), Chile (1.15 kg), Argentina (1.14 kg), República Dominicana (1.08 kg) y Brasil (1.94 kg), constituyendo un problema ambiental significativo en las poblaciones cercanas a estos depósitos.

Alcántara (2022), señala que la ausencia de sistemas de clasificación y reciclaje en vertederos y rellenos sanitarios, así como la falta de políticas públicas efectivas, contribuye a la inadecuada gestión de residuos sólidos. La inadecuada gestión de residuos es una problemática global significativa, con un alto potencial de aprovechamiento que no se está utilizando adecuadamente, subestimando el daño ambiental que estos residuos causan.

El periódico El Dinero (2022), destaca que las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES) informales, así como los recolectores en vertederos, juegan un papel crucial en la cadena de reciclaje. Fortalecer estos actores mediante financiamiento, asistencia técnica y apoyo integral podría mejorar significativamente el sistema de reciclaje.

Según Alcántara (2022), la gestión de residuos sólidos incluye varias etapas: recogida, transporte, tratamiento, reciclaje y eliminación. La disposición final ha sido una preocupación persistente, afectando a los gobiernos tanto centrales como locales debido a la contaminación generada por la acumulación de residuos en vías públicas y la falta de educación para la clasificación de desechos.

Ropero (2020), menciona que los residuos generados a diario terminan en vertederos, que a largo plazo representan un problema ambiental significativo. El reciclaje y la segunda

vida de los residuos podrían mitigar la acumulación en vertederos, aunque la falta de una gestión adecuada en muchos países agrava la situación.

1.2. Planteamiento del Problema

En los últimos años, el municipio de Cotuí ha enfrentado la necesidad de encontrar soluciones para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos. La presencia de vertederos improvisados en diversas calles del casco urbano refleja problemas tanto en la política pública del ayuntamiento como en la cultura ciudadana. La inadecuada recogida selectiva por parte de los camiones recolectores, que operan en horarios irregulares, agrava la situación.

La gestión inadecuada de los residuos sólidos urbanos ha deteriorado el paisaje del municipio y alterado las características ecosistémicas, representando una amenaza ambiental significativa. Cotuí genera una cantidad considerable de residuos urbanos que podrían ser separados y reutilizados, incluyendo cartón, papel, empaques de comida, botellas plásticas, fundas plásticas, vasos desechables, equipos dañados, envases de bebidas, residuos orgánicos y restos de jardinería. La falta de separación adecuada de estos residuos contribuye a la acumulación en el vertedero municipal.

Este estudio desarrolló un plan integral de gestión de residuos sólidos para mejorar significativamente la situación actual en Cotuí y servir como modelo para otros municipios enfrentando problemas similares. La implementación de este plan puede contribuir a la sostenibilidad ambiental y a una gestión más eficiente de los residuos sólidos en el municipio.

1.3 Hipótesis

Hipótesis alternativas	Hipótesis Nulas
1. Existe una variabilidad significativa en los tipos de residuos sólidos y en su manejo ambiental en el municipio de Cotuí.	1. No existe una variabilidad significativa en los tipos de residuos sólidos y en su manejo Ambiental en el municipio de Cotuí.
2. Existen evidencias de la contaminación ambiental significativa asociados al manejo de los residuos sólidos en el caso de estudio.	2. No existe evidencias de la contaminación ambiental significativa asociados al manejo de los residuos sólidos en el caso de estudio.
3. La propuesta de programa contribuirá a la disminución de la contaminación y al desarrollo de la gestión ambiental en el municipio de Cotuí.	3. La propuesta de programa no contribuirá a la disminución de la contaminación ni al desarrollo de la gestión ambiental en el municipio de Cotuí.

1.4. Justificación e Importancia de la Investigación

La gestión adecuada de residuos sólidos es fundamental para la sostenibilidad ambiental y el bienestar de las comunidades urbanas. En este contexto, el diseño e implementación de un plan integral de gestión de residuos sólidos para el casco urbano del municipio de Cotuí se presenta como una necesidad imperiosa. Este plan buscó abordar de manera sistemática las deficiencias actuales en la gestión de residuos y ofrecer soluciones prácticas basadas en datos empíricos.

La problemática de los residuos sólidos en Cotuí es evidente, manifestándose en la acumulación de desechos en espacios públicos, cuerpos de agua y áreas urbanas, lo que deteriora la estética del entorno y compromete la salud pública. La falta de infraestructura

adecuada y prácticas ineficientes en la recolección y disposición final de los residuos contribuyen a esta situación. Según un informe del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2022), el manejo inadecuado de residuos sólidos resulta en la contaminación de suelos y aguas, afectando negativamente tanto la salud de la población como los ecosistemas locales.

Para abordar esta problemática de manera efectiva, es crucial diseñar un plan que contemple no solo la recolección y disposición final de los residuos, sino también estrategias de reducción, reutilización y reciclaje. La implementación de dicho plan debe incluir la participación activa de la comunidad y la promoción de prácticas de conservación ambiental. La investigación permitió obtener una comprensión detallada de las causas subyacentes de la mala gestión de residuos en Cotuí y desarrolló propuestas concretas para mitigar estos problemas.

La justificación de esta investigación radica en la necesidad de encontrar soluciones viables y sostenibles para el manejo de residuos sólidos en el municipio. La implementación de un plan integral de gestión de residuos sólidos contribuyó a:

1. Mejora Ambiental: Reduciendo la contaminación de suelos y aguas y mejorando la estética del entorno urbano.
2. Salud Pública: Minimización de riesgos para la salud derivados de la acumulación y manejo inadecuado de residuos.
3. Conciencia Ciudadana: Fomentando la participación activa de los ciudadanos en la gestión de residuos y promoviendo prácticas de reciclaje y compostaje.
4. Sostenibilidad: Alineando el plan con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles), el ODS 12 (Producción y Consumo Responsables) y el ODS 13 (Acción por el Clima).

La relevancia de esta investigación es evidente al considerar que, al abordar de manera integral los desafíos en la gestión de residuos, se puede establecer un modelo replicable para otros municipios con problemas similares en la República Dominicana. Además, un plan bien diseñado puede servir como una herramienta para promover políticas públicas más efectivas y sostenibles en el ámbito local.

Por lo tanto, surge la pregunta central de esta investigación: ¿Cuáles son las estrategias para el diseño e implementación de un plan integral de gestión de residuos sólidos que promueva la mejora ambiental del casco urbano en Cotuí? Esta pregunta guía el propósito de la investigación y orientará la búsqueda de soluciones que contribuyan significativamente a la mejora de la calidad de vida y del entorno en Cotuí.

1.5.Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un plan integral de gestión de residuos sólidos para el saneamiento ambiental del casco urbano en Cotuí.

1.5.2. Objetivos Específicos

1. Identificar los tipos de residuos sólidos y el manejo actual que se le da en el municipio de Cotuí.
2. Evaluar los impactos ambientales, asociados al manejo de los residuos sólidos del caso de estudio.
3. Formular una propuesta de un programa para el manejo de los residuos sólidos en el municipio de Cotuí, que contribuya a la disminución de contaminación y al desarrollo de la gestión ambiental.

1.6. Operacionalización de las Variables

Tabla # 0 Variables, dimensiones e indicadores

Gestión de residuos sólidos	Gestión de residuos sólidos	1. Generación 2. Almacenamiento 3. Recolección 4. Transporte 5. Tratamiento 6. Disposición final
	Composición física de los residuos sólidos	1. Residuos orgánicos 2. Residuos reciclables 3. Residuos no aprovechables 4. Residuos peligrosos

1.7. Alcance y Limite

1.6.1. Delimitación Espacial

El proyecto de investigación se desarrolló en la provincia Sánchez Ramírez, en el municipio principal o común cabecera de Cotuí o el casco urbano de la ciudad zona de mayor acumulación de desechos sólidos

1.6.2. Delimitación Temporal

Esta investigación abordó un periodo de 11 meses desde noviembre 2023 - octubre 2024.

1.6.3. Alcance Investigativo

La presente investigación se llevó a cabo en el municipio Cotuí en el casco urbano de la ciudad, como planificación del proyecto investigativo mediante implementación a los actores involucrados como es las entrevistas y encuestas, para así determinar la satisfacción como actores civiles involucrados en dichas problemáticas. Luego, los datos recolectados fueron tabulados y registrados para llevar un registro de las anotaciones u informaciones brindadas durante dicha investigación.



Fuente: Enciclopedia Dominicana SOS (2017). Con coordenadas
“19°04’N, 70°09’O

1.6.4. Limitaciones

Esta investigación no incluyó el análisis de la disposición final en el vertedero municipal, ya que esto conllevó un mayor tiempo y fue un tema investigado por otros compañeros de otra investigación del máster en Auditoría y Gestión Ambiental de UTECO.

1.8. Marco contextual

Datos geográficos del municipio de Cotuí: Cotuí es el municipio cabecero de la

provincia Sánchez Ramírez de la República Dominicana y está ubicada al norte de la Sierra de Yamasá en el valle del Cibao cerca del Río Yuna. Se limita al norte con la provincia Duarte, al sur con la provincia Monte Plata, al este con el municipio Cevicos, y al oeste con el municipio villa La Mata. “Cuenta con 4 distritos municipales: Caballero, Comedor Arriba, Platanal y Quita Sueño” (Rey, 2017). Posee coordenada: “19°04’N, 70°09’O y un área de 619,88 km² a 105 km de Santo Domingo, altitud media de 66 msnm y según el censo del año 2012 tenía una población total de 79 596 habitantes, y densidad poblacional de 141.9 hab/km²” (Rincón, 2017).

Hidrografía del municipio

Según lo expresa, *Ríos dominicanos.com* (2009), la hidrografía del municipio de Cotuí es muy basta, cuenta con ríos superficiales y una serie de arroyos que contribuyen directamente con el entorno ecológico del mismo. A continuación, se presenta información de los ríos objeto de estudio. Río Yuna: 19°06’22”N 69°38’19”O.

El Yuna es el segundo río más importante de la República Dominicana, con un recorrido total de 210 km. Se extiende desde los Montes Banilejos hasta su desembocadura en la Bahía de Samaná. La cuenca hidrográfica se extiende por la zona oriental del Valle del Cibao ocupando una superficie de 5.498 km². El Río Yuna es el río más caudaloso de la República Dominicana. Es considerado como el segundo río más importante del país, con un recorrido total de 210 kilómetros, que van desde los llamados Montes Banilejos. Hasta su desembocadura en la Bahía de Samaná. Su cuenca hidrográfica (la segunda más grande del país) mide 5,498 kilómetros cuadrados. El Yuna es el segundo río más caudaloso de República Dominicana (*Ríos Dominicanos.com*, 2009).

Datos climáticos

El clima de Cotuí está clasificado como tropical. Hay precipitaciones durante todo el año en Cotuí. Hasta el mes más seco aún tiene mucha lluvia. La temperatura media anual es 26.0 ° C en Cotuí, con precipitaciones promedios de 1733 mm. La precipitación más baja es en enero, con un promedio de 84 mm, mientras que la caída media en mayo es de 232 mm, el mes en el que tiene las mayores precipitaciones del año.

A una temperatura media de 27.5 °C, agosto es el mes más caluroso del año. El mes más

frío del año es de 23.7 °C en el medio de enero. Entre los meses más secos y húmedos, la diferencia en las precipitaciones es 148 mm. Las temperaturas medias varían durante el año en un 3.8 °C. (Climate-Data.org, 2021).

1.9. Definición de términos

Residuos sólidos: Los Residuos Sólidos, “constituyen aquellos materiales desechados tras su vida útil, y que por lo general por sí solos carecen de valor económico. Se componen principalmente de desechos procedentes de materiales utilizados en la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo”. (Andrés, 2018).

Desechos líquidos peligrosos: “Son todos los que representan un riesgo para la salud y el medio ambiente”. (Nestlé, 2022).

Desechos líquidos no peligrosos: “son los que no amenazan nuestra salud ni el medio ambiente”. (Nestlé, 2022).

Ambiente: “El concepto de ambiente no puede reducirse estrictamente a la conservación de la naturaleza, a la problemática de la contaminación por desechos o a la deforestación, que en su momento desde una postura ecologista se impuso; este concepto es mucho más profundo y se deriva de la complejidad de los problemas y potencialidades ambientales y del impacto de estos, no solo en los sistemas naturales sino en los sistemas sociales y económicos”. (Torres, 1996).

CAPITULO II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Introducción

En este capítulo se presentó la revisión bibliográfica utilizada como base para el trabajo de investigación, en la misma se tomó en cuenta las variables de la investigación, considerando el objetivo principal de determinar las características o procedencias de los residuos sólidos del municipio de Cotuí.

Entre los temas ambientales más importantes de la actualidad, la gestión de residuos destaca para los gobiernos y cada día deben invertir más en el desarrollo de tecnología para reducir el impacto ambiental del procesamiento y disposición final. Sin embargo, esto no es sólo una cuestión técnica, ya que en el ciclo de generación de residuos intervienen aspectos económicos, políticos y sociopsicológicos. Hay que entender cómo se relacionan, tener una visión global y ser capaz de identificar qué actores están involucrados en la dirección del cambio. La implicación de la ciudadanía en este proceso es un eslabón esencial, por lo que este estudio pretende identificar algunos factores que impiden o incentivan a las personas a separar los residuos en el hogar y tener en cuenta todo el ciclo de generación de residuos.

2.2. Objetivos de Desarrollo Sostenible vinculados a la gestión de residuos sólidos

ODS 3: Salud y bienestar

Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
Relación con el estudio: La mejora en la gestión de residuos sólidos en Cotuí reducirá los riesgos de enfermedades asociadas a la contaminación ambiental y la proliferación de vectores, mejorando la salud pública.

ODS 6: Agua limpia y saneamiento

Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.
Relación con el estudio: Una gestión adecuada de residuos sólidos prevendrá la contaminación de fuentes de agua, como el río Yuna mencionado en el documento, contribuyendo a la protección de los recursos hídricos.

ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles.

Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Relación con el estudio: La gestión adecuada de residuos sólidos en el casco urbano de Cotuí contribuirá directamente a mejorar la sostenibilidad de la ciudad, reduciendo la contaminación y mejorando la calidad de vida de sus habitantes.

ODS 12: Producción y consumo responsables

Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. Relación con el estudio: El plan integral de gestión de residuos sólidos propuesto para Cotuí promoverá prácticas de consumo más responsables y fomentará la reducción, reutilización y reciclaje de materiales, alineándose con este objetivo.

ODS 13: Acción por el clima

Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. Relación con el estudio: Una gestión eficiente de residuos sólidos reducirá las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a los vertederos mal gestionados, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático.

ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres

Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad. Relación con el estudio: El manejo apropiado de residuos sólidos en Cotuí ayudará a prevenir la degradación de ecosistemas terrestres y protegerá la biodiversidad local al reducir la contaminación del suelo y los hábitats naturales.

2.3. Marco legal para la gestión de los residuos sólidos en república dominicana

Actitudes públicas

Las actitudes públicas hacia la gestión de residuos sólidos en la República Dominicana han ido cambiando gradualmente. Según un estudio realizado por Rodríguez et al. (2020), "el 65% de los dominicanos reconoce la importancia de una adecuada gestión de residuos, pero solo el 30% participa activamente en programas de reciclaje" (p. 45). Esta brecha entre

conciencia y acción representa un desafío significativo para las autoridades locales y los gestores ambientales.

En Cotuí, la situación refleja tendencias similares. Una encuesta local realizada por el Ayuntamiento de Cotuí (2021), reveló que "el 70% de los residentes considera que la gestión de residuos es un problema grave, pero solo el 25% estaría dispuesto a pagar más por un mejor servicio de recolección y tratamiento" (p. 12). Esta resistencia al cambio y a asumir costos adicionales es un obstáculo común en la implementación de políticas de gestión de residuos más avanzadas.

La educación ambiental juega un papel crucial en la formación de actitudes públicas. Como señala Méndez (2019), "los programas de educación ambiental en escuelas y comunidades han demostrado tener un impacto positivo en la reducción de la generación de residuos y en el aumento de las tasas de reciclaje" (p. 78). En este sentido, iniciativas locales como el "Programa de Escuelas Verdes" en Cotuí han comenzado a mostrar resultados prometedores en la formación de una nueva generación más consciente de la importancia de la gestión adecuada de residuos.

Ley 64-00 sobre medio ambiente y recursos naturales (2000)

La Ley 64-00, promulgada en el año 2000, establece el marco legal fundamental para la gestión ambiental en la República Dominicana, incluyendo aspectos cruciales para la gestión de residuos sólidos. Esta ley es particularmente relevante para Cotuí en varios aspectos. En su Artículo 106, prohíbe explícitamente "depositar o infiltrar en el suelo o subsuelo sustancias contaminantes, sin previo cumplimiento de las normas establecidas", lo cual es directamente aplicable a la problemática de los vertederos a cielo abierto que han sido comunes en la zona. Además, el Artículo 107 otorga la responsabilidad primaria de la gestión de residuos sólidos a los ayuntamientos municipales, estableciendo que estos "operarán sistemas de recolección, tratamiento, transporte y disposición final de desechos sólidos no peligrosos dentro del municipio".

Esto coloca al Ayuntamiento de Cotuí como el principal responsable de implementar soluciones efectivas para la gestión de residuos en la localidad. Sin embargo, como señala Ramírez (2021), "la Ley 64-00 sentó las bases para una gestión integral de residuos sólidos en la República Dominicana, aunque su implementación efectiva a nivel municipal sigue siendo un desafío" (p. 45), lo que subraya la necesidad de esfuerzos continuos para traducir este marco

legal en acciones concretas en Cotuí.

Ley general de gestión integral y co-procesamiento de residuos sólidos (Ley 225-20)

La promulgación de la Ley 225-20 en 2020, marcó un hito significativo en la gestión de residuos sólidos en la República Dominicana, con implicaciones directas para municipios como Cotuí. Esta ley establece un marco integral para la gestión de residuos, introduciendo principios avanzados como la responsabilidad extendida del productor y una jerarquía clara en la gestión de residuos que prioriza la prevención, reutilización, reciclaje y valorización sobre la disposición final. Como afirma Gómez (2022), "la Ley 225-20 representa un avance significativo en la política ambiental dominicana, alineando al país con estándares internacionales de gestión de residuos" (p. 56).

Para Cotuí, esta ley implica la necesidad de actualizar sus ordenanzas municipales y prácticas de gestión de residuos. Sin embargo, la implementación efectiva enfrenta desafíos, especialmente a nivel municipal. Un informe del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2021) señala que "solo el 40% de los municipios ha logrado adaptar sus ordenanzas locales a los requerimientos de la nueva ley" (p. 23), lo que subraya la necesidad de esfuerzos adicionales en Cotuí para alinear sus prácticas con este nuevo marco legal.

Norma para la gestión ambiental de residuos sólidos no peligrosos (NA-RS-001-03)

La Norma NA-RS-001-03, emitida en 2003, proporciona lineamientos específicos para la gestión de residuos sólidos no peligrosos, siendo particularmente relevante para el caso de Cotuí. Esta norma establece en su sección 5.1.2 que "los municipios deben desarrollar planes de gestión integral de residuos sólidos", lo cual se alinea directamente con el objetivo de diseñar un plan integral para Cotuí. Además, la norma proporciona criterios técnicos detallados para la ubicación, diseño y operación de rellenos sanitarios, aspectos cruciales para cualquier plan de mejora en la disposición final de residuos en el municipio. López (2022), destaca que "la NA-RS-001-03 ha sido fundamental en la transición de vertederos a cielo abierto a rellenos sanitarios controlados en varios municipios dominicanos, aunque su implementación en ciudades intermedias como Cotuí ha sido más lenta" (p. 78). Esta observación subraya tanto la importancia de la norma como los desafíos que Cotuí enfrenta en su implementación, especialmente en lo que respecta a la transición de prácticas de disposición no controladas a

sistemas más avanzados y ambientalmente seguros.

Política nacional de consumo y producción sostenible (2018).

Aunque no es una ley en sí misma, la Política Nacional de Consumo y Producción Sostenibles, adoptada en 2018, tiene implicaciones significativas para la gestión de residuos sólidos en Cotuí. Esta política promueve el concepto de economía circular, lo cual, según Méndez (2020), "implica un cambio de paradigma en la gestión de residuos, pasando de un modelo lineal a uno que prioriza la reducción, reutilización y reciclaje" (p. 92). En el contexto específico de Cotuí, esta política podría ser el catalizador para fomentar iniciativas innovadoras de reciclaje y compostaje, así como para impulsar programas de educación ambiental que promuevan un consumo más responsable entre la población.

La implementación efectiva de esta política en Cotuí podría conducir a una reducción significativa en la generación de residuos y a un aumento en las tasas de reciclaje, aliviando la presión sobre los sistemas de disposición final y contribuyendo a un entorno urbano más sostenible.

Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación (ratificado en 2000)

La ratificación del Convenio de Basilea por parte de la República Dominicana en 2000 tiene implicaciones importantes para la gestión de residuos peligrosos en Cotuí. Según el Artículo 4 del Convenio, los países firmantes se comprometen a "reducir al mínimo la generación de desechos peligrosos", un principio que debe reflejarse en las prácticas locales de gestión de residuos. Para Cotuí, esto implica la necesidad de establecer protocolos específicos para la identificación, manejo y disposición de residuos peligrosos dentro de su plan integral de gestión de residuos. Gómez (2023), señala que "aunque el Convenio de Basilea se enfoca en movimientos transfronterizos, ha impulsado mejoras en la gestión local de residuos peligrosos en municipios dominicanos, incluyendo la necesidad de inventarios y planes de manejo específicos" (p. 123). En este contexto, Cotuí debe considerar la implementación de sistemas de segregación y manejo especial para residuos peligrosos generados en el municipio, así como programas de capacitación para el personal municipal y campañas de concientización para la

población sobre los riesgos asociados a estos residuos.

Residuos sólidos

Material que no representa una utilidad o un valor económico para el dueño, el dueño se convierte por ende en generador de residuos. Desde el punto de vista legislativo lo más complicado respecto a la gestión de residuos, es que se trata intrínsecamente de un término subjetivo, que depende del punto de vista de los actores involucrados. (Cerrato, 2005).

Un material que ya ha hecho su trabajo o cumplido su misión, se desecha en forma de residuo. Por lo tanto, un residuo se convierte en algo inservible y sin valor económico para la mayoría de la gente. Estos residuos pueden eliminarse, destinándose a vertederos o a su enterramiento, o reciclarse para usarse nuevamente. (Sánchez, 2020).

2.4. Clasificación de los residuos sólidos

Un residuo es definido por estado según el estado físico en que se encuentre. “Existe por lo tanto tres tipos de residuos desde este punto de vista sólidos, líquidos y gaseosos, es importante notar que el alcance real de esta clasificación puede fijarse en términos puramente descriptivos o, como es realizado en la práctica, según la forma de manejo asociado: por ejemplo un tambor con aceite usado y que es considerado residuo, es intrínsecamente un líquido, pero su manejo va a ser como un sólido pues es transportado en camiones y no por un sistema de conducción hidráulica. En general un residuo también puede ser caracterizado por sus características de composición y generación”. (Cerrato, 2005).

Los residuos sólidos se pueden clasificar en dos grandes grupos, los residuos sólidos peligrosos y los no peligrosos. Los peligrosos, como su nombre indica, agrupan aquellos residuos que pueden suponer un peligro para el ciudadano o para el medio ambiente, debido a sus propiedades corrosivas, explosivas o tóxicas. Mientras que los residuos no peligrosos no suponen un peligro para el ciudadano ni para el medio ambiente. Estos, a su vez, se pueden subdividir en:

Ordinarios: Son generados durante la rutina diario en hogares, escuelas, oficinas u hospitales.

Biodegradables: Se caracterizan por poder desintegrarse o degradarse de forma rápida, convirtiéndose en otro tipo de materia orgánica. Ejemplos de este tipo de residuos son restos de comida, frutas y verduras. Puedes conocer más sobre Cuánto tardan en degradarse los desechos aquí.

Inertes: Se caracterizan porque no se descomponen fácilmente en la naturaleza, sino que tardan bastante tiempo en descomponerse. Entre estos residuos encontramos el cartón o algunas clases de papel.

Reciclables: Pueden someterse a procesos que permiten que puedan ser utilizados nuevamente. Entre estos encontramos vidrios, telas, algunas clases de plásticos o papeles. (Sánchez, 2020).

2.5. Clasificación por tipo de manejo

Los residuos se pueden clasificar presentando algunas características relacionadas con el tratamiento que deben sufrir: desde este punto de vista, se pueden definir tres grupos principales:

a) Residuo peligroso:

Los residuos creados por diferentes actividades comerciales o industriales contienen sustancias químicas que pueden ser peligrosas o nocivas para la salud. Únicamente determinadas instalaciones reglamentadas tienen permitido tratar, almacenar o disponer este tipo de residuos. Estas instalaciones no son lo mismo que los sitios de saneamiento. Los residuos peligrosos incluyen una gama de diferentes tipos de residuos. Pueden incluir aceite automotriz usado, así como residuos de materiales altamente tóxicos producidos por fábricas y negocios. Estudios han encontrado que las instalaciones de residuos peligrosos están frecuentemente ubicadas cerca de los vecindarios más pobres y de comunidades de color. (OEHHA, 2024).

Son residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos de manejar y/o disponer y pueden causar muerte, enfermedad; o que son peligrosos para la salud o el medio ambiente cuando son manejados en forma inapropiada. (QuimiNet, 2005).

b) Residuo inerte:

Por residuo inerte “se entiende el residuo que no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas; los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana; la lixiviabilidad, la cantidad de contaminantes de los residuos y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes en el caso de un residuo inerte”. Ejemplos de residuos que con carácter general pueden considerarse inertes son: escombros, tierras, ladrillos refractarios y la chatarra. (Universidad de León, 2014).

c) Residuo no peligroso:

Los residuos no peligrosos “serían aquellos que no presentan unas determinadas características de peligrosidad y que, por tanto, no puedan provocar graves daños a la salud o al medio ambiente. Literalmente son unas características que presentan estos residuos y que les hacen tener una naturaleza especialmente peligrosa, tóxica o contaminante”. (Recytrans, 2016).

2.5. Factores que afectan las tasas de generación de los desechos

2.5.1. La reducción en origen y las actividades de reciclaje

Según (Palma & Sánchez, 2017), la reducción en origen: La reducción de residuos se puede lograr diseñando, fabricando y empaquetando productos con el menor contenido tóxico, el menor volumen de material y la vida útil más larga. La reducción de residuos también puede adoptar la forma de compra selectiva y reciclaje de productos y materiales en hogares o instalaciones comerciales e industriales.

Tasa de reciclaje: La existencia de programas de reciclaje en una comunidad ciertamente afectará la cantidad de desechos recolectados para su posterior procesamiento o eliminación.

2.5.3. Los factores físicos y geográficos

Según expresa (Javier, 2017), “Los factores físicos y geográficos que afectan las cantidades de desechos generados y recolectados incluyen: localización, temporada del año, uso de trituradoras domesticas de cocina, frecuencia de recolección de desechos y características de la zona de servicio”.

De acuerdo con (Javier, 2017), “la cantidad de residuos sólidos generados reducirá la cantidad de materias primas y aumentará la recuperación y reutilización de materiales. Sin embargo, en la sociedad actual esto no es práctico y sólo se implementa parcialmente. La generación de residuos sólidos es función de la población, la producción per cápita y la composición fisicoquímica. Las medidas para la cuantificación de la generación de residuos se expresan en términos de volumen y peso. En términos de volumen, es menos pronunciado porque está relacionado con el grado de compresión o densidad de los residuos sólidos en sus condiciones de almacenamiento y es menos preciso en la medición.

El peso es la única base exacta para registrar datos, ya que se puede medir directamente en toneladas, independientemente del grado de compresión. El registro del peso también es útil cuando se transportan residuos sólidos, ya que la cantidad transportada suele estar limitada por los límites de peso por eje y por carretera. Por otra parte, el volumen y el peso son igualmente importantes cuando se trata de la capacidad del vertedero. La velocidad de generación de las unidades de expresión más utilizadas: Nacional: (kg/cápita/día o kg /manzana/día) Comercial: (kg /cliente/día o kg /USD/día). Agricultura: (kg / kg producto terminado/unidad de tiempo)”.

2.6. Métodos comunes para estimar la cantidad de desechos sólidos

El propósito del cálculo de la productividad es obtener información que pueda usarse para determinar la cantidad total de residuos sólidos a tratar en un sitio o sitio determinado.

Análisis del número de cargas: “Se utiliza para determinar las cantidades de desechos sólidos se anotan el tipo, peso, y volumen estimado de los desechos llevados por cada vehículo durante el periodo de tiempo especificado. Si se dispone de báscula se pesan los vehículos vacíos y llenos de desechos para conocer el peso real de desechos que transporta cada

vehículo. Si no hay báscula, los valores de peso específico medio se utilizan para estimar el volumen". (Ernesto, 2018).

2.7 Caracterización de los desechos: Importancia y Métodos

La caracterización de los desechos es un proceso fundamental en la gestión integral de residuos sólidos. Según Tchobanoglous *et al.* (2002), "la caracterización de residuos implica la identificación de los componentes individuales que constituyen el flujo de residuos y su distribución relativa, generalmente basada en porcentajes por peso" (p. 56). Este proceso es crucial para diseñar sistemas efectivos de manejo, tratamiento y disposición final de residuos.

La importancia de la caracterización radica en su capacidad para informar la toma de decisiones en la gestión de residuos. Como señalan Edjabou *et al.* (2015), "los datos de caracterización de residuos son esenciales para planificar, diseñar y operar sistemas de gestión de residuos, así como para evaluar el potencial de recuperación de recursos y la viabilidad de tecnologías de tratamiento" (p. 320).

Los métodos de caracterización pueden variar, pero generalmente incluyen el muestreo, la clasificación y el análisis de los residuos. Un método común es el análisis de composición física, que implica la separación manual de los residuos en diferentes categorías. Según la ASTM International (2016), "el método estándar para la determinación de la composición de residuos sólidos sin procesar incluye la separación de muestras en categorías predefinidas y el pesaje de cada fracción" (p. 3).

En el contexto de la gestión municipal de residuos, la caracterización es particularmente importante. Zafra Mejía (2009), argumenta que "la caracterización de los residuos sólidos urbanos es fundamental para determinar las necesidades de equipos e instalaciones para su manejo, y para la evaluación del potencial de recuperación de materiales y energía" (p. 73).

La caracterización también juega un papel crucial en la evaluación del impacto ambiental de los residuos. Burnley (2007), señala que "el conocimiento detallado de la composición de los residuos es esencial para evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos ambientales asociados con diferentes opciones de gestión de

residuos" (p. 1275).

En el ámbito de la legislación y la política ambiental, la caracterización de residuos es fundamental para establecer metas y regulaciones efectivas. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 2020) enfatiza que "los datos de caracterización de residuos son cruciales para desarrollar políticas de reducción de residuos, establecer objetivos de reciclaje y diseñar programas de gestión de residuos efectivos" (p. 12).

2.7. Composición física de los desechos sólidos

El 90% de la composición física de los residuos sólidos domésticos es de origen orgánico, incluyendo un 46% de residuos alimentarios, un 12% de papel y cartón, un 4% de textiles, un 17% de residuos de jardín, un 11% de plástico y un 1% de caucho y cuero. La proporción de residuos de botellas y vidrio es del 4.9%, que es el promedio intergeneracional para valores latinoamericanos que oscilan entre el 1.7% y el 6.6%, y sólo el 2.55% en la muestra de viviendas de bajos ingresos, que medimos en relación con las de altos ingresos. Para los ingresos medios y para los ingresos medios, la tasa de utilización promedio es de 6.08%, lo que atribuimos a prácticas de bajos ingresos que los reutilizan y/o reutilizan. (Francisco & Rodríguez (2010).

“Es notable la generación de residuos de plástico en las residencias de ingresos medios, alrededor de 18.90 %, con relación a los de altos ingresos, cuyo promedio es 6.83 % y a los de ingresos bajos que es de 8.37 %. Para los restos de papel y cartón el promedio fue 11.65 %, que, junto al promedio de vidrio, metales representan más del 30 % del total de los residuos y con relación a esto consideramos que el reciclaje de estos resultaría económicamente sustentable”. (Rodríguez, 2010).

2.8. Densidad de los desechos sólidos

De acuerdo con González (2008), para determinar la densidad sin compactación de los residuos recogidos se cubica el volumen ocupado en el vehículo de recogida y se pesa cargado al vacío. La diferencia entre ambos pesos será real y el cociente entre éste y el volumen ocupado determinará la densidad de los residuos recogidos.

Según (Ambientum, 2022), “el peso específico unitario de cada producto no indica que su mezcla tenga un valor global proporcional al de sus componentes. En el hogar, estos valores son habitualmente muy superiores debido a los espacios inutilizados del recipiente de basura: cajas sin plegar, residuos de formas irregulares, etc. Sin embargo, conforme vayan agrupándose de forma más homogénea, se acercarán más al estricto cálculo matemático, que da unos valores medios teóricos para residuos sin compactar de 80 kg/m³ con variaciones importantes de acuerdo a la composición concreta de los residuos en cada localidad. Sobre estos valores teóricos de peso específico del conjunto de los residuos sólidos urbanos, se deberán tener en cuenta importantes reducciones o aumentos según el estado de presentación o de manipulación de estos.”

2.9. Propiedades y/o características

La composición física de los residuos sólidos viene determinada básicamente por cuatro análisis: Identificación de componentes individuales; Análisis del tamaño de partículas; Determinación del contenido de humedad y Determinación de la densidad.

Componentes individuales

Según lo expresa (Mercado, 2013), “Los componentes individuales de los residuos sólidos dependen fundamentalmente del tipo de fuente generadora, así los desechos sólidos domésticos constan generalmente de papel, cartón, envases de alimentos, vidrio, latas, plásticos, restos de alimentos, trapo, restos de jardinería y otros, encontrándose algunas veces muebles, refrigeradoras y otros residuos voluminosos”.

De acuerdo con (Vílchez, 2017), la “distribución de los componentes es un factor crítico en el proceso particular de decisiones de manejo de desechos. De ser posible, se debe realizar un estudio especial para determinar la composición de los desechos. Aún entonces puede ser imposible obtener una evaluación exacta de la composición a menos que sea analizado un número prohibitivamente grande de muestras.”

Tamaño de las partículas

Las dimensiones de los componentes de los residuos sólidos son muy importantes en la recuperación de materiales, especialmente cuando se utilizan medios mecánicos como tamices y separadores magnéticos.

Contenidos de humedad

El contenido de humedad de los residuos sólidos puede variar del 15 al 40%, dependiendo de la composición de los residuos, la estación y las condiciones de humedad y clima, especialmente la lluvia. El contenido de humedad generalmente se expresa como peso de Humedad por unidad de peso de material húmedo o seco.

En el método de medición del peso húmedo, el contenido de humedad de la muestra se expresa como un porcentaje del peso seco del material; consulte la tabla a continuación. Ver tabla abajo.

Tabla: 2.0 Contenido de humedad por componente

Componente	Porcentaje de Humedad	
	Rango	Típico
Desechos de alimentos	50-80	70
Papel	4-10	6
Cartón	4-8	5
Plástico	1-4	2
Textiles	6-15	10
Caucho	1-4	2
Cuero	8-12	10
Desechos de jardín	30-80	60
Madera	15-40	20
Vidrio	1-4	2
Envases de hojalata	2-4	3
Metales no ferrosos	2-4	2
Tierra, ceniza, entre otros	6-12	8
Desechos sólidos municipales	15-40	20

Fuente: Jacotin, 2015.

2.10. Gestión del servicio de aseo público

La XXI agenda de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD-92), celebrada en Brasil en 1992, estableció que la gestión de residuos debe incluir la reducción de la producción, la clasificación, el reciclaje, la recolección, el tratamiento biológico, químico, físico o térmico y la disposición final adecuada. La reunión también reiteró que cada país y ciudad debe formular planes para lograr los objetivos mencionados, basados en las condiciones de su país, las oportunidades económicas y sociales y los objetivos de corto y mediano plazo.

2.11.1. El aseo urbano consta fundamentalmente de las siguientes actividades:

Generación: De acuerdo con Vélchez, (2017). “Cualquier persona o institución cuya acción cause la transformación de un material en un residuo. Una institución usualmente se vuelve generadora cuando sus actividades y procesos dan como resultado un residuo o cuando no utiliza más un material”.

Separación: Según lo expresa Sanatorium, (2019). “La separación de residuos en origen es la práctica a partir de la cual se discriminan los materiales que pueden ser reutilizados (o reciclados) de los que son basura. Y esta es, exactamente, la diferencia entre basura y residuo.”

La clasificación debe realizarse en el mismo lugar donde se generan los residuos: ya sea en una vivienda particular, oficina, colegio, hotel, restaurante, etc. Los tipos de materiales que deben separarse dependen de la gestión de residuos sólidos municipales y del programa de reciclaje de cada ciudad.

Almacenamiento temporal: De acuerdo con Vélchez, (2017). “Es la forma en que los residuos son acumulados durante un tiempo determinado antes de su recolección. Los recipientes utilizados para el almacenamiento temporal están en función del tipo de recolección a realizarse”.

Barrido de calles: Según lo expresa Vélchez, (2017). “Existen dos formas de realizar el barrido de calles, de forma manual y mecánica. El barrido mecánico requiere de mano de obra calificada, buen estado físico de las calles y un servicio adecuado de mantenimiento. A diferencia del barrido manual, que es empleado en todo el país, a pesar de sus bajos rendimientos ya que sólo se limita a las principales calles”.

Recolección y transporte: De acuerdo con (Vílchez, 2017). “Es aquel medio que recoge el residuo y lo lleva a un sitio de transferencia, botadero a cielo abierto o disposición final”.

Tratamiento y disposición final: De acuerdo con (Baltodano, 2017). “El tratamiento, incluye la selección y aplicación de tecnologías apropiadas para el control y tratamiento de los residuos peligrosos o de sus constituyentes. Estos pueden ser: pre-tratamiento mecánico (trituración y compactación) tratamiento térmico (incineración, pirolisis y gasificación) tratamiento biológico (compostaje, lombricultura y digestión anaerobia o mecanización).

Respecto a la disposición final, la alternativa comúnmente más utilizada es el relleno sanitario manual y/o mecanizado”.

De acuerdo con Vílchez (2017), argumenta que la mala calidad de los servicios de aseo urbano se debe a que:

- Las soluciones a los problemas a menudo se dejan en manos de personas no capacitadas o de políticos sin la capacitación técnica adecuada.
- No considerar que se trata de un asunto que requiere conocimientos, investigaciones, estudios, diseños y construcción de instalaciones adecuadas, en buen funcionamiento y mantenidas.
- Generalmente se cree que los residuos sólidos contienen riqueza.
- Las instituciones municipales tienen restricciones y recursos financieros limitados para obras públicas de limpieza.
- Tradicionalmente, las instituciones han puesto menos énfasis en este servicio público”.

2.11. Sistema de disposición final inadecuado

Como la mayor parte de la recolección de residuos generalmente termina en vertederos a cielo abierto, estos se han convertido en sitios de contaminación y representan un riesgo para los cuerpos de agua superficiales y subterráneos; asociado a la frecuente quema de residuos tiene consecuencias para el suelo, el agua, el aire y las cadenas o redes alimentarias, tiene un grave impacto en la calidad de los alimentos, que también afecta a la salud de la población. Las patologías que actualmente se manifiestan en los seres humanos probablemente estén

relacionadas con la degradación y marginación ambiental, la eliminación y la superpoblación causadas por la urbanización. Esto provoca una grave contaminación biológica con sustancias y residuos químicos potencialmente peligrosos para la salud.

De acuerdo (Montoya, 2013) “El deterioro de la situación del saneamiento básico, en particular; continúa ejerciendo presiones significativas sobre la salud de la población, en la que persisten altas tasas de mortalidad por enfermedades transmisibles ligadas al medio, propias de los países en vías de desarrollo. La basura facilita la proliferación de artrópodos y roedores que pueden ser vectores de enfermedades importantes, además de generar mal olor y afectar los valores escénicos”.

Tabla: 2.1 Enfermedades relacionadas con residuos sólidos municipales (RSM) transmitidas por vectores.

Vectores	Formas de transmisión	Principales enfermedades
Ratas	Mordisco, orina, heces y Pulgas	Peste bubónica, Tifus murino, Leptospirosis
Moscas	Vía mecánica (alas, patas, y cuerpo)	Fiebre tifoidea, salmonelosis, colera, amibiasis, Giardiasis
Mosquitos	Picadura del mosquito	Malaria, leishmaniosis, fiebre amarilla, dengue, filariasis
Cucarachas	Vía mecánica (alas, patas y cuerpo)	Fiebre tifoidea, heces, colera, giardiasis
Cerdos	Ingestión de carne contaminada	Cisticercosis, toxoplasmosis, triquinosis, teniasis

Fuente: DESA/UPMG, 2005.

Los desechos sólidos peligrosos requieren atención especial, especialmente los desechos hospitalarios e industriales que se recolectan en vertederos sin control ni tratamiento, lo que resulta en la contaminación de los gestores de desechos y de otras personas que visitan los desechos. Por tanto, podemos definir un sistema inadecuado como:

2.12. Botadero a cielo abierto

Los vertederos son uno de los métodos de disposición final más antiguos utilizados por el hombre para eliminar los residuos que él mismo genera durante sus diversas actividades. Los lugares donde se entierran residuos sólidos sin clasificarlos ni tratarlos se denominan vertederos.

De acuerdo a Morales (2014), “este lugar suele funcionar sin criterios técnicos en una zona de recarga situada junto a un cuerpo de agua, un drenaje natural, entre otros. Ahí no existe ningún tipo de control sanitario ni se impide la contaminación del ambiente; el aire, el agua y el suelo son deteriorados por la formación de gases y líquidos lixiviados, quemas y humos, polvo y olores nauseabundos”.

Según lo expresa Caldera *et al.* (2015), un vertedero a cielo abierto es un terreno donde se depositan y acumulan los residuos y desechos sólidos en forma indiscriminada, sin recibir ningún tipo de tratamiento sanitario, ambiental ni de control técnico.

De acuerdo con Días (2020), “estamos inmersos en una crisis socioambiental sin precedentes: enfrentamos, por un lado, los desafíos de luchar contra la pobreza y por el otro, los efectos del accionar humano que socavan el equilibrio natural. Esto involucra una parte de nuestras responsabilidades éticas, que abarcan no solo las relaciones entre seres humanos y el bienestar colectivo, sino también nuestra relación con la biosfera. Esta creciente preocupación por el cambio climático ha llevado a los municipios a tomar decisiones radicales, como cerrar definitivamente los vertederos a cielo abierto. Muy a menudo, los gobiernos municipales se asociaron con otros actores que tuviesen un interés económico al respecto, incluyendo el Banco Mundial y empresas privadas de residuos, para la adopción de nuevos sistemas de residuos sólidos, tales como las tecnologías de conversión de residuos en energía.”

2.13. Relleno Sanitario

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura. Un vertedero es una técnica para la disposición final de residuos sólidos en terrenos que no crea molestias o peligros para la salud o seguridad pública, y no causa daños al medio ambiente durante su operación o después de su

cierre. Alejandro Suarez *et al.* (2010).

Según Morales, (2015), “esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica”. Una vez determinado el sistema adecuado, definiremos los tipos de enterramiento sanitario recomendados.

2.14.1. Relleno sanitario semi mecanizado

Según la (Cepal, 2016), “Cuando la población genere o tenga que disponer entre 16 y 40 toneladas diarias de RSM en el relleno sanitario, es conveniente usar maquinaria pesada como apoyo al trabajo manual, a fin de hacer una buena compactación de la basura, estabilizar los terraplenes y dar mayor vida útil al relleno. En estos casos, el tractor agrícola adaptado con una hoja topadora o cuchilla y con un cucharón o rodillo para la compactación puede ser un equipo apropiado para operar este relleno al que podríamos llamar semi mecanizado. Una vez definido el tipo de relleno sanitario se deberá seleccionar el método constructivo”.

2.14.2. Métodos constructivos de un relleno sanitario

El método de construcción del vertedero y su posterior funcionamiento dependen principalmente de la topografía del terreno, pero también del tipo de suelo y de la profundidad del agua subterránea. De acuerdo con Jaramillo (2012), “Existen dos maneras básicas de construir un relleno sanitario”.

Método de trinchera o zanja

a) Método de área

En zonas relativamente planas, donde no es posible cavar fosas o zanjas para enterrar los desechos, se pueden apilar directamente sobre el suelo original, pero se debe impermeabilizar el suelo y elevarlo varios metros. En estos casos, el material de cobertura debe plan transportarse

desde otro lugar o, si es posible, tomarse de la capa superficial. Los taludes de los fosos están diseñados con pendientes suaves para evitar resbalones y brindar mayor estabilidad a medida que sube el relleno.

También se utiliza para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de varios metros de profundidad. El material de cobertura se excava desde la pendiente del terreno o, si no es posible la excavación, desde un sitio cercano para evitar costos de transporte. Los trabajos de descarga e instalación de la batería deben comenzar desde abajo.

Según lo expresa Jaramillo (2022), “El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno; es decir, la basura se descarga en la base del talud, se extiende y apisona contra él y se recubre diariamente con una capa de tierra. Se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 18.4 a 26.5 grados en el talud; es decir, la relación vertical/horizontal de 1:3 a 1:2, respectivamente, y de 1 a 2 grados en la superficie, o sea, de 2 a 3.5%”.

Combinación de ambos métodos

Debido a que estos dos métodos de eliminación comparten métodos de operación similares, se pueden combinar para hacer un mejor uso del suelo y los materiales de cobertura y lograr mejores resultados.

Cada ciudad o pueblo debería tener su propio vertedero o un municipio cercano para manejar los residuos sólidos municipales. De lo contrario, se seguirán apoyando prácticas irresponsables de dumping abierto en su territorio.

Según Jaramillo (2012), “Con la elección del método constructivo que mejor se aplique a la zona en donde se desea construir deberá de contar con los elementos principales con los que debe contar”.

2.14.3. Elementos principales de un relleno sanitario

De acuerdo con Jaramillo (2012), en su manual de diseño de rellenos sanitarios para

pequeñas municipalidades define los siguientes elementos:

a) Suelo de soporte: Según lo expresa Celeste (2023), se “debe ser lo suficiente impermeable para evitar que los lixiviados se infiltren hacia cursos de aguas subterráneas y para facilitar su captación. Como medida de protección ambiental, es recomendable impermeabilizar el suelo de fondo con material arcilloso técnicamente compactado y/o utilizar otros materiales impermeabilizantes para estos fines”.

b) Zanjas para drenaje pluvial: Ayudan a prevenir un mayor flujo de lixiviados al interceptar la lluvia y desviarla antes de que entre en contacto con los desechos a granel, evitando que contaminen y desestabilicen el vertedero.

c) Drenes de lixiviados: Captan estos líquidos y los transportan a tanques de almacenamiento.

d) Sistema de almacenamiento de lixiviado: Todo el líquido recogido por el drenaje de lixiviados se dirige a un tanque de almacenamiento donde luego se trata y se recircula hasta la parte superior del vertedero.

e) Material de cobertura: Se utiliza para cubrir residuos sólidos para neutralizar olores desagradables y prevenir la presencia de vectores de enfermedades como roedores y moscas.

f) Conductos de gases: Pueden permitir que los gases escapen del vertedero, especialmente el metano, que puede utilizarse en el propio vertedero o en las comunidades circundantes.

g) Pozos de monitoreo de aguas subterráneas: Instalado en lugares estratégicos para monitorear y verificar la gestión de lixiviados.

h) Área del terreno: El sitio debe ser lo suficientemente grande como para garantizar que el relleno tenga una vida útil de al menos 20 años.

I) Franja de protección ambiental: Mejora la estética del vertedero y actúa como barrera visual a las actividades que se desarrollan en el vertedero.

j) Cercas perimetrales: Su tarea es garantizar la seguridad del vertedero, evitar la entrada de extraños o ganado y afectar el normal trabajo del equipo. Definiendo los elementos del vertedero, daremos los pasos necesarios para su correcto diseño.

2.14.4. Reacciones que ocurren en un relleno sanitario

Según Jacotín (2015), “Para planear y diseñar rellenos sanitarios eficazmente, es

importante comprender lo que sucede dentro de un relleno sanitario después de concluir las operaciones de llenado. Los desechos sólidos colocados en un relleno sanitario están sometidos a un número de cambios biológicos, físicos y químicos simultáneos. Los siguientes están entre los más importantes de estos cambios”:

Cambios físicos, químicos y biológicos

Los residuos cotidianos en los vertederos presentan varios cambios físicos, químicos y biológicos simultáneos e interrelacionados. Estos cambios se describen a continuación para proporcionar una comprensión de los procesos internos que ocurren cuando se contienen los desechos.

Cambios físicos

Los principales cambios físicos están asociados con la compactación de los residuos sólidos urbanos, la difusión de gases hacia y desde los vertederos, la intrusión de agua y el movimiento de fluidos en el subsuelo y los sedimentos, y la sedimentación debido a la consolidación y descomposición de los sedimentos.

El movimiento del gas es particularmente importante para el control operativo y el mantenimiento del sistema. Por ejemplo, cuando el biogás queda atrapado, la presión interna puede hacer que la tapa se agriete y se agriete, permitiendo que el agua de lluvia se filtre en el vertedero, provocando que se forme más gas y lixiviados. Los factores anteriores provocan asentamientos y asentamientos desiguales en la superficie del suelo y provocan inestabilidad del terraplén debido a la alta calidad de los residuos.

Reacciones químicas

Las reacciones químicas que ocurren en los vertederos e incluso en los vertederos incluyen la disolución y suspensión de materiales y productos de transformación biológica en fluidos que permean grandes cantidades de residuos sólidos urbanos, la evaporación de compuestos y agua, la adsorción de compuestos orgánicos volátiles, la deshalogenación y descomposición de compuestos orgánicos. Las reacciones redox que afectan la disolución de metales y sales metálicas. La importancia de descomponer productos orgánicos es que estos

materiales pueden ser transportados a vertederos o vertederos con el lixiviado.

Reacciones biológicas

Las principales reacciones biológicas que se producen en los vertederos son llevadas a cabo por microorganismos aeróbicos y anaeróbicos y están asociadas a la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos. El proceso de descomposición comienza con la presencia de oxígeno (fase aeróbica); una vez que los escombros están cubiertos, el oxígeno comienza a ser consumido por la actividad biológica. En esta etapa se forma principalmente dióxido de carbono. Cuando se consume oxígeno, la descomposición se produce sin oxígeno (fase anaeróbica): aquí la materia orgánica se convierte en dióxido de carbono, metano y una pequeña cantidad de amoníaco y sulfuro de hidrógeno.

Generaciones de líquidos y gases

Casi todos los residuos sólidos se descomponen en cierta medida, pero la fracción orgánica es la que más cambia. Los subproductos de la descomposición consisten en líquidos, gases y sólidos.

Líquido Lixiviado

La descomposición o descomposición natural de los residuos produce un líquido negro y maloliente llamado lixiviado, que es similar a las aguas residuales domésticas, pero más concentrado. La cantidad de agua de lluvia que pasa a través de la capa de residuos es mucho mayor que la de los residuos sólidos urbanos del mismo contenido de humedad, por lo que la interceptación y desviación es importante para evitar un aumento de lixiviados, de lo contrario pueden surgir problemas en la operación de vertederos, ríos, fuentes de agua y los pozos cercanos también pueden contaminarse.

Gases

Los vertederos actúan como biorreactores anaeróbicos. Como resultado de la descomposición o descomposición natural de los residuos sólidos domésticos no sólo se producen líquidos, sino también gases y otros compuestos. La descomposición de sustancias orgánicas bajo la influencia de microorganismos del medio ambiente se produce en dos fases:

aeróbica y anaeróbica. La etapa aeróbica se refiere a la etapa en la que el oxígeno del aire en el espacio entre los desechos enterrados se consume rápidamente.

Los vertederos, por otro lado, son anaeróbicos, ya que el aire no pasa a través de ellos y el oxígeno no circula, lo que genera grandes cantidades de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), además de trampas de carbono. Gases con olor fuerte, como sulfuro de hidrógeno (H_2S), amoníaco (NH_3) y mercaptanos.

El gas metano es motivo de gran preocupación porque, aunque es inodoro e incoloro, puede ser inflamable y explosivo cuando su concentración en el aire alcanza el 5-15% en volumen; El gas tiende a acumularse en los huecos del relleno y utiliza las grietas del suelo o la permeabilidad del pavimento para escapar.

Cuando el gas metano se acumula en un vertedero y migra a áreas adyacentes, puede crear un peligro de explosión. Por ello se recomienda una adecuada ventilación de este gas, aunque no supone un problema especialmente grave en pequeños vertederos.

Hundimientos y asentamientos diferenciales

De acuerdo con Rivera (2012), “Calcular los asentamientos de los rellenos sanitarios es un asunto complejo. Se ve determinado por el tipo de basura que llega al relleno, por lo que entre más heterogénea mayor imprecisión en los cálculos. Cada tipo de desecho tiene su propia capacidad de deformarse o reacomodarse en el relleno, además, aspectos como el asentamiento diferencial que puede ocurrir en el suelo donde se instala el relleno, la eficiencia bacteriológica presente o la geometría de llenado son factores por tomar en consideración cuando se pretende modelar un Residuos Sólidos para calcular sus asentamientos. Por otra parte, la densidad de los residuos, el método de operación del relleno, la humedad y precipitación, influyen en el proceso de consolidación”. Una vez determinada la respuesta a lo que enfrentará el vertedero, se procederá con el diseño del canal.

2.14.5. Canales ciegos

Con respecto al movimiento de lixiviados, vale la pena prestar atención a dos

condiciones: una es la tasa de fuga de lixiviados desde el fondo del vertedero a las aguas subterráneas en la superficie del agua subterránea. El segundo es la velocidad a la que el agua fluye desde los acuíferos superficiales hasta el almacenamiento en roca. Por lo tanto, se propuso un diseño de canal.

Tratamiento de los canales ciego

Los líquidos y materiales disueltos, así como los materiales menos solubles depositados en los drenajes, tienden a lixivarse y fluir a través de los desechos sólidos y luego a través del suelo. Sustancias gaseosas insolubles que generalmente son menos densas que el aire o tienden a abandonar la atmósfera debido a la presión interna. Estos gases incluyen sulfuro de hidrógeno (olor desagradable) y metano (inflamable y explosivo cuando se concentra en el aire), con una proporción del 5% al 15%.

Los lixiviados se mueven verticalmente a través del vertedero y luego lateralmente hasta el fondo del talud para formar la plataforma del vertedero, el canal de lixiviación. Se almacenan los lixiviados que caen a los canales. Si se excede su capacidad, desbordan las líneas principales hasta llegar a otro sistema de tratamiento, posiblemente la ubicación de la fosa séptica.

Debido a las características de los vertederos manuales, la cantidad de residuos acumulados diariamente es muy pequeña, por lo que la cantidad de agua lavada también es muy pequeña, por lo que se supone que el flujo es extremadamente pequeño, y después de un almacenamiento prolongado, algunos microorganismos se adhieren a la superficie del lecho de roca del vertedero, aumentando la calidad de la filtración. Cuando se elimina una gran cantidad de residuos, estos son sometidos a una serie de elementos de transformación química que forman residuos sólidos. La finalidad de los canales ciegos es reducir la carga contaminante de los lixiviados mediante procesos físicos y biológicos.

La filtración de canal ciego es un proceso que mejora la calidad del lixiviado e implica pasar el lixiviado a través de un material filtrante poroso. Durante este proceso se eliminan parte de las sustancias en suspensión y coloides, reduciendo los microorganismos (bacterias y virus). El tamaño de la capa filtrante en el canal depende básicamente de la naturaleza del medio

ambiente, la concentración y el tipo de agua residual a tratar. El diseño de los canales permite retener el líquido filtrado durante mucho tiempo debido a la actividad biológica añadida a la superficie de la capa filtrante para mejorar su calidad. El agua que sale del canal es el agua sobrante o agua residual que pasa por la bajante.

Mecanismo de filtración de los canales ciego

Se cree que la filtración es causada por dos mecanismos diferentes: transporte y adhesión. Inicialmente, durante el movimiento del líquido penetrante, las partículas a eliminar de la suspensión se transportan a la superficie de la capa filtrante. Se supone que las partículas serán retenidas debido a las bajas fuerzas de corte debido a las condiciones hidrodinámicas del flujo, por lo que el lixiviado se adherirá al lecho filtrante, el volumen de descarga y la tasa de descarga serán bajos, principalmente debido a la baja lixiviación. Volumen en la zanja, y el lixiviado tiene una viscosidad más alta debido a su mayor viscosidad. La adhesión entre partículas es esencialmente un fenómeno de interacción superficial influenciado por parámetros físicos y químicos.

El transporte de partículas es un fenómeno físico e hidráulico que depende de las propiedades del lixiviado y del medio filtrante. El segundo proceso más importante que ocurre en los canales de infiltración es la sedimentación, que es la remoción por gravedad de partículas suspendidas en un fluido que tienen una gravedad específica mayor que la del fluido. Estas partículas se depositan en el líquido y su gravedad específica es mayor que la de la porción líquida. En condiciones anaeróbicas, la gravedad específica de las bacterias es mayor que la de la porción líquida.

Medio filtrante

Los materiales filtrantes recomendados son materiales con una gran superficie por unidad de volumen, son duraderos, económicos y no propensos a obstruirse. Los materiales recomendados por los ingenieros especializados en el diseño de estas unidades de procesamiento suelen ser dióxido de silicio o cuarzo. Nunca utilice piedra caliza con un diámetro entre 0.10 m y 0.20 m, ya que se disuelve al pasar el líquido a través de ella.

Este diámetro (0.10 m – 0.20 m) se elige para evitar la obstrucción del material filtrante, es decir hay suficiente espacio o porosidad para que el lixiviado fluya a través del medio. Se supone que las rocas de menor diámetro no podrán proporcionar un contenido de vacíos excesivo en comparación con el flujo a través del lecho, lo que provocará la obstrucción del medio filtrante.

El comportamiento mecánico e hidráulico de los lechos de roca en pasajes ciegos está determinado principalmente por la compacidad y las propiedades direccionales (forma) de las partículas. El término compacidad se refiere al grado en que se colocan las piedras, dejando suficiente espacio para garantizar que, si el lecho está libre de obstáculos, las dimensiones de las piedras mostradas lo proporcionen.

Los lechos filtrantes se han utilizado durante mucho tiempo en el tratamiento de aguas residuales y tienen reputación de estabilidad operativa y diseño simple. Sin embargo, son difíciles de modelar a escala de laboratorio o matemáticamente, lo que dificulta predecir el comportamiento de un sistema en particular. Esto supone una desventaja si las aguas residuales tratadas deben cumplir determinadas características.

Sistema de película biológica

Se forma una biopelícula en la superficie del lecho, formada por varios microorganismos altamente activos que descomponen la materia orgánica. Las biopelículas adheridas a la superficie de los medios filtrantes caracterizan varios tipos de biorreactores que se han utilizado durante mucho tiempo para el tratamiento de aguas residuales.

2.14.6. Operación

Según Jaramillo (2007), “Se refiere a que el relleno sanitario se debe de llevar siguiendo un plan general de operaciones preestablecidas o bajo la guía de un manual de operaciones. El cual debe ser flexible para que el supervisor pueda actuar según su criterio cuando haya que resolver situaciones inesperadas”.

Control de operaciones

- Plantar vegetación sobre el suelo cubriendo toda el área.
- Controlar la introducción de residuos sólidos (objetivo).
- Controlar el flujo del vehículo (objetivo).
- Dirección de tráfico y descarga (lugar de operación).
- Lectura en el frente laboral (gerente).
- Controla el tamaño y estructura de las celdas y sus respectivos materiales de recubrimiento (supervisores).
- Buen mantenimiento de herramientas y suministro de herramientas de protección laboral (gerente).
- Monitoreo para evitar el ingreso de animales y extraños, así como la excavación de desechos sólidos a las cámaras ya establecidas.

Mano de obra

Según lo expresa Cubillo en su tesis de grado, “En el relleno sanitario manual, como su nombre lo indica, todas las operaciones están basadas en el trabajo desarrollado por obreros del municipio o comunidad. El número de trabajadores necesarios depende de la cantidad de desechos sólidos a enterrar, de las condiciones del clima y del método de construcción del relleno entre otros. Es necesario contar además con un responsable o supervisor de aseo que tenga los conocimientos necesarios para dirigir esta obra en constante operación”.

Herramientas

Según expresa Palma & Sánchez (2017), “para la operación del relleno sanitario manual, el equipo necesario se reduce al empleo de herramientas o utensilios de albañilería, tales como: carretillas de llanta neumática, palas, picas, azadones, barras, pisones de madera, así como de horquillas o rastrillos y un rodillo compactador. La cantidad de estas herramientas está en función del número de trabajadores, y éstos a su vez dependen de la cantidad de desechos sólidos a enterrar en el relleno”.

2.14.7. Ventajas y riesgo de un relleno sanitario

De acuerdo con Jaramillo (2012), “establece que todo sistema de tratamiento de desechos sólidos tendrá sus ventajas y limitaciones”, como descritas a continuación en la tabla:

Tabla: 2.3 Ventajas y riesgos de un relleno sanitario.

Ventajas	Limitaciones
La inversión de capital inicial es menor que la necesaria para procesar residuos mediante incineración, biometano o equipos de compostaje.	La adquisición de terrenos es difícil porque los vecinos se oponen al sitio, fenómeno conocido como NIMBY (Not In My Backyard), por varias razones: 1. Falta de conocimiento sobre la tecnología de vertederos. 2. El término relleno sanitario se refiere a un relleno sanitario. 3. Clara desconfianza hacia el gobierno local, que no garantiza la calidad ni la sostenibilidad de la obra. 4. Falta de higiene legal del lugar
Ventajas Sus costos de operación y mantenimiento son menores que los de los métodos médicos. Un relleno sanitario es un método completo y definitivo, porque puede recibir todo tipo de residuos domésticos. Emplea mano de obra poco calificada, que abunda en los países en desarrollo. Recoge más de 500 t/día de metano en vertederos, lo que puede ser una fuente de energía alternativa para algunas ciudades. Su ubicación puede ser tan cercana a un área urbana como lo permitan los sitios existentes, reduciendo los costos de	Limitaciones La rápida urbanización, que limita y aumenta el coste de los pocos terrenos baldíos, obliga a ubicar el vertedero lejos de la población. La vulnerabilidad de la calidad del trabajo del vertedero y el alto riesgo de convertirlo en un vertedero, que resulta principalmente de la falta de voluntad política del gobierno de la ciudad para invertir los fondos necesarios para garantizar la adecuada operación y mantenimiento del vertedero. Utilizar un vertedero cerrado, p. No recomendado para la construcción de apartamentos y colegios. Limitación de la construcción de infraestructura pesada debido a sedimentación y hundimiento tras el cierre del vertedero El monitoreo es necesario después del cierre de un vertedero no sólo para gestionar los impactos ambientales negativos, sino también para evitar que los residentes alteren el sitio.

transporte y facilitando el control comunitario.	
Permite la restauración de terrenos improductivos o marginales, haciéndolos útiles para el establecimiento de parques, recreación y áreas verdes, entre otras cosas.	Esto puede causar efectos ambientales a largo plazo si no se toman las precauciones de selección adecuadas y no se toman medidas de mitigación. Para los vertederos de gran tamaño, se recomienda analizar los efectos del tráfico de vehículos, especialmente los camiones que transportan residuos por los caminos que conectan con el sitio, los cuales generan polvo, ruido y material volador.
Un vertedero puede entrar en funcionamiento como método de gestión de residuos en un corto período de tiempo. Se considera flexible porque puede aceptar residuos adicionales de mayor tamaño con un número reducido de trabajadores.	Los bienes inmuebles o terrenos alrededor del vertedero pueden depreciarse. En general, no puede aceptar residuos peligrosos.

Fuente: Jaramillo, 2012

2.15 Plan integral de gestión de residuos sólidos: definición y componentes

Un Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos (PIGRS) es un instrumento de planificación estratégica y operativa que establece los lineamientos, objetivos, metas, programas y acciones necesarios para el manejo adecuado de los residuos sólidos en una jurisdicción determinada, considerando aspectos ambientales, económicos, tecnológicos, sociales y legales.

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2019), un PIGRS se define como "un conjunto de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación para el manejo de los residuos sólidos, desde su generación hasta su disposición final" (p. 15).

Componentes principales de un PIGRS:

Diagnóstico: Fernández-Colomina y Rodríguez-Salinas (2005), señalan que "el diagnóstico debe incluir un análisis detallado de la situación actual del manejo de residuos

sólidos, incluyendo aspectos técnicos, operativos, financieros, institucionales y sociales" (p. 37).

Objetivos y metas: De acuerdo con Wilson et al. (2015), "los objetivos deben ser SMART (Específicos, Medibles, Alcanzables, Relevantes y Temporales) y alineados con las políticas nacionales y locales de gestión ambiental" (p. 329).

Programas y proyectos: Estos deben abordar todas las etapas del manejo de residuos. Según Zafra-Mejía (2009), "los programas deben incluir acciones para la minimización, segregación en la fuente, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos" (p. 122).

Marco legal e institucional: El PIGRS debe estar alineado con la legislación vigente. Como indica Tello-Espinoza et al. (2011), "el plan debe considerar las normativas nacionales, regionales y locales, así como los roles y responsabilidades de las instituciones involucradas" (p. 45).

Estrategia financiera: Rodic *et al.* (2010), enfatizan que "un plan financiero sólido es crucial para la sostenibilidad del sistema de gestión de residuos, considerando tanto los costos de inversión como los operativos" (p. 1042).

Participación ciudadana: Marshall y Farahbakhsh (2013) argumentan que "la participación efectiva de la comunidad es fundamental para el éxito de cualquier PIGRS, especialmente en aspectos como la segregación en la fuente y el reciclaje" (p. 995).

Monitoreo y evaluación: Según la EPA (2020), "un sistema robusto de monitoreo y evaluación es esencial para medir el progreso, identificar áreas de mejora y asegurar la efectividad del plan" (p. 28).

El marco legal para los PIGRS varía según el país, pero generalmente se fundamenta en leyes nacionales de gestión ambiental y residuos sólidos. En el contexto latinoamericano, por ejemplo, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de México (2003)

establece que "los municipios deben formular, ejecutar, vigilar y evaluar el programa municipal para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos" (Artículo 10, fracción I).

De acuerdo con Alarcón, (2016) Es un conjunto de medidas enfocadas a las actividades de prevención, minimización, separación en la fuente, almacenamiento, transporte y/o disposición final tendientes al mejoramiento de la salud y el cuidado del ambiente.

- Promueve el desarrollo de un proceso sustentable para mejorar la cobertura y calidad del sistema de gestión de rojo sólido.
- Previene enfermedades y mejora el decoro público.
- Promueve y fomenta el uso y eliminación de residuos.
- Reduce los impactos ambientales negativos causados por un manejo inadecuado de los residuos sólidos.
- Promueve la participación de la población e instituciones clave en iniciativas encaminadas a mejorar el sistema de gestión de la roja sólida.
- Eleva el nivel de educación ambiental de la población.
- Permite la instalación de estructuras administrativas adecuadas para la gestión ambiental de los residuos sólidos.

CAPITULO III METODOLOGÍA

3.0. Introducción

En este capítulo se desarrolló la metodología utilizada en dicha investigación, especificando aquí su localización y la descripción de su área experimental, diseño y tipo de investigación, descripción de los tratamientos, métodos y análisis estadístico, materiales y equipos de la investigación, procedimientos y de los análisis de datos obtenidos.

3.1. Ubicación del experimento

En el alcance investigativo, la Fig. 1.1 se presenta la ubicación del experimento entre las coordenadas: 19°04'N, 70°09'O y un área de 619.88 km² a 105 km de la ciudad capital Santo Domingo, altitud media de 66 msnm. Específicamente en ciudad común cabecera de Cotuí, P r o v i n c i a Sánchez Ramírez.

3.2. Diseño y enfoque de la investigación

Esta investigación fue estructurada por un diseño de investigación no experimental de corte transversal-descriptiva, porque la misma se llevó a cabo bajo condiciones no controladas al momento de la toma de la muestra y de forma aleatoria, al mismo tiempo que se analizó cual es el estado de las variables en un momento determinado y se presentó a su vez un panorama de las condiciones de estas. (Manual Práctico de Investigación UTECO, 2007).

Este estudio tuvo un enfoque mixto porque implicó la determinación de variables tanto cuantitativas como cualitativas. Aquí se determinaron las características y origen de los residuos sólidos en el municipio de Cotuí.

3.3. Definición de la población

3.3.1. Población y muestra

Una población puede definirse como un conglomerado de medidas obtenidas para identificar alguna propiedad interesante de los elementos de un grupo, indicando que

generalmente varias poblaciones pueden pertenecer a un mismo grupo. Según la Oficina Nacional de Estadísticas (2010), el último Censo Nacional publicado estimó que la provincia de Sánchez Ramírez, específicamente su municipio de Cotuí contaba con aproximadamente 64,133 habitantes.

3.3.2. Procedimiento para la obtención de la muestra

El concepto de población son todas las casas particulares y negocios del municipio correspondiente.

Al dividir la población en zonas, se obtuvieron tres estratos o zonas para un mejor control de la muestra:

Zona 1: Vivienda para altos ingresos.

Zona 2: Hogares de ingresos medios.

Zona 3: Viviendas para personas de bajos ingresos.

Ejemplo de distribución de muestreo aleatorio poblacional.

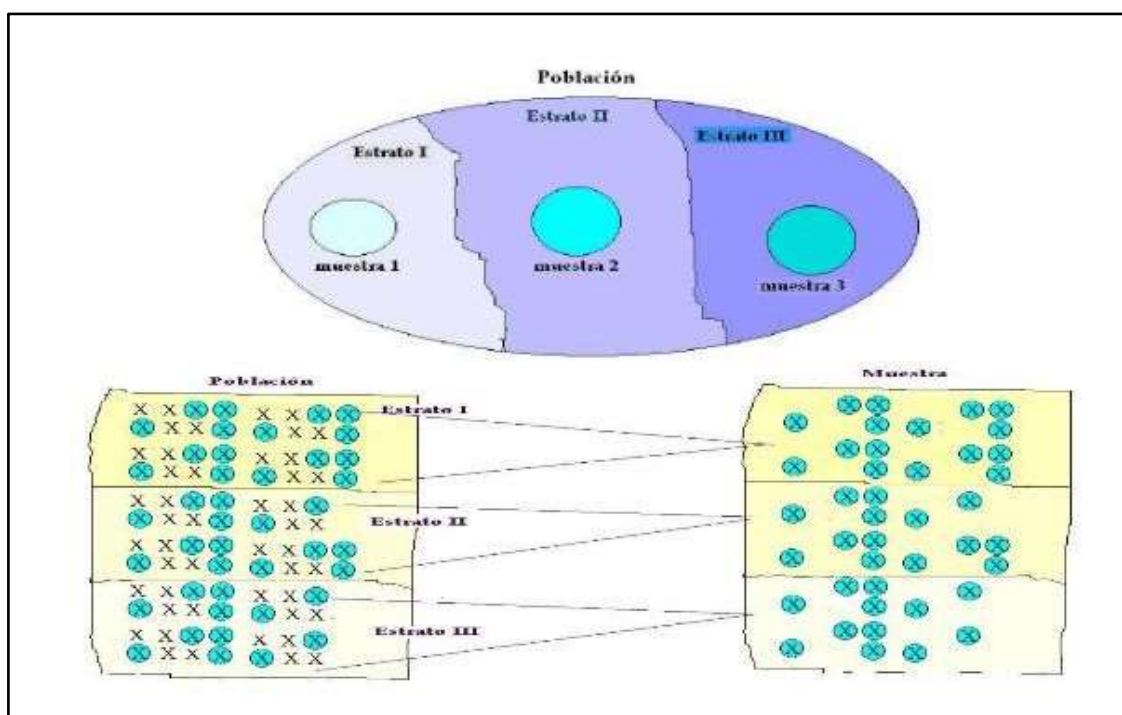


Fig.1.2 Muestra aleatoria de la población estudio.

2.4.3. Determinación del tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra fue determinado según la siguiente fórmula estadística.

Muestra de la población

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

Se tomó como referencia la población del nacional según el Censo de la ONE (2010); año de estudio del municipio de Cotuí que cuenta con 11,053 viviendas con un promedio de 116 hab/km²

$$n = \frac{2.06^2 (11,053.) (0.050)}{(11,053-1) 0.020^2 + 2.06^2 (0.050)}$$

Donde σ^2 = desviación estándar de residuos sólidos generados por habitante.

Población = 0.050.

$Z_{1-\alpha} = 2.06$ con un nivel de confianza del 96 %.

E = error permisible en la estimación del PPC (gr./cápita/día) = 0.020.

N = Número total de viviendas = 11,053 en el último censo del municipio. n = número de muestras tomadas, total serian 09 muestras, divididas de acuerdo con cada estrato anteriormente planteado por zonas ejemplo:

- Zona 1: Vivienda para altos ingresos se tomarán 3 muestras.
- Zona 2: Hogares de ingresos medios, se tomarán 3 muestras.
- Zona 3: Viviendas para personas de bajos ingresos se tomarán 3 muestras.

Se utilizó esta escala de desviación estándar, para el análisis estadístico para obtener el número de muestras seleccionadas en el estudio.

3.4.4. Materiales y equipos usados en la investigación

- Un camión municipal para la recogida de los residuos sólidos.

- Bolsas o fundas plásticas.
- Tanque plástico o de metal de 100 Lt.
- Balanza o peso de pesar de 80 kg de capacidad.
- Recogedores y escobas de limpieza.
- Mantas plásticas de polietileno de 5.0 m x 10 m.
- Lona de plástica utilizada como tamiz.
- Celulares o cámara fotográfica digital.
- Uniforme de operario: suéter, gorra, botas de gomas, mascarilla y guantes.
- Jabón bactericida, detergente.
- Botiquín.
- Lápiz, hojas bond, Lapiceros, cinta tape, tableros para apuntes y tijera.
- Formatos impresos, cartas.
- Equipo computadores con una impresora.

CAPÍTULO IV. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Introducción

Este capítulo presenta los resultados obtenidos a través de la investigación realizada en el municipio de Cotuí sobre la gestión de residuos sólidos urbanos. Los datos recopilados y analizados se organizan de acuerdo con los objetivos específicos planteados en el estudio, seguidos de una interpretación detallada.

4.2 Caracterización de los Residuos Sólidos en Cotuí

4.2.1 Composición de los Residuos Sólidos

Tipo de Residuo	Desviacion Estandar (%)
Materia orgánica	55
Plásticos	15
Papel y cartón	12
Vidrio	5
Metales	3
Textiles	2
Otros	8

La composición de los residuos sólidos en Cotuí revela un patrón típico de muchas ciudades en desarrollo. La materia orgánica constituye más de la mitad (55%) de los residuos generados, lo cual es característico de comunidades donde el consumo de alimentos frescos es alto y los hábitos de procesamiento de alimentos en el hogar son comunes. Este alto porcentaje de materia orgánica representa una oportunidad significativa para implementar programas de compostaje, que podrían reducir sustancialmente la cantidad de residuos que llegan al vertedero.

Los plásticos (15%) y el papel y cartón (12%) juntos constituyen más de una cuarta parte de los residuos. Esto indica un considerable potencial para el reciclaje, ya que estos materiales son generalmente reciclables y tienen un valor en el mercado de materiales secundarios. La implementación de programas de reciclaje enfocados en estos materiales podría tener un impacto significativo en la reducción de residuos.

Los porcentajes más bajos de vidrio (5%), metales (3%) y textiles (2%) sugieren que estos materiales, aunque presentes, no son los principales contribuyentes al volumen de residuos. Sin embargo, su reciclaje sigue siendo importante, especialmente en el caso de los metales, que tienen un alto valor de reciclaje.

En general, esta composición sugiere que más del 70% de los residuos generados en Cotuí tienen potencial de ser desviados del vertedero a través de programas de compostaje y reciclaje, lo que podría extender significativamente la vida útil de las instalaciones de disposición final y reducir los impactos ambientales asociados.

4.2.2 Generación Per Cápita

Zona	Generación Per Cápita (kg/persona/día)
Altos ingresos	1.1
Ingresos medios	0.8
Bajos ingresos	0.5

Los datos de generación per cápita de residuos sólidos en Cotuí muestran una clara correlación entre el nivel de ingresos y la cantidad de residuos generados. Esta tendencia es consistente con los patrones observados globalmente, donde los hogares de mayores ingresos tienden a generar más residuos.

Los residentes de zonas de altos ingresos generan más del doble de residuos (1.1 kg /persona/día) que los de zonas de bajos ingresos (0.5 kg /persona/día). Esto puede atribuirse a varios factores: Mayor poder adquisitivo que conduce a un mayor consumo; Tendencia a comprar productos con más embalajes; Posiblemente menor reutilización de materiales en el hogar.

La zona de ingresos medios, con 0.8 kg /persona/día, se sitúa cerca del promedio general de la ciudad. Este dato podría ser utilizado como una referencia base para las proyecciones y planificación de la gestión de residuos a nivel municipal.

Estas diferencias en la generación de residuos sugieren que las estrategias de gestión de residuos deben ser adaptadas a las características socioeconómicas de cada zona. Por ejemplo, en las zonas de altos ingresos, las campañas podrían enfocarse en la reducción del consumo y

el uso excesivo de embalajes, mientras que en las zonas de bajos ingresos, los esfuerzos podrían centrarse en mejorar la cobertura del servicio de recolección y promover prácticas de reciclaje y compostaje doméstico.

4.3 Evaluación del Sistema Actual de Gestión de Residuos

4.3.1 Cobertura del servicio de recolección

Zona	Cobertura de recolección (%)
Zona céntrica y commercial	95
Zonas residenciales de ingresos medios y altos	85
Zonas periféricas y de bajos ingresos	45

La cobertura del servicio de recolección en Cotuí muestra disparidades significativas entre las diferentes zonas de la ciudad, reflejando un patrón común en muchas ciudades en desarrollo.

La zona céntrica y comercial disfruta de una cobertura casi total (95%), lo cual es comprensible dado su importancia económica y visibilidad. Esta alta cobertura ayuda a mantener la imagen de la ciudad y previene la acumulación de residuos en áreas de alto tráfico.

Las zonas residenciales de ingresos medios y altos tienen una cobertura relativamente buena (85%), aunque todavía hay margen de mejora. Esta cobertura refleja posiblemente una combinación de mejor infraestructura vial y mayor capacidad de pago por servicios municipales.

Sin embargo, la situación en las zonas periféricas y de bajos ingresos es preocupante, con solo un 45% de cobertura. Esta baja cobertura puede deberse a varios factores: Infraestructura vial deficiente que dificulta el acceso de los vehículos de recolección; Menor prioridad en la asignación de recursos municipales; Posibles dificultades en la recaudación de tarifas por el servicio.

Esta disparidad en la cobertura del servicio puede llevar a problemas de salud pública y degradación ambiental en las zonas menos atendidas, además de perpetuar desigualdades sociales. Es crucial que el municipio desarrolle estrategias para aumentar la cobertura en estas

áreas, posiblemente a través de métodos alternativos de recolección adaptados a las condiciones locales, como puntos de recolección comunitarios o sistemas de recolección manual en áreas de difícil acceso.

4.3.2 Frecuencia de recolección

Zona	Frecuencia de Recolección
Céntrica y comercial	Diaria
Residencial	2-3 veces por semana
Periférica	1 vez por semana o menos

La frecuencia de recolección de residuos en Cotuí muestra una clara priorización de las zonas céntricas y comerciales sobre las áreas residenciales y periféricas.

La recolección diaria en la zona céntrica y comercial es adecuada dada la alta generación de residuos en estas áreas y la necesidad de mantener una imagen limpia para el comercio y el turismo. Esta frecuencia ayuda a prevenir la acumulación de residuos y los problemas asociados como malos olores y proliferación de vectores.

En las zonas residenciales, la frecuencia de 2-3 veces por semana puede ser suficiente si se complementa con buenas prácticas de almacenamiento domiciliario. Sin embargo, en climas cálidos como el de Cotuí, esta frecuencia podría ser insuficiente, especialmente para los residuos orgánicos que se descomponen rápidamente.

La situación más preocupante se presenta en las zonas periféricas, donde la recolección se realiza una vez por semana o menos.

Esta baja frecuencia puede llevar a: Acumulación de residuos en espacios públicos o en los hogares. Aumento de los riesgos para la salud pública. Proliferación de vertederos improvisados. Deterioro de la calidad de vida en estas zonas.

Es importante que el municipio reevalúe la distribución de sus recursos para mejorar la frecuencia de recolección en las zonas periféricas. Esto podría implicar la optimización de rutas, la inversión en más equipos de recolección, o la implementación de sistemas complementarios como puntos de recolección comunitarios que puedan ser atendidos con mayor frecuencia.

4.3.3 Estado de los equipos de recolección

Estado de los Camiones	Cantidad %
Buenas condiciones	2
Requieren mantenimiento frecuente	2
Fuera de servicio	1

El estado de los equipos de recolección en Cotuí presenta un panorama preocupante que puede estar afectando significativamente la eficiencia y confiabilidad del servicio de recolección de residuos.

De los 5 camiones recolectores con los que cuenta el municipio: Solo 2 están en buenas condiciones, lo que representa apenas el 40% de la flota. 2 requieren mantenimiento frecuente, lo que sugiere que son propensos a averías y tiempos de inactividad. 1 está completamente fuera de servicio, reduciendo la capacidad operativa en un 20%.

Esta situación tiene varias implicaciones:

Capacidad reducida: Con solo 2 camiones en buenas condiciones, la capacidad de recolección del municipio está severamente limitada, lo que podría explicar en parte la baja cobertura y frecuencia de recolección en algunas zonas.

Costos de mantenimiento elevados: Los camiones que requieren mantenimiento frecuente probablemente están generando altos costos operativos, desviando recursos que podrían utilizarse para mejorar el servicio.

Confiabilidad del servicio: La dependencia de equipos en mal estado puede llevar a interrupciones frecuentes en el servicio, afectando la regularidad de la recolección.

Ineficiencia operativa: Los camiones que requieren mantenimiento frecuente probablemente consumen más combustible y operan de manera menos eficiente, aumentando los costos operativos y el impacto ambiental.

Condiciones de trabajo: El personal que opera estos vehículos puede estar expuesto a condiciones de trabajo subóptimas, lo que podría afectar la moral y la productividad.

Esta situación subraya la necesidad urgente de inversión en la renovación y mantenimiento de la flota de vehículos de recolección. El municipio debería considerar:

La adquisición de nuevos vehículos para reemplazar los que están fuera de servicio y los que requieren mantenimiento frecuente.

Implementar un programa de mantenimiento preventivo para prolongar la vida útil de los vehículos existentes.

Explorar opciones de financiamiento o asociaciones público-privadas para mejorar la infraestructura de recolección.

Mejorar el estado de los equipos de recolección es fundamental para aumentar la cobertura y frecuencia del servicio, especialmente en las zonas periféricas actualmente desatendidas.

4.5 Percepción y participación ciudadana

Aspecto	Porcentaje (%)
Considera la gestión de residuos un problema grave	85
Dispuesto a participar en separación en origen	60
Conoce prácticas básicas de reciclaje	40
No satisfecho con frecuencia de recolección	70

Los resultados de la encuesta sobre percepción y participación ciudadana en la gestión de residuos sólidos en Cotuí revelan varios aspectos importantes:

Conciencia del problema: El 85% de los encuestados considera que la gestión de residuos es un problema grave. Este alto porcentaje indica una conciencia generalizada sobre la importancia del tema, lo cual es un punto de partida positivo para implementar mejoras en el sistema.

Disposición a participar: El 60% de los encuestados está dispuesto a participar en programas de separación en origen. Esta disposición es alentadora y sugiere que existe un potencial significativo para implementar programas de reciclaje y compostaje. Sin embargo,

también indica que hay un 40% de la población que aún necesita ser convencida o educada sobre la importancia de la separación en origen.

Conocimiento de prácticas de reciclaje: Solo el 40% de los encuestados conoce prácticas básicas de reciclaje. Esta cifra relativamente baja sugiere que hay una necesidad urgente de programas de educación ambiental para informar a la población sobre cómo reciclar correctamente.

Insatisfacción con el servicio: El 70% de los encuestados no está satisfecho con la frecuencia de recolección. Este alto nivel de insatisfacción corrobora los datos sobre la baja frecuencia de recolección, especialmente en zonas periféricas, y subraya la necesidad de mejorar el servicio.

Estas percepciones y actitudes tienen implicaciones importantes para la gestión de residuos en Cotuí:

La alta conciencia sobre la gravedad del problema (85%) proporciona un terreno fértil para la implementación de nuevas políticas y programas de gestión de residuos.

La disposición a participar en la separación en origen (60%) sugiere que un programa de reciclaje bien diseñado podría tener una buena acogida inicial.

El bajo conocimiento de prácticas de reciclaje (40%) indica que cualquier nuevo programa debe ir acompañado de una fuerte campaña de educación y concientización.

La alta insatisfacción con la frecuencia de recolección (70%) subraya la necesidad de mejorar la infraestructura y logística del servicio de recolección.

Para aprovechar estas percepciones y mejorar la participación ciudadana, el municipio podría considerar:

Implementar campañas de educación ambiental enfocadas en prácticas de reciclaje y separación en origen.

Desarrollar programas piloto de reciclaje en áreas donde la disposición a participar es alta.

Mejorar la comunicación sobre los horarios y rutas de recolección para aumentar la satisfacción con el servicio.

Involucrar a la comunidad en la toma de decisiones sobre la gestión de residuos para aprovechar la alta conciencia sobre el problema.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Introducción

En este capítulo se realizó un análisis detallado de los resultados obtenidos en la investigación sobre la gestión de residuos sólidos en el municipio de Cotuí. Los hallazgos fueron contrastados con las teorías y conceptos presentados en el marco teórico, se discutieron las implicaciones de estos resultados y se formularon conclusiones basadas en la evidencia recopilada.

5.2 Análisis de la caracterización de residuos sólidos

5.2.1 Composición de los residuos

La composición de los residuos sólidos en Cotuí mostró un 55% de materia orgánica, 15% de plásticos y 12% de papel y cartón, lo cual es consistente con los patrones típicos observados en ciudades de países en desarrollo, según Hoornweg y Bhada-Tata (2012). Este perfil de composición presentó tanto desafíos como oportunidades:

- **Alto potencial de compostaje:** El elevado porcentaje de materia orgánica (55%) sugirió que la implementación de programas de compostaje, tal como los descritos por Haug (1993), podría reducir significativamente la cantidad de residuos enviados al vertedero.
- **Oportunidades de reciclaje:** La combinación del 30% de plásticos, papel y cartón indicó un potencial considerable para programas de reciclaje. Esto se alineó con los principios de economía circular discutidos por la Ellen MacArthur Foundation (2013), que enfatizan la recuperación y reutilización de materiales.
- **Necesidad de educación ambiental:** La presencia significativa de materiales reciclables sugirió la necesidad de programas de educación ambiental para mejorar la separación en origen, tal como lo proponían Zarate et al. (2008).

5.2.2 Generación Per Cápite

La variación en la generación per cápita de residuos entre diferentes niveles socioeconómicos (1.1 kg/persona/día en zonas de altos ingresos frente a 0.5 kg/persona/día en

zonas de bajos ingresos) reflejó las disparidades socioeconómicas en Cotuí, confirmando hallazgos previos de Kaza *et al.* (2018) sobre la correlación entre ingresos y generación de residuos en países en desarrollo.

Las implicaciones de esta variación para la planificación de la gestión de residuos fueron:

- **Equidad en el servicio:** Se hizo necesario asegurar que las zonas de bajos ingresos, a pesar de su menor generación de residuos, recibieran un servicio adecuado de recolección y gestión.
- **Estrategias diferenciadas:** Tal como sugerían Zurbrügg *et al.* (2012), las estrategias de gestión de residuos debían adaptarse a las características socioeconómicas de cada zona.

5.3 Análisis del sistema actual de gestión de residuos

5.3.1 Cobertura y frecuencia de recolección

La disparidad en la cobertura del servicio de recolección (95% en zonas céntricas frente a 45% en zonas periféricas) y en la frecuencia de recolección (diaria en zonas céntricas frente a semanal o menos en zonas periféricas) reveló desigualdades significativas en el servicio. Esto contrasta con las recomendaciones de la OPS/OMS (2005) sobre la equidad en los servicios de saneamiento básico.

Las implicaciones de estos hallazgos fueron:

- **Riesgos de salud pública:** La baja frecuencia de recolección en zonas periféricas pudo haber llevado a la acumulación de residuos y la proliferación de vectores de enfermedades, como lo advertía Porta *et al.* (2009).
- **Necesidad de optimización:** Fue crucial implementar estrategias de optimización de rutas y frecuencias de recolección, tal como las propuestas por Beliën *et al.* (2014), para mejorar la eficiencia y equidad del servicio.

5.3.2 Estado de los equipos de recolección

El estado precario de los equipos de recolección (solo 2 de 5 camiones en buenas

condiciones) indicó una infraestructura insuficiente y mal mantenida. Esto contradijo las recomendaciones de Grazhdani (2016) sobre la importancia de una infraestructura adecuada para una gestión eficiente de residuos.

Las implicaciones de este hallazgo fueron:

- **Ineficiencia operativa:** La falta de equipos adecuados pudo haber resultado en mayores costos operativos y menor eficiencia en la recolección, como lo señalaban Pires *et al.* (2011).
- **Necesidad de inversión:** Se hizo evidente la necesidad de inversión en equipos y mantenimiento, lo cual justificó la exploración de modelos de asociación público-privada, como sugerían Yusuf *et al.* (2021).

5.4 Análisis de la percepción y participación ciudadana

Los resultados de la encuesta revelaron una alta conciencia sobre la problemática de los residuos (85% lo consideraban un problema grave), pero un conocimiento limitado sobre prácticas de reciclaje (solo 40% conocían prácticas básicas). Estos hallazgos fueron consistentes con la investigación de Marshall y Farahbakhsh (2013) sobre la importancia de la educación ambiental en la gestión de residuos.

Las implicaciones de estos hallazgos fueron:

- **Potencial de participación:** La disposición del 60% de los encuestados a participar en programas de separación en origen sugirió un terreno fértil para la implementación de programas de reciclaje y compostaje comunitarios.
- **Necesidad de educación:** El bajo conocimiento de prácticas de reciclaje indicó la necesidad urgente de programas de educación ambiental, como los propuestos por Moh y Abd Manaf (2017).
- **Insatisfacción con el servicio:** El alto nivel de insatisfacción con la frecuencia de recolección (70%) subrayó la necesidad de mejorar el servicio y la comunicación con la comunidad.

5.5 Conclusiones

A partir del análisis y la interpretación de los resultados, se presentaron las siguientes conclusiones:

1. La composición de los residuos en Cotuí mostró oportunidades significativas para la implementación de programas de compostaje y reciclaje, lo cual podría reducir sustancialmente la cantidad de residuos destinados al vertedero.
2. Las disparidades en la cobertura y frecuencia de recolección entre diferentes zonas del municipio requirieron atención urgente para garantizar un servicio equitativo y prevenir riesgos de salud pública.
3. El estado precario de los equipos de recolección sugirió la necesidad de inversión en infraestructura y la exploración de modelos de gestión más eficientes.
4. Existen potenciales significativos para aumentar la participación ciudadana en la gestión de residuos, pero esto requiere de programas robustos de educación ambiental y mejora en la comunicación.
5. Los resultados subrayaron la importancia de adoptar un enfoque integral en la gestión de residuos sólidos, que considere aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales, tal como propone la teoría de Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) discutida en el marco teórico.
6. La composición de los residuos y la disposición de la comunidad a participar en programas de separación en origen presentaron una oportunidad para implementar principios de economía circular en la gestión de residuos de Cotuí.

Análisis de hipótesis

Hipótesis 1: "Existe una variabilidad significativa en los tipos de residuos sólidos y en su manejo ambiental en el municipio de Cotuí."

Situación encontrada: Los hallazgos confirmaron esta hipótesis. La caracterización de los residuos sólidos en Cotuí reveló una composición variada:

- 55% materia orgánica.

- 15% plásticos.
- 12% papel y cartón.
- 5% vidrio.
- 3% metal.
- 2% textiles.
- 8% otros.

Además, se encontró una variabilidad significativa en el manejo ambiental:

- La cobertura del servicio de recolección varió desde un 95% en zonas céntricas hasta un 45% en zonas periféricas.
- La frecuencia de recolección osciló entre diaria en zonas céntricas y una vez por semana o menos en zonas periféricas.
- El estado de los equipos de recolección fue variado, con solo 2 de 5 camiones en buenas condiciones.

Esta variabilidad confirmó la hipótesis y sugirió la necesidad de estrategias de gestión diferenciadas según el tipo de residuo y la zona de la ciudad.

Hipótesis 2: "Existen evidencias de la contaminación ambiental significativa asociada al manejo de los residuos sólidos en el caso de estudio."

Situación encontrada: La investigación proporcionó evidencia que respaldó esta hipótesis:

- La baja frecuencia de recolección en zonas periféricas (una vez por semana o menos) sugirió la acumulación de residuos, lo que pudo llevar a problemas de contaminación.
- El estado precario de los equipos de recolección (solo 2 de 5 camiones en buenas condiciones) implicó un servicio insuficiente, potencialmente resultando en la acumulación de residuos y contaminación asociada.
- Los anexos fotográficos mostraron acumulación de residuos en diversos puntos de la ciudad, evidenciando problemas de contaminación visual y potenciales riesgos para la salud pública.
- La mención de un vertedero municipal en el Alto de Casiano, Platanal, sugirió la

existencia de un sitio de disposición final que podría no cumplir con estándares ambientales adecuados.

Estos hallazgos confirmaron la existencia de contaminación ambiental significativa asociada al manejo de residuos sólidos en Cotuí.

Hipótesis 3: "La propuesta de programa contribuirá a la disminución de la contaminación y al desarrollo de la gestión ambiental en el municipio de Cotuí."

Situación encontrada: Los resultados indicaron que la implementación de un programa de gestión integral de residuos sólidos podría tener un impacto positivo en la reducción de la contaminación y el desarrollo de la gestión ambiental en Cotuí:

- **Reducción de residuos:** La propuesta de fomentar el reciclaje y el compostaje podría reducir la cantidad de residuos enviados a vertederos.
- **Mejora en la infraestructura:** La recomendación de inversión en equipos de recolección mejoraría la eficiencia del servicio y reduciría la acumulación de residuos.
- **Participación comunitaria:** La propuesta de programas de educación ambiental podría aumentar la participación de la comunidad en la separación de residuos y reducir la contaminación.

Estas propuestas, si se implementan adecuadamente, podrían contribuir significativamente a la disminución de la contaminación y al desarrollo de una gestión ambiental más efectiva en el municipio de Cotuí.

Referencias

1. Abel, A., & Rodríguez, Y. (2010). Caracterización residuos sólidos domiciliarios en Santo Domingo Oeste, Provincia Santo Domingo. Recuperado de <https://revistas.intec.edu.do/index.php/ciso/article/view/892/html#:~=El%2090%%20de%20la%20composici%C3%B3n,1%25%20de%20goma%20y%20piel>. Fecha de consulta: 24/11/2023.
2. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). (2022). Informe sobre la gestión de residuos sólidos en ciudades intermedias de la República Dominicana. JICA.
3. Alarcón, L. (2016). Plan de manejo integral de residuos sólidos en la empresa Super Botas T.V S.A. Recuperado de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4287/PLAN%20DE%20MANEJO%20INTEGRAL%20DE%20RESIDUOS%20SÓLIDOS%20EN%20LA%20EMPRESA%20SUPER%20BOTAS%20T.V%20S.A.pdf?sequence=1>. Fecha de consulta: 5/5/2024.
4. Alcántara, K. (2022). República Dominicana declara la guerra a una epidemia silenciosa: los residuos sólidos. Recuperado de <https://eldinero.com.do/196958/republica-dominicana-declara-la-guerra-a-una-epidemia-silenciosa-los-residuos-sólidos/>
5. Ambientum. (2022). Características físicas de los residuos sólidos urbanos. Recuperado de https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/suelos/caracteristicas_fisicas.asp. Fecha de consulta: 20/11/2023, 27/11/2023.
6. Andrés, C. R. (2018). Piensa un minuto antes de actuar: Gestión integral de residuos sólidos. Recuperado de [<https://www.mincit.gov.co/getattachment/c957c5b4-4f22-4a75-be4d-73e7b64e4736/17-10-2018-Uso-Eficiente-de-Recursos-Agua-y-Energia.aspx#:~>
7. =Los%20Residuos%20S%C3%B3lidos%2C%20constituyen%20aquellos,utilizaci%C3%B3n%20de%20bienes%20de%20consumo](<https://www.mincit.gov.co/getattachment/c957c5b4-4f22-4a75-be4d-73e7b64e4736/17-10-2018-Uso-Eficiente-de-Recursos-AguayEnergia.aspx#:~:text=Los%20Residuos%20S%C3%B3lidos%2C%20constituyen%20aquellos,utilizaci%C3%B3n%20de%20bienes%20de%20consumo>).

8. Asociación Dominicana de Recicladores (ASODORE). (2022). Situación de los recicladores informales en la República Dominicana. ASODORE.
9. Ayuntamiento de Cotuí. (2021). Encuesta sobre percepciones ciudadanas de la gestión de residuos sólidos en el municipio de Cotuí. Documento interno no publicado.
10. Banco Mundial. (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. World Bank Group. Recuperado de <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>
11. Beliën, J., De Boeck, L., & Van Ackere, J. (2014). Municipal solid waste collection and management problems: A literature review. *Transportation Science*, 48(1), 78-102.
12. Caldera, I., Mendoza, I., & Fuentes, L. D. (2015). Situación ambiental generada por el vertedero a cielo abierto “Pedregalito” en el municipio Cabimas de Venezuela. Recuperado de <https://biblat.unam.mx/hevila/Impactocientifico/2015/no1/1.pdf>. Fecha de consulta: 5/7/2024.
13. Cerrato, E. (2005). Gestión integral de residuos sólidos. Recuperado de <https://www.aiu.edu/spanish/publications/student/spanish/integrated-management-of-residual-solids.htm>. Fecha de consulta: 27/11/2023.
14. Climate-Data.org. (2021). Clima: Cotuí. Recuperado de <https://es.climatedata.org/location/25810/>. Fecha de acceso: 04/01/2024.
15. Congreso Nacional de la República Dominicana. (2000). Ley 64-00 sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales. Gaceta Oficial de la República Dominicana.
16. Congreso Nacional de la República Dominicana. (2020). Ley General de Gestión Integral y Coprocesamiento de Residuos Sólidos, No. 225-20. Recuperado de <https://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2021/01/Ley-No.-225-20-1.pdf>
17. Días, S. (2020). El dilema del vertedero a cielo abierto: Cómo ayudar al medioambiente y respetar los derechos humanos. Recuperado de <https://www.wiego.org/es/blog/el-dilema-del-vertedero-cielo-abierto-como-ayudar-al-medioambiente-y-respetar-los-derechos>. Fecha de consulta: 5/7/2024.
18. Edjabou, M. E., Jensen, M. B., Götze, R., Pivnenko, K., Petersen, C., Scheutz, C., & Astrup, T. F. (2015). Municipal solid waste composition: Sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation. *Waste Management*, 36, 12-23.
19. Ellen MacArthur Foundation. (2013). Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition. Ellen MacArthur Foundation.

20. Enciclopedia Dominicana SOS. (2017). Sánchez Ramírez. Recuperado de http://enciclopediadominicana.org/S%C3%A1nchez_Ram%C3%ADrez. Fecha de consulta: 5/1/2024.
21. Environmental Protection Agency (EPA). (2020). Best Practices for Solid Waste Management: A Guide for Decision-Makers in Developing Countries. United States Environmental Protection Agency.
22. Environmental Protection Agency (EPA). (2020). Developing and Implementing an Integrated Solid Waste Management Plan.
23. Ernesto, F. (2018). Propuesta de anteproyecto de diseño de relleno sanitario, ubicado en la comunidad de San Carlos al norte del municipio de Diriamba. Recuperado de <https://repositorio.unan.edu.ni/12344/1/101016.pdf>. Fecha de consulta: 25/11/2023.
24. Fernández-Colomina, A., & Rodríguez-Salinas, M. A. (2005). Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México.
25. Francisco, A., & Rodríguez, Y. (2012). Caracterización residuos sólidos domiciliarios en Santo Domingo Oeste, provincia Santo Domingo. Recuperado de <https://revistas.intec.edu.do/index.php/ciso/article/view/892/html>. Fecha de consulta: 24/11/2023.
26. Funes, A. (2017). Recomendaciones para la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Recuperado de https://www.gestionambiental.org/recursos/Recomendaciones_Gestion_Integral_Residuos_Solidos.pdf. Fecha de consulta: 27/11/2023.
27. González, R. M., & Martínez, R. (2020). Manual para la gestión integral de residuos sólidos urbanos en países en desarrollo. Editorial UNAM.
28. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA). (2019). Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Recuperado de <https://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2020/05/PLAN-NACIONAL-DE-GESTION-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-S%C3%93LIDOS.pdf>
29. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA). (2020). Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Recuperado de <https://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2020/05/PLAN-NACIONAL-DE-GESTION-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-S%C3%93LIDOS.pdf>. Fecha de consulta: 27/11/2023.

30. Naciones Unidas. (2021). Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. Naciones Unidas.
31. Oficina Nacional de Estadística (ONE). (2022). Encuesta Nacional de Residuales Sólidos. ONE.
32. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2019). Manual de gestión de residuos sólidos y líquidos. OMS.
33. Pérez, J., & García, C. (2021). Evaluación de los sistemas de gestión de residuos sólidos en la República Dominicana: Un estudio de caso. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/24526827>
34. Sastre, R. (2021). Introducción a la gestión de residuos sólidos. Editorial Planeta.
35. Sierra, M. (2018). Residuos sólidos urbanos y su impacto ambiental. Recuperado de https://www.gestionambiental.org/recursos/Impacto_Ambiental_Residuos_Solidos.pdf. Fecha de consulta: 27/11/2023.
36. Velázquez, M. J., & Rodríguez, F. (2017). Plan de manejo de residuos sólidos: Caso de estudio en la República Dominicana. Recuperado de <https://repositorio.udem.edu.co/handle/11407/6760>. Fecha de consulta: 5/7/2024.

ANEXOS

Anexo I.

Propuesta de plan integral de gestión de residuos sólidos para Cotuí

Se presentó una propuesta integral para la gestión de residuos sólidos en el municipio de Cotuí, basada en los hallazgos de la investigación realizada y alineada con las mejores prácticas internacionales y la legislación dominicana vigente. El plan busca abordar las deficiencias identificadas en el sistema actual y proponer soluciones sostenibles y adaptadas al contexto local.

Objetivos del plan

- a. Mejorar la cobertura y eficiencia del servicio de recolección de residuos sólidos.
- b. Implementar programas de separación en origen y reciclaje.
- c. Reducir la cantidad de residuos destinados a disposición final.
- d. Fortalecer la participación ciudadana en la gestión de residuos.
- e. Optimizar la gestión financiera del sistema de manejo de residuos.

Marco legal y normativo

El plan se fundamenta en la siguiente legislación:

- Ley 64-00 sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales (2000).
- Ley General de Gestión Integral y Coprocesamiento de Residuos Sólidos (Ley 225-20) (2020).
- Norma para la Gestión Ambiental de Residuos Sólidos No Peligrosos (NA-RS-001-03) (2003).

Componentes del plan

Mejora del sistema de recolección

- Optimización de rutas de recolección basada en el análisis de generación de residuos por zonas.
- Implementación de un sistema de recolección diferenciada para residuos reciclables y no reciclables.
- Adquisición de vehículos de recolección adecuados y mantenimiento preventivo de la flota existente.

Programa de separación en origen y reciclaje

- Implementación de un sistema de tres contenedores: orgánicos, reciclables y no reciclables.
- Establecimiento de puntos limpios para la recepción de residuos especiales (electrónicos, pilas, etc.).
- Creación de una planta de clasificación y tratamiento de residuos reciclables.

Gestión de residuos orgánicos

- Implementación de un programa de compostaje comunitario en zonas residenciales.
- Construcción de una planta de compostaje municipal para el tratamiento de residuos orgánicos a gran escala.

Mejora de la disposición final

- Clausura progresiva y rehabilitación del vertedero actual.
- Diseño y construcción de un relleno sanitario que cumpla con las normas ambientales vigentes.
- Implementación de un sistema de captación y tratamiento de lixiviados y gases.

Educación ambiental y participación ciudadana

- Desarrollo de campañas de sensibilización sobre la importancia de la separación en origen y el reciclaje.
- Implementación de programas de educación ambiental en escuelas y comunidades.
- Creación de un sistema de incentivos para la participación ciudadana en programas de reciclaje.

Fortalecimiento institucional

- Creación de una unidad especializada en gestión de residuos sólidos dentro del municipio.
- Capacitación continua del personal municipal en gestión integral de residuos sólidos.
- Implementación de un sistema de información y monitoreo para la gestión de residuos.

Sostenibilidad financiera

- Revisión y actualización del sistema tarifario para el servicio de gestión de residuos.
- Exploración de oportunidades de financiamiento a través de alianzas público-privadas y fondos internacionales.
- Desarrollo de un modelo de negocio para la comercialización de materiales reciclables y compost.

Cronograma de implementación

El plan se implementará en tres fases durante un período de 5 años:

1. Fase I (Año 1-2): Mejora del sistema de recolección y lanzamiento de programas educativos.
2. Fase II (Año 2-3): Implementación de programas de separación en origen y reciclaje.
3. Fase III (Año 3-5): Construcción de infraestructuras de tratamiento y disposición final.

Indicadores de seguimiento y evaluación

- Porcentaje de cobertura del servicio de recolección.
- Tasa de reciclaje y compostaje.
- Cantidad de residuos desviados del relleno sanitario.
- Nivel de satisfacción ciudadana con el servicio.
- Sostenibilidad financiera del sistema.

Anexo II: Acumulación de residuos en la Carretera a Quitasueño



Foto A

**Foto #1:
y**

Foto B

Anexo III: Acumulación de residuos en la Carretera Barrio Los Tocones



Foto #2:

Anexo V: Acumulación de residuos en el Sector El Tamarindo



Foto #3

Anexo VI: Acumulación de residuos en el Sector Los Pinos



Foto #4

Anexo VII: Acumulación de residuos en el Barrio San Martin



Foto: #5

ANEXO VIII: Acumulación de residuos Barrio Pueblo Nuevo



Foto #6

Anexo IX: Acumulación de residuos en el Sector comercial tienda china próxima a supermercado Aprezio



Foto: #7

Anexo X: Acumulación de residuos en el Sector La Bomba, Rio Yuna



Foto #8

Anexo IX: Acumulación de residuos en el Barrio La Esperanza, parquecito próximo al estado al estadio municipal



Foto: #9

Anexo X: Acumulación de residuos en La Altagracia con San Martin



Foto#10

Anexo XI: Vertedero municipal, Alto de Casiano, Platanal



Foto#11