



Determinación de las condiciones actuales de la generación, el manejo y la disposición final de los residuos peligrosos generados en el municipio de Caracolí – Antioquia

Liliana Marcela Gil Valencia

Trabajo final de prácticas para optar al título de Ingeniera Ambiental otorgado por la UdeA

Asesor

Camilo Andrés Valderrama Benítez ,Msc en ingeniería Ambiental.

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería-Escuela Ambiental
Ingeniería Ambiental
Medellín
2023

Cita	(Gil Valencia, 2023)
Referencia	Gil Valencia, L. (2023). Determinación de las condiciones actuales de la generación, el manejo y la disposición final de los residuos peligrosos generados en el municipio de Caracolí – Antioquia [Semestre de industria]. Universidad de Antioquia, Medellín.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/director: Julio César Saldarriaga,

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado a mí, como reconocimiento al esfuerzo, dedicación y disciplina que permitieron que nunca perdiera de vista el objetivo con respecto a mi formación profesional. Así mismo, a mi familia que siempre estuvo presente para recordarme que sí era posible lograrlo.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad de Antioquia por cada uno de los conocimientos y experiencias brindadas a través de su personal docente; a la alcaldía del municipio de Caracolí y su equipo “Por la Huella del Desarrollo”, por abrirme las puertas y ser una escuela en este proceso de formación profesional; y a mi familia por fortalecerme siempre.

Tabla de contenido

Resumen	2
Abstract.....	3
Introducción	4
1 Objetivos	7
1.1 Objetivo general	7
1.2 Objetivos específicos	7
2 Marco teórico	8
2.1 RESPEL, “una preocupación de escala global”	8
2.2 Definición, clasificación y fuentes generadoras de RESPEL.....	9
2.2.1 Definición de RESPEL:	9
2.2.2 Clasificación:	10
2.2.3 Fuentes generadoras:	12
2.3 Política ambiental para la gestión integral de residuos o desechos peligrosos	13
2.4 Gestión integral de los RESPEL.....	14
2.5 Métodos para ejecutar inventarios de RESPEL	16
2.5.1 Métodos indirectos o de estimación rápida:	16
2.5.2 Métodos de estimación con índices referidos al Producto Interno Bruto (PIB) o población.....	16
2.5.1 Método de estimación con índices referidos a número de empleados o producción	17
2.6 Tratamiento y disposición final de RESPEL	18
2.6.1 Tratamiento.....	18
2.6.1.1 Tratamientos fisicoquímicos	18
2.6.1.2 Estabilización-solidificación	19
2.6.1.3 Tratamientos biológicos.....	20

2.6.1.4 Tratamientos térmicos:	20
2.6.2 Disposición final de residuos peligrosos	21
3 metodología.....	22
3.1 Etapa 1: Información general y revisión documental:.....	22
Etapa 2: Realizar el diagnóstico de estado actual tanto de la gestión interna (estrategias de prevención y minimización, generación, separación en la fuente, almacenamiento) como externa (recolección, transporte y disposición final)	23
Etapa 3: Determinar las estrategias implementadas en el municipio para la prevención y minimización de residuos peligrosos, planes de posconsumo y educación ambiental relacionada con la gestión integral de residuos sólidos.....	24
4 Resultados	25
4.1 Identificación de fuentes generadoras	25
4.2 Generación de residuos peligrosos por tipo de riesgo (biológico o químico) y por corriente	29
4.3 Evaluación ambiental de la gestión de RESPEL en el municipio de Caracolí, Antioquia ..	31
4.3.1 Formulación de indicadores	31
4.3 Resultados de gestión integral de RESPEL de acuerdo con los indicadores propuestos ..	34
5 Análisis	37
6 Conclusiones	42
Referencias.....	46
Anexos	49
Anexo 1. Formato listo de chequeo elaborada con base en el modelo para recopilar los datos sobre los desechos de generadores en el sector industrial propuesto por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.....	49
Anexo 2. Lista de chequeo diligenciada por cada uno de los establecimientos identificados como fuentes generadoras de RESPEL.....	49
Anexo 3. Consolidado de las listas de chequeo diligenciadas en las visitas a las fuentes generadoras.....	49

Lista de tablas

Tabla 1 Datos estadísticos de generación de RESPEL según la OCDE	17
Tabla 2 Fabricación de productos metalúrgicos básicos (ejemplo del método)	17
Tabla 3 Caracterización de fuentes generadoras de RESPEL	25
Tabla 4 Generación de RESPEL según el tipo de riesgo (biológico o químico) estimada en kg/mes.	30
Tabla 5 Inventario de RESPEL por corriente de residuo validado mediante visitas y diligenciamiento de lista de chequeo	30
Tabla 6 Indicadores de seguimiento y control evaluación de la gestión de RESPEL	32
Tabla 7 Indicadores porcentuales de cumplimiento de la normativa en materia de RESPEL	36

Lista de figuras

Figura 1 Características de peligrosidad de los residuos	11
Figura 2 Objetivos y líneas estratégicas de la política ambiental para la gestión integral de residuos peligrosos y plan de acción 2022-2030	14
Figura 3 Celda de seguridad	22
Figura 4 Distribución porcentual de las actividades económicas de fuentes generadoras identificadas	27
Figura 5 Generación de RESPEL por corriente o tipo de residuo.	31
Figura 6 Cuantificación de la producción de RESPEL según la actividad económica de las fuentes generadoras	35

Lista de fotografías

Fotografía 1 Almacenamiento temporal de residuos pacientes diabetes insulino-dependiente	28
Fotografía 2 Sitio de almacenamiento temporal de residuos donde no se aplica el código de colores	39
Fotografía 3 Botella de poliéster usada para el almacenamiento temporal de residuos cortopunzantes	39
Fotografía 4 Recipiente con RESPEL ubicado en lugar que no cumple con las condiciones técnicas de almacenamiento temporal	41
Fotografía 5 Recipiente usado para la separación de los RESPEL en la fuente ubicado en el hospital	41
Fotografía 6 Recipientes rotulados y cumpliendo el código de colores establecido en la Res. 2184 de 2019	41

Siglas, acrónimos y abreviaturas

CIU	Clasificación Industrial Internacional Uniforme
Dec.	Decreto
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PGIRASA	Plan para la Gestión Integral de los Residuos Generados en la Atención en Salud y otras Actividades
PGIRESPEL	Plan de Gestión Integral de Residuos Peligrosos
Res.	Resolución
RESPEL	Residuo(s) o Desecho(s) Peligroso(s)
Ton	Toneladas

Resumen

Los cambios presentados en las estructuras de producción y patrones de consumo alrededor del mundo han provocado un incremento desmedido en la generación de residuos sólidos, emisión de gases tóxicos, vertimiento incontrolado de materiales con características peligrosas- Residuos o Desechos Peligrosos (RESPEL). El presente informe final de semestre de industria tuvo como objetivo diagnosticar el estado actual de la gestión de los residuos peligrosos, incluyendo la caracterización de este tipo de residuos generados, la identificación de las fuentes de generación, así como la elaboración de estrategias de prevención y minimización, planes de posconsumo y programas de educación ambiental. Todo ello con el propósito de evaluar las condiciones actuales de generación, manejo y disposición final de los RESPEL en el municipio de Caracolí, Antioquia. La producción anual de RESPEL en el municipio asciende a 1,10 toneladas (Ton). La principal actividad económica que aporta a esta tasa anual de generación se clasifica con el código CIU 8610- Actividades de hospitales y clínicas, con internación, cuya cuantificación mensual alcanza 72,8 kg (~0,9 Ton/año). La corriente de mayor generación es la correspondiente a desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas (Y1) registrando el 90 % del total de los residuos objeto de seguimiento y control. En términos generales, el diagnóstico del estado actual de la gestión de los RESPEL en el municipio, desarrollado a partir de indicadores de seguimiento y control, muestra vacíos en algunos aspectos de la gestión y un cumplimiento parcial de las obligaciones establecidas en el Dec. 4741 de 2005 y en el Dec. 351 de 2014, por parte de los generadores evidenciado en establecimientos que no han efectuado la cuantificación y caracterización de sus desechos, otros que no tienen actualmente un plan de acción para la gestión de los diferentes residuos generados en el interior de los mismos, se mezclan residuos biosanitarios con los no aprovechables (no peligrosos) y son entregados a la ruta de recolección, se entierran residuos anatomopatológicos y se incineran cuchillas usadas en barberías, entre otras acciones que van en contravía de las exigencias legales.

Palabras clave: Diagnóstico, generación, gestión externa, gestión interna, indicadores, Residuo o Desecho Peligroso (RESPEL).

Abstract

Changes in production structures and consumption habits around the world have caused a disproportionate increase in the generation of solid waste, emission of toxic gases, and uncontrolled dumping of materials with dangerous characteristics, -Residuos Peligrosos, RESPEL- (Hazardous Waste). The objective of this final Industry semester report was to diagnose the current state of hazardous waste management, including the characterization of this type of waste generated, the identification of the generation sources and the elaboration of prevention and minimization strategies, post-consumption plans and environmental education programs. All these activities had the purpose of evaluating the current conditions of generation, management, and final disposition of the RESPEL in Caracolí, Antioquia. The annual RESPEL production in the municipality reaches 1.10 Tons. The main economic activity that contributes to this annual rate is classified with code CIU 8610-Activities of hospitals and clinics, with a monthly quantification of 72,8 Kg (~0.9 tons/year). The highest generation category is the clinical waste resulting from medical care provided in hospitals, medical centers, and clinics (Y1) registering 90% of the total waste under monitoring and control. In general terms, the diagnosis of the current state of RESPEL management in the municipality, developed from monitoring and control indicators, shows gaps in some aspects of management and partial compliance with the obligations established for generating institutions in Decree 4741 of 2005 and Decree 351 of 2014. It is observed that some establishments have not done the quantification and characterization of their waste, some others do not currently have an action plan for the management of the different wastes generated within their facilities. Other practices were also evidenced, such as the mixing of bio-sanitary waste with non-hazardous waste to be delivered to the collection route, the burying of anatomopathological waste and the incineration of blades used in barbershops, among other actions that go against legal requirements.

Keywords: diagnosis, generation, external management, internal management, indicators, Hazardous Waste or Design (RESPEL).

Introducción

Las actividades antrópicas ejecutadas diariamente por simple supervivencia o por rutina laboral generan una variada gama de residuos en diferentes estados de agregación (sólidos, líquidos, gaseosos). Algunos de estos residuos presentan características químicas, físicas o biológicas directamente asociadas a impactos negativos sobre la salud pública y el medio ambiente (Artunduaga et al., 2015). Esto sumado a los cambios presentados en las estructuras de producción y patrones de consumo alrededor del mundo, han provocado un incremento desmedido en la generación de residuos sólidos, emisión de gases tóxicos, vertimiento incontrolado de materiales con características peligrosas, entre otros problemas ambientales (Minambiente, 2007). Los materiales o residuos con dichas características se conocen como Residuos o Desechos Peligrosos (RESPEL).

Con respecto a la clasificación de los RESPEL, no se tiene una metodología estandarizada a nivel mundial o regional, cada país enfoca sus metodologías de categorización considerando características como corrosividad, reactividad, toxicidad, inflamabilidad, explosividad y riesgo infeccioso. Precisamente, en algunos países se han logrado significativos avances en materia legal y a la par, han desarrollado tecnologías e instrumentos adecuados de gestión y seguimiento de los RESPEL; no obstante, en América Latina y el Caribe, muchos países no registran datos de generación de RESPEL y la situación es aún más compleja, debido a que no se hace una estricta vigilancia y control sobre la gestión de esta corriente de residuos (ONU Medio Ambiente, 2018).

En la mayoría de los países en desarrollo la atención de la problemática asociada a los RESPEL ha sido más lenta en comparación con países desarrollados, este hecho se evidencia principalmente con la carencia de infraestructura en condiciones técnicas y ambientales adecuadas para gestionar integralmente dichos residuos, los cuales contaminan el aire, el agua y el suelo, produciendo impactos ambientales y a la salud a largo plazo. En Colombia, estos impactos se dan principalmente debido a la gestión inadecuada de las actividades productoras (agropecuarias, mineras, hospitalarias, manufactureras), actividades domésticas (no separación de los residuos en la fuente) e instituciones prestadoras del servicio de recolección que dada su capacidad operativa no pueden atender toda la demanda (Artunduaga et al., 2015; Martínez, 2005).

Colombia es un país comprometido con la formulación e implementación de las políticas dirigidas al manejo adecuado de los RESPEL en todo el territorio nacional, por ello ratificó el Convenio de Basilea mediante la Ley 253 de 1996, y también ratificó y adoptó el Convenio de Rotterdam mediante la Ley 1259 de 2007, el Convenio de Estocolmo mediante la Ley 1196 de 2008 y el Convenio de Minamata mediante la Ley 1892 de 2018 (IDEAM, 2022). Actualmente

el país cuenta con lineamientos para guiar la prevención y el control de la gestión de los RESPEL según lo establecido en la política ambiental para la gestión integral de residuos peligrosos y plan de acción 2022-2030, la cual en su estructura busca contribuir tanto al logro de los objetivos particulares de la gestión de los RESPEL como al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Minambiente, 2022).

Según, IDEAM, (2022), las corrientes de RESPEL de mayor generación en Colombia son residuos de hidrocarburos o contaminados con hidrocarburos (203.895 toneladas), desechos clínicos resultantes de atención en salud (35.565 toneladas), desechos de aceites lubricantes usados (32.892 toneladas) y residuos con plomo (18.692 toneladas); estas corrientes han representado entre los años 2010 y 2019, aproximadamente el 70 % de la generación total de RESPEL en el país. Por otro lado, cabe mencionar que en la última década se ha concentrado la generación de RESPEL en los departamentos de: Santander, Antioquia, Meta, Valle del Cauca, Casanare, Bolívar, Atlántico, Bogotá D. C., Cundinamarca, Huila y Putumayo (Minambiente, 2022).

Justamente para el año 2020, con base en el reporte de 16.435 establecimientos, la generación de RESPEL fue de 509.996 toneladas (ton). Destacando que el 48 % de la generación fue reportada en las jurisdicciones de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (Corantioquia), la Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia (Corporinoquía), la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena) y la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS) (IDEAM, 2022).

En este sentido, Corantioquia reportó para el año 2020, la gestión de 82.862,9 ton en su jurisdicción, lo que representa el 17% de los RESPEL gestionados a nivel nacional. Los principales tipos de RESPEL gestionados fueron desechos de mezclas y emulsiones de aceite y agua o de hidrocarburos y agua Y9 + A4060 (57.863 ton), desechos resultantes de producción o tratamiento de coque de petróleo y asfalto A3010 (23.423 ton) y desechos de aceites minerales Y8 + A3020 (552,4 ton) generados en actividades de extracción de petróleo crudo, construcción de otras obras de ingeniería civil y fundición de metales no ferrosos respectivamente (IDEAM, 2022).

La jurisdicción de Corantioquia está conformada por 80 municipios del Departamento de Antioquia y está distribuida en ocho (8) oficinas territoriales, entre las cuales cabe mencionar la territorial Zenufaná que comprende 12 municipios, incluido el municipio de Caracolí. En esta territorial las actividades económicas dominantes son la minería, la explotación de hidrocarburos, servicios (salud), logística de transporte y actividades agropecuarias con una producción destacada de mercurios, cianuros, residuos hospitalarios y similares, aceites usados, filtros, estopas con solventes, baterías, suelo contaminado con hidrocarburos y residuos de agroquímicos (Corantioquia, 2023).

Justamente en Caracolí entre los años 2015 y 2021, se ha declarado la generación de 4.209 ton de RESPEL, representados principalmente en montajes eléctricos y electrónicos de desecho o restos de estos A1180, desechos de vidrio de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados A2010, aceites minerales de desecho no aptos para el uso al que estaban destinados A3020, desechos de mezclas y emulsiones de aceite y agua o de hidrocarburos y agua A4060, desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas Y1, desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos Y2, desechos de medicamentos y productos farmacéuticos Y3 y desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados Y8 (Corantioquia, 2023).

En este contexto, a través del presente informe de trabajo de grado, se tuvo como objetivo diagnosticar el estado actual de la gestión de los residuos peligrosos en el municipio de Caracolí, incluyendo la caracterización de este tipo de residuos generados en el municipio, la identificación de las fuentes de generación, así como la elaboración de estrategias de prevención y minimización, planes de posconsumo y programas de educación ambiental. Todo ello con el propósito de evaluar las condiciones actuales de generación, manejo y disposición final de los residuos peligrosos en el municipio de Caracolí, ubicado en Antioquia.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Diagnosticar el estado actual de la gestión interna y externa de los residuos peligrosos a través de la identificación de los generadores y revisión bibliográfica, información general y marco normativo vigente.

1.2 Objetivos específicos

- Identificar las fuentes de generación de residuos peligrosos en el municipio de Caracolí.
- Caracterizar los tipos de residuos peligrosos que se generan en el municipio de Caracolí.
- Determinar las estrategias implementadas en el municipio para la prevención y minimización de residuos peligrosos, planes de posconsumo y educación ambiental relacionada con la gestión integral de residuos sólidos.

2 Marco teórico

2.1 RESPEL, “una preocupación de escala global”

El impacto sobre la salud pública ocasionado por la exposición a los RESPEL sin una disposición técnica rigurosa ha sido objeto de discusión a nivel gubernamental y público en los últimos años. En los países industrializados de Europa y América del Norte se han destinado importantes recursos económicos para regular la producción, el tratamiento y la eliminación de estos residuos. En contraste, en los países en desarrollo se disponen de pocos recursos para abordar este problema de salud ambiental (Orloff & Falk, 2003).

En este contexto, se cuenta con evidencia que asocia la eliminación inadecuada de estos desechos con i) la contaminación del aire por volatilización y emisiones fugitivas de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) (Carpenter et al., 2008; Ma et al., 2007); ii) contaminación de fuentes hídricas superficiales (Piyadasa et al., 2021; Yao et al., 2015); y de agua subterránea mediante infiltración de lixiviados generados a partir de los desechos eliminados (Akpan & Olukanni, 2020; Hasan et al., 2021)) contaminación de suelos y sedimentos procedentes de escorrentía superficial o de la infiltración y lixiviación de flujos terrestres (Demie, 2015; Govil et al., 2008); iv) efectos negativos sobre la biota debido a la absorción biológica y la bioacumulación (Sengar & Pal, 2022); y v) efectos sobre la salud de comunidades expuestas a sustancias con características peligrosas, entre estas cáncer, alteraciones genéticas, anomalías reproductivas, alteraciones en el sistema inmune y del sistema nervioso central (Misra & Pandey, 2005).

Como respuesta a la creciente preocupación generalizada a causa de los problemas ambientales asociados a los RESPEL, durante la cumbre de la Tierra en los años 70, se da un fuerte movimiento de conciencia ambiental global, donde surge la necesidad de que los países agilizarán su gestión ambiental sobre el “uso desmedido de productos químicos” y la generación de los residuos asociados a este tipo de productos; al mismo tiempo, se estableció la implementación de acciones para disminuir el uso de dichos productos (ONU Medio Ambiente, 1989).

Luego en la década de los 80, después de muchas protestas y el rechazo público debido al descargue de gran cantidad de residuos tóxicos en varios países de África, en Singapur (sudeste asiático) y en Haití, y al observar las consecuencias que esto generaba a la salud humana y los

sistemas ambientales, se adopta el Convenio de Basilea en el año de 1989, para controlar los movimientos fronterizos de RESPEL y su respectiva eliminación, entrando en vigencia en mayo de 1992 (Minambiente, 2007; ONU Medio Ambiente, 1989).

Las disposiciones establecidas en el convenio se basan en la reducción de RESPEL generados, la promoción de la gestión ambientalmente racional de estos, la restricción de los movimientos transfronterizos y la implementación de un sistema de control para los movimientos permisibles (ONU Medio Ambiente, 1989). Una de las obligaciones establecidas es el reporte de la generación anual de RESPEL. En este aspecto, en el 2019, 49 de los 187 países miembros (para la época), incluido Colombia, reportaron dicha información (IDEAM, 2022; Minambiente, 2007). Actualmente este acuerdo mundial ha sido ratificado por 191 países (o partes firmantes) (ONU Medio Ambiente, n.d.).

2.2 Definición, clasificación y fuentes generadoras de RESPEL

2.2.1 Definición de RESPEL:

Según la definición establecida en el artículo 3, Decreto. 4741 de 2005, incorporado en el título 6 del Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015, un residuo o desecho peligroso, es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

Por su parte, en el texto del Convenio de Basilea se consideran como RESPEL (ONU Medio Ambiente, 1989)

- i) Los desechos incluidos en cualquiera de las categorías enumeradas en el Anexo I, a menos que no tengan ninguna de las características descritas en el Anexo III.
- ii) Los desechos no incluidos en el apartado a) de dicho tratado, pero definidos o considerados peligrosos por la legislación interna de cada una de las partes que sea Estado exportador, importador o de tránsito.
- iii) Los desechos que pertenezcan a cualesquiera de las categorías contenidas en el Anexo II y que sean objeto de movimientos transfronterizos.

iv) Los desechos radioactivos no incluidos en otros sistemas de control internacional.

2.2.2 Clasificación:

Esta se considera una de las etapas más importantes en la gestión de este tipo de residuos, dado que una acertada clasificación permite incrementar las medidas de seguridad en el manejo, al igual que propicia condiciones de prevención y reducción de riesgos para la salud o el ambiente. Generalmente, en los sistemas de clasificación de un RESPEL se tienen en cuenta los siguientes criterios (Minambiente, 2007).

- a) Estar incluidos en *listas* de residuos generados en procesos específicos (en función de su origen): Los principales sistemas de clasificación por listas de residuos son:
 - i) El catálogo Europeo de Residuos CER, aprobado por la Decisión 532 del 2000 de la Comunidad Europea (CE) (Comunidad Europea, 2001);
 - ii) La lista de RESPEL contenida en la regulación federal de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA por sus siglas en inglés), 40 CFR 261.30 (EPA, 2000);
 - iii) Residuos contenidos en los Anexos I, VII o lista A y IX o lista B del Convenio de Basilea (ONU Medio Ambiente, 1989);
 - iv) y a nivel nacional, el Decreto 4741 de 2005 incorpora dos listados de RESPEL en el marco normativo colombiano, Anexo I: Lista de residuos o desechos peligrosos por procesos o actividades y Anexo II: Lista A. Residuos o desechos peligrosos por corrientes de residuos.

- b) *Características de peligrosidad (Figura 1):*
 - i) Corrosividad, desechos que corroen metales o tienen un pH muy alto o muy bajo y pueden destruir tejidos vivos e incluso otros materiales (EPA, 2019; Minambiente, 2007);
 - ii) Reactividad, desechos inestables, los cuales explotan o producen humos, gases y vapores tóxicos cuando se mezclan con agua o se someten a condiciones de confinamiento (EPA, 2019; Minambiente, 2007);

- iii) Explosividad, aquellos con capacidad de explosión o de reaccionar de forma detonante bajo condiciones ambientales (Minambiente, 2007);

Figura 1

Características de peligrosidad de los residuos



Nota. Fuente (Minambiente, 2022)

- iv) Inflamabilidad, propiedad intrínseca a residuos que se incendian fácilmente y mantienen la combustión, pueden provocar incendios durante el transporte o almacenamiento (EPA, 2019; Minambiente, 2007);

- v) Infeccioso, depende de la variación temporal de la concentración de microorganismos patógenos presentes en el residuo (Minambiente, 2007);

- vi) Radiactividad, hace referencia a cualquier material que contenga compuestos, elementos o isotopos con la capacidad de emitir altas dosis o pequeñas cantidades de radiación (Minambiente, 2007);

Toxicidad, asociada a los residuos perjudiciales o mortales en caso de ingestión o absorción, o filtran sustancias químicas tóxicas al suelo o al recurso hídrico subterráneo cuando se hace una disposición de estos sobre la tierra (EPA, 2019).

c) *Propiedades físicas, químicas o biológicas* (Minambiente, 2007):

- i) Residuos inorgánicos, como ácidos, álcalis, cianuros y metales pesados.
- ii) Residuos orgánicos, entre estos plaguicidas, solventes halogenados y no halogenados, bifenilos policlorados, dioxinas y furanos;
- iii) Lodos, como lodos de tratamiento de aguas residuales, del procesamiento del metal y de la pintura.

2.2.3 Fuentes generadoras:

Los generadores de RESPEL son el primer eslabón en el sistema de gestión de dichos residuos y el segundo elemento clave de su gestión, después de la clasificación de estos. Todos los generadores deben garantizar y documentar que estos residuos se identifiquen, gestionen y traten adecuadamente antes de reciclarlos o hacer su disposición final (EPA, 2023; Minambiente, 2007).

El enfoque histórico para la identificación de fuente generadoras se centra únicamente en la actividad industrial, no obstante, se han desarrollado metodologías que permiten caracterizar los residuos con características peligrosas generados en otros sectores y subsectores de la sociedad. Entre las fuentes o sectores generadores de RESPEL se incluyen (Minambiente, 2007):

- RESPEL generados en actividades productivas (sector industrial, minero-energético, agroindustrial, de infraestructura, entre otros);
- RESPEL generados por actividades del sector servicios (salud, educación, transporte, laboratorios, investigación, administración pública, entre otras);
- RESPEL generados como consecuencia del consumo masivo de productos con características peligrosas (pilas, baterías, envases y empaques de agroquímicos, solventes, lámparas de mercurio, residuos eléctricos y electrónicos, entre otros);
- RESPEL generados en los hogares (limpiadores domésticos, cosméticos, productos para el mantenimiento del hogar, entre otros)

2.3 Política ambiental para la gestión integral de residuos o desechos peligrosos

En Colombia, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en su momento, se dedicó a diseñar alternativas para el manejo de los residuos peligrosos publicando en el año de 2005, la Política Nacional para la Gestión de los Residuos peligrosos con una vigencia de 13 años, política actualizada en el 2022 estableciendo un plan de acción hasta el 2030 (Minambiente, 2022).

Según Minambiente, (2022), entre los principales resultados de la Política de RESPEL del año 2005, se tiene la implementación de estrategias generales como el desarrollo del marco normativo sobre la gestión de RESPEL, la generación de información, la creación de capacidad y el fortalecimiento institucional, la promoción de la recuperación o el aprovechamiento de estos residuos, al igual que su tratamiento y su disposición de manera ambientalmente adecuada. El principal objetivo de esta política de orden nacional es continuar fortaleciendo la gestión integral de RESPEL, reconociendo las necesidades de los diferentes grupos de interés, así como la problemática ambiental asociada a su generación y manejo, con el fin de proteger el ambiente y la salud humana contribuyendo así al desarrollo sostenible del país (Minambiente, 2022, p 89.).

La Política actualizada cuenta con cinco (5) objetivos específicos: promover la aplicación de la jerarquía en la gestión de RESPEL según su orden de prioridad, fomentar su manejo ambientalmente racional, avanzar en el crecimiento y fortalecimiento de la infraestructura para la recolección y el manejo de los RESPEL, fortalecer la capacidad institucional para su gestión integral y finalmente mejorar los procesos de gestión de información, educación, comunicación ambiental, participación y cultura ciudadana en la materia, para lo cual se han priorizado 11 líneas estratégicas de trabajo de las cuales se desprenden 47 acciones en su plan de acción 2022-2030 (Figura 2) (Minambiente, 2022).

Figura 2

Objetivos y líneas estratégicas de la política ambiental para la gestión integral de residuos peligrosos y plan de acción 2022-2030

Objetivos específicos (O. E.)	Líneas estratégicas	
Objetivo general	1. Promover la aplicación de la jerarquía de la gestión de RESPEL de acuerdo con su orden de prioridad.	E1. Fomento de la simbiosis industrial en el marco de la economía circular.
	2. Fomentar el manejo ambientalmente racional de RESPEL.	E2. Sectores productivos comprometidos con la gestión de RESPEL y alianzas público-privadas.
		E3. Uso de instrumentos económicos.
	3. Avanzar en el fortalecimiento de la infraestructura para recolección y manejo de RESPEL.	E4. Actualización y desarrollo de lineamientos y requisitos técnicos.
		E5. Asistencia técnica, capacitación y desarrollo de competencias.
		E6. Fomento de capacidad, investigación y desarrollo tecnológico.
	4. Fortalecer la capacidad institucional para la gestión integral de RESPEL.	E7. Actualización y modernización del marco normativo.
		E8. Optimización de instrumentos administrativos y fortalecimiento del control y seguimiento ambiental.
	5. Mejorar los procesos de gestión de información, educación, comunicación ambiental, participación y cultura ciudadana.	E9. Planeación, coordinación y seguimiento a la gestión institucional.
		E10. Fortalecimiento de la información ambiental sobre RESPEL.
		E11. Educación ambiental, participación y cultura ciudadana.

Nota. Fuente (Minambiente, 2022)

2.4 Gestión integral de los RESPEL

El objetivo principal de cualquier plan de gestión de RESPEL es garantizar la recolección, el transporte, el tratamiento y su eliminación ambientalmente segura, eficiente y económica. Asimismo, la gestión busca evitar el impacto negativo potencial sobre la salud humana y el medio ambiente. En este sentido, se plantean diferentes pasos para alcanzar una gestión eficaz (Kumar et al., 2023; Misra & Pandey, 2005):

-
- Efectuar la caracterización de los desechos, reconociendo inicialmente el grado de peligrosidad, la estabilidad química y física, las compatibilidades o incompatibilidades de los RESPEL con el fin de seleccionar técnicas adecuadas para el almacenamiento, tratamiento y eliminación.
 - Evaluación de posibles vías de fugas o derrames y exposición de los desechos y el potencial de exposición humana y de los ecosistemas.
 - En caso de que los desechos tengan contacto con humanos, con la biota o el entorno, se requiere adelantar evaluación de los impactos ambientales y de salud.
 - Programas eficaces de seguimiento, vigilancia y monitoreo a largo plazo.

Por otro lado, cabe mencionar algunas de las estrategias implementadas para la gestión de los RESPEL, entre estas se tiene la minimización de la producción y la promoción del reciclaje o reuso (Kumar et al., 2023; Qian et al., 2022), compostaje para los casos en los que desechos de jardín, lodos y desechos agrícolas registran concentraciones poco significativas de sustancias orgánicas peligrosas (Wang et al., 2018), vertederos con las condiciones técnicas y ambientales adecuadas para evitar contaminación de aguas subterráneas, fuentes hídricas superficiales o suelos (Kumar et al., 2023; Qian et al., 2022), la pirólisis, consiste en un proceso de degradación térmica y anaeróbica de compuestos orgánicos (Kumar et al., 2023) y la incineración, método usado para quemar componentes orgánicos tóxicos de RESPEL y reducir su volumen (Block et al., 2015).

En Colombia se cuenta con una herramienta de gestión que permite conocer y evaluar los RESPEL generados en el marco de diferentes actividades productivas y determinar las alternativas de prevención y minimización de estos residuos, el Plan de Gestión Integral de Residuos Peligrosos (PGIRESPEL), plan donde se establece la prevención y minimización en un primer componente, mientras que en los componentes 2 y 3, se aborda el manejo interno y externo ambientalmente seguro, respectivamente, y en el cuarto componente se describe la ejecución, seguimiento y evaluación del plan (Minambiente, 2010).

En el país también se tiene reglamentada la gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades, mediante el Decreto 351 de 2014, incorporado en el Decreto 780 de 2016-Decreto Único Reglamentario Sector Salud y Protección Social. El Plan para la Gestión Integral de los Residuos Generados en la Atención en Salud y otras Actividades (PGIRASA), hace las veces del PGIRESPEL, al que hace referencia el artículo 2.2.6.1.3.1 del Decreto 1076 de 2015.

2.5 Métodos para ejecutar inventarios de RESPEL

2.5.1 Métodos indirectos o de estimación rápida:

Basados en índices de generación de RESPEL establecidos en bases de datos, se identifican inicialmente actividades productivas, procesos o servicios que se ejecutan en la zona de estudio, luego se elabora un listado con los tipos de RESPEL generados según una revisión bibliográfica y se calculan cantidades generadas aplicando índices de generación, en gran medida, expresados en términos de la producción (insumos, materias primas y producto terminado); y finalmente, se ajustan los índices o las cantidades calculadas con información relacionada con la gestión de los RESPEL, mediante la aplicación de encuestas en establecimientos previamente seleccionados (Minambiente, 2007).

2.5.2 Métodos de estimación con índices referidos al Producto Interno Bruto (PIB) o población

Método desarrollado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, con el cual se puede estimar la cantidad de RESPEL generados usando el dato anual del PIB o los registros de población (Tabla 1) (Minambiente, 2007). Este método considera el tamaño de la población una causa estrechamente ligada a la generación, y establece una relación directa entre la producción de RESPEL, con el grado de industrialización y con la calidad de vida de la población (Minambiente, 2007).

Tabla 1

Datos estadísticos de generación de RESPEL según la OCDE

Índice	Valor
Generación de RESPEL por unidad de población	120 kg/persona/año, para países con una fuerte presencia del sector químico (para países OCDE o países industrializados)
	50 kg/persona/año para otros países (países OCDE)
Generación de RESPEL por unidad del PIB*	3 a 6 kg/1000 \$ US PIB/año
Como regla general del 10% al 15% de los desechos producidos por la industria son desechos peligrosos	

*Dato tomado del Compendio de Datos Ambientales OCDE-1993

Nota. Fuente: OCDE, (2000) citado por (Minambiente, 2007)

2.5.1 Método de estimación con índices referidos a número de empleados o producción

Método conocido como WINVET, caracterizado por usar un programa de cálculo conectado a una base de datos de RESPEL generados en diferentes actividades económicas clasificadas con el código de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIU), y con otra base de datos que suministra índices de generación de residuos por número de empleados. Con este método se obtiene la cantidad de desechos, al multiplicar el número de empleados por el índice de generación específico de cada tipo de residuo (Tabla 2). Dicha herramienta permite usar datos de referencia suministrados por la Secretaria del Convenio de Basilea (Minambiente, 2007; PNUMA, n.d.).

Tabla 2

Fabricación de productos metalúrgicos básicos (ejemplo del método)

CIU	Descripción	Número de empleados	Desecho examinado		Índice generación RESPEL/año/empleo	Total, RESPEL generados/año
2700	Fabricación de productos metalúrgicos básicos	23000	A3020		0,413	9499
2700	Fabricación de productos metalúrgicos básicos	2300	A3140		0,010	230
2800	Fabricación de productos de metal acabados	6700	A3140		0,113	757

Nota. Fuente: (Minambiente, 2007)

2.6 Tratamiento y disposición final de RESPEL

2.6.1 Tratamiento

El tratamiento consiste en un proceso de modificación de las propiedades físicas y químicas de los componentes que les confieren peligrosidad a los residuos, buscando también una reducción del volumen y la disminución de los niveles de peligrosidad. Los tratamientos son de tipo fisicoquímico, estabilización-solidificación, biológico y térmico (Martínez, 2005; Minambiente, 2007). Para adelantar un tratamiento que cumpla con las condiciones técnicas y con los mínimos costos, es necesario tener en cuenta: i) la naturaleza del residuo (característica de peligrosidad, composición, concentración, volumen); ii) potencialidad de recuperación de materiales; iii) aprovechamiento energético; iv) característica deseada del RESPEL; v) disponibilidad de instalaciones con las condiciones técnicas legalmente requeridas; vi) distancia para transporte; vii) normas de seguridad por grado de riesgo; viii) compatibilidad de los residuos (Minambiente, 2007).

2.6.1.1 Tratamientos fisicoquímicos

Tratamientos asociados a procesos físicos y químicos mediante los cuales se modifican las propiedades físicas y químicas de un residuo, permitiendo la recuperación de un compuesto para luego ser usado como materia prima, la separación de componentes peligrosos de la masa global del residuo, asimismo se reduce la peligrosidad de este debido a la transformación de sus componentes y transformando el residuo en un material que cumpla con características para ser abordado desde otro sistema de tratamiento (residuo no peligroso) o para su disposición final (Martínez, 2005).

Los tratamientos físicos más usados son (Martínez, 2005; Minambiente, 2007):

- La *separación manual*, consiste en eliminar residuos seleccionados por inspección visual.
- *Filtración*, separando mezclas heterogéneas de sólidos y líquidos.
- *Separación por gravedad* (sedimentación, centrifugación, floculación y flotación).
- *Autoclave*, esteriliza los desechos combinando calor y presión.
- *Absorción de contaminantes* sobre superficies controladas
- *Lavado del suelo* mediante extracción de contaminantes solubles.

-
- *Secado de lodos*, lo cual elimina líquidos almacenados en los lodos.
 - *Irradiación por microondas*
 - *Cribado y tamizado*

Por otro lado, el tratamiento químico asociado también a procesos físicos representa un proceso de transformación del residuo mediante la adición de compuestos químicos buscando alcanzar el objetivo deseado (minimización de los niveles de peligrosidad). Algunos de los tratamientos químicos son (Martínez, 2005; Minambiente, 2007):

- *Neutralización*, consiste en el ajuste del pH utilizando ácidos o bases.
- *Reducción y oxidación química*, procedimiento que usa agente oxidantes y reductores para adelantar la transformación de los componentes.
- *Precipitación*, sea por ajuste de pH o por agregado de aniones o cationes con el objetivo de producir compuestos insolubles y separar los componentes peligrosos de la solución.
- *Decloración*, elimina el cloro de los materiales orgánicos.
- *Hidrólisis*, en la cual se separan los componentes adicionando agua.
- *Electrolisis*, separando compuestos químicos mediante descargas eléctricas.

2.6.1.2 Estabilización-solidificación

La estabilización es un proceso donde los compuestos peligrosos de un residuo son transformados en formas menos peligrosas o solubles. Las transformaciones se dan por reacciones químicas que fijan los compuestos tóxicos en polímeros impermeables o en cristales estables permitiendo mejorar las características físicas del residuo, disminuir su área superficial, reducir la solubilidad y toxicidad de los contaminantes. Por su parte, la solidificación consiste en un tratamiento que genera una masa sólida de residuos tratados, lo que facilita su manejo, transporte y disposición final. En combinación, la estabilización-solidificación pretende mejorar las características físicas y disminuir el área superficial de los contaminantes, así se reduce significativamente la transferencia de masa y la solubilidad de estos (Martínez, 2005).

2.6.1.3 Tratamientos biológicos

Tratamientos asociados a la descomposición de contaminantes por acción microbiana. Cabe destacar que, para el caso de residuos tóxicos, este tipo de tratamiento son de limitada aplicación, dada la sensibilidad que los microorganismos suelen tener a sustancias tóxicas. Son de uso limitado y restringido a situaciones de residuos con bajas concentraciones de contaminantes. Las técnicas más comunes son (Martínez, 2005; Minambiente, 2007):

- *Land farming*, remediación biológica a partir de materiales contaminados esparcidos en una superficie de suelo.
- *Lodos activados*, biodegradación de compuestos orgánicos.
- *Lagunas aireadas y de estabilización*, en donde se eliminan residuos orgánicos en cavidades profundas de oxígeno.
- *Digestión anaerobia*, degradación de residuos orgánicos en ausencia de oxígeno.
- *Biorremediación*, reducción de carga contaminante usando microorganismos o enzimas.
- *Fitorremediación*, aprovechando la capacidad de algunas plantas que extraen a través de sus raíces contaminantes inorgánicos como metales pesados y los acumulan en el tejido vegetal.

2.6.1.4 Tratamientos térmicos:

Se emplean altas temperaturas como mecanismo de destrucción, eliminación o reducción considerable de la peligrosidad de los residuos, este tipo de tratamientos tienen como ventajas la aplicación a una variada gama de desechos (sólidos, lodos), reducen significativamente el volumen de los residuos (entre 89-90%), tienen una muy alta eficiencia en la remoción de compuestos orgánicos volátiles (99.9%) y se puede hacer recuperación energética. No obstante, entre las desventajas se destaca el control de emisiones atmosféricas, subproductos altamente tóxicos y se requieren equipos de alta eficiencia. La *incineración* es la técnica más ampliamente empleada en la actualidad, ejecutada en hornos especialmente diseñados y en instalaciones industriales que cumplan con técnicas de instalación de los equipos requeridos (Martínez, 2005; Minambiente, 2007).

A pesar de su masivo uso, los incineradores son objeto de rechazo por parte de la sociedad. Por ejemplo en Estados Unidos y otros países desarrollados, la presión pública ha motivado el cierre de incineradores y ha impedido la construcción de otros nuevos (Orloff & Falk, 2003).

Otras alternativas de tratamientos térmicos son (Martínez, 2005; Minambiente, 2007):

- *Pirólisis*, descomposición térmica en ausencia total de oxígeno.
- *Arco de plasma*, técnica desarrollada mediante la volatilización y posterior combustión del RESPEL por contacto con un gas energizado.
- *Oxidación en sal fundida*, desarrollada a muy altas temperaturas (1500-2000 °C), caracterizada por la oxidación de sustancias orgánicas en una cámara de reacción.
- *Gasificación*, combustión incompleta en ausencia parcial de oxígeno.

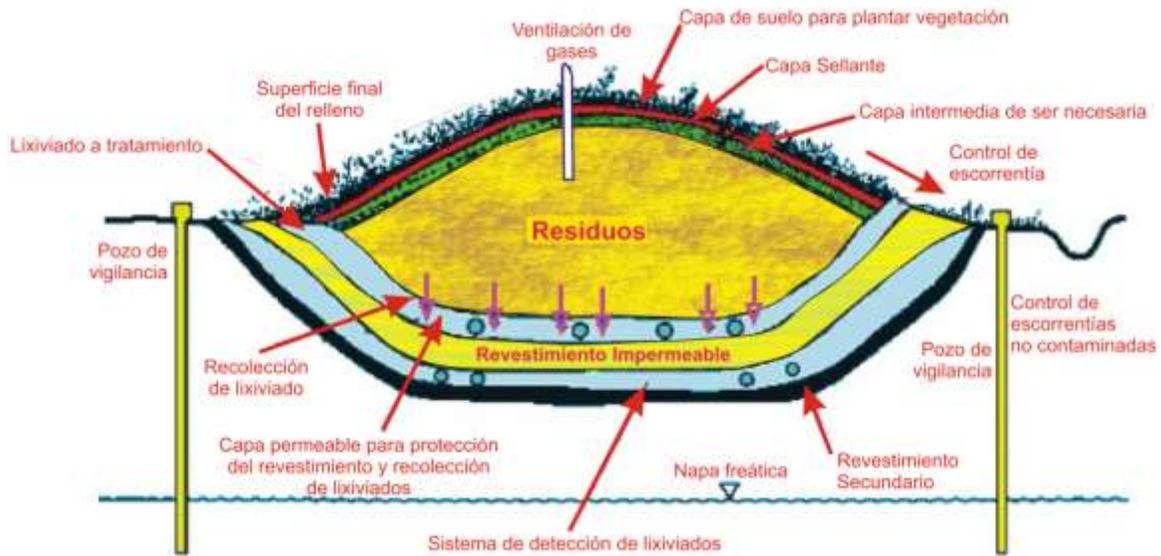
2.6.2 Disposición final de residuos peligrosos

La disposición final de RESPEL consiste principalmente en el confinamiento de dichos residuos en un relleno o celda de seguridad, obra de ingeniería diseñada, construida y operada para confinar RESPEL en el terreno (Figura 3). Esta obra consiste básicamente en una o varias celdas y un conjunto de elementos de infraestructura necesarios para adelantar la recepción y acondicionamiento de los desechos. Para considerarse relleno o celda de seguridad debe contar como mínimo con i) sistema de impermeabilización de base y taludes de doble barrera; ii) sistema de captación, conducción y tratamiento de lixiviados; iii) sistema de detección de pérdidas, iv) sistema de captación y conducción de gases; v) elementos de control de aguas lluvias por escorrentía; y vi) sistemas de impermeabilización en caso de cierre (Martínez, 2005; Minambiente, 2007).

Las autoridades ambientales deben realizar un estricto control y seguimiento a los rellenos de seguridad autorizados en su jurisdicción, con el fin de prevenir y minimizar, en todo momento, los riesgos inherentes a una instalación de este tipo, entre estos se tienen la filtración de lixiviados al agua subterránea, escape de agua contaminada hacia el suelo y fuentes hídricas superficiales, combustión incontrolada, escapes de gases hacia el suelo y aire, al igual que la desestabilización de suelos (Minambiente, 2007).

Figura 3

Celda de seguridad



Nota. Fuente: Benavides (1994) citado por (Minambiente, 2007)

3 metodología

Para el desarrollo del trabajo se empleará la siguiente metodología aplicada en tres (3) etapas:

3.1 Etapa 1: Información general y revisión documental:

Búsqueda de bibliografía y estado del arte referente a la gestión integral de residuos peligrosos, marco normativo colombiano vigente, caracterización, clasificación y fuentes generadoras de RESPEL; al igual que los riesgos asociados a este tipo de residuos y los principales aspectos del PGIRESPPEL. En esta fase se pretenden revisar artículos científicos, reportes e

informes técnicos relacionados con los temas previamente mencionados, ubicados en las bases de datos de Springerlink, Science Direct y Scopus a través del portal web de la Universidad de Antioquia y usando palabras claves como "hazardous waste", "management" and "hazardous waste", "municipal management" AND "hazardous waste", "risks" and "hazardous waste". Es preciso aclarar el uso de las mismas palabras claves en español para complementar la revisión documental en el motor de búsqueda Google Scholar y la base de datos de Scielo. Con respecto a la información oficial relacionada con la gestión de RESPEL a nivel nacional y regional, se usan las publicaciones, informes y reportes elaborados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y por Corantioquia.

Etapa 2: Realizar el diagnóstico de estado actual tanto de la gestión interna (estrategias de prevención y minimización, generación, separación en la fuente, almacenamiento) como externa (recolección, transporte y disposición final)

Con respecto al diagnóstico de la gestión interna y gestión externa, se pretende adelantar con base en algunos de los indicadores de gestión propuestos en el documento guía de Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos Bases Conceptuales (Minambiente, 2007):

- Producción de residuos peligrosos en el municipio de Caracolí (toneladas de residuos/año):
- Tasa de generación por actividad económica (toneladas de residuos/actividad económica)
- Disposición final en porcentaje, tomando como referencia la generación total de residuos peligrosos y los procedimientos de disposición final fuera de las instalaciones de los generadores.
- Nivel de cumplimiento de la normativa según el número de generadores que cumplen la norma con respecto al total.
- Número de generadores que registran la generación de RESPEL a la autoridad ambiental a través del Registro de Generadores.
- Número de generadores con PGIRESPEL formulados o implementados.

-
- Número de empresas que prestan servicios de gestión externa de RESPEL.
 - Porcentaje de residuos minimizados mediante convenios voluntarios que incluyen programas de minimización o posconsumo y manejo integral de residuos (Recopila)
 - Relación porcentual de residuos valorizados con respecto a los aprovechados por empresas autorizadas por el IDEAM o Corantioquia.

Por otro lado, para la cuantificación o inventario de RESPEL generados en el municipio y el diligenciamiento de los indicadores propuestos, se pretende usar métodos indirectos o de estimación rápida (Minambiente, 2007). Identificando las principales actividades económicas generadoras de RESPEL y elaborando la lista de los tipos de RESPEL generados en estas, luego se calculan las cantidades de residuos con base en la producción o consumo de materias, insumos y producto terminado, tomando como referencia facturas de venta o compra, reportes de gestión externa y planillas diligenciadas en la gestión de RESPEL.

Etapas 3: Determinar las estrategias implementadas en el municipio para la prevención y minimización de residuos peligrosos, planes de posconsumo y educación ambiental relacionada con la gestión integral de residuos sólidos

En esta fase se adelanta la revisión de documentos técnicos e informes de Corantioquia y se levanta información en los establecimientos generadores de RESPEL y con personal administrativo de la Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Caracolí S.A, sobre las estrategias implementadas en el municipio para la prevención y minimización de residuos peligrosos, la ejecución de planes posconsumo como Recopila y educación ambiental relacionada con la gestión integral de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos.

4 Resultados

4.1 Identificación de fuentes generadoras

A partir de información diligenciada en una lista de chequeo (Anexo 1), elaborada con base en el modelo para recopilar los datos sobre los desechos de generadores en el sector industrial, propuesto por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, n.d.), se levantan inicialmente los datos más relevantes de cada uno de las establecimientos identificados como fuentes generadoras (Tabla 3), con el fin de conocer las diferentes actividades económicas asociadas a la generación de RESPEL en el municipio.

Tabla 3

Caracterización de fuentes generadoras de RESPEL

ÍTEM	ESTABLECIMIENTO	ACTIVIDAD ECONÓMICA (CIU)	REPRESENTANTE LEGAL O PROPIETARIO	DIRECCIÓN
1	Barbería Lexxus Barber Shop	9602 – Peluquería y otros tratamientos de belleza	Andrés Sierra Daza	Cra 20 # 20 - 04
2	AGROVET Caracolí	7499 – Otras actividades empresariales n.c.p	Lucía Adriana Gómez	Calle 23 # 20 – 05 Piso 1
3	Droguería La Floresta	4773 – Comercio al por menor de productos farmacéuticos y medicinales, cosméticos y artículos de tocador en establecimientos especializados	Luz Dary Gómez	Calle El Comercio # 20 – 42
4	Droguería Vida y salud JML	4773 – Comercio al por menor de productos farmacéuticos y	Yudy Alejandra Muñoz	Cra 21 B # 20 – 67

DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA GENERACIÓN, EL MANEJO Y LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS EN EL MUNICIPIO DE CARACOLÍ – ANTIOQUIA

		medicinales, cosméticos y artículos de tocador en establecimientos especializados		
5	Peluquería Magnolia	9602 – Peluquería y otros tratamientos de belleza	Magnolia López	Cra 20 # 20B – 21
6	Barbería El Centro # 2	9602 – Peluquería y otros tratamientos de belleza	Jhordan Suárez	Cra 21 # 20 – 17 El Centro
7	Barbería New date	9602 – Peluquería y otros tratamientos de belleza	Jhon Alejandro Uribe	Sector La Estación # 20 – 04
8	Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural y Medio Ambiente	8412 – Actividades ejecutivas de la administración pública	Fabián Darío Marín Monsalve	Cra 20 # 19 - 03
9	Sala de belleza Patty	9602 – Peluquería y otros tratamientos de belleza	Olga Patricia Carvajal	Calle 22 # 17 – 48
10	ESE Hospital San Pío X	8610 – Actividades de hospitales y clínicas, con internación	Mario Uriel Serna Correa	Cra 21 # 20 – 32

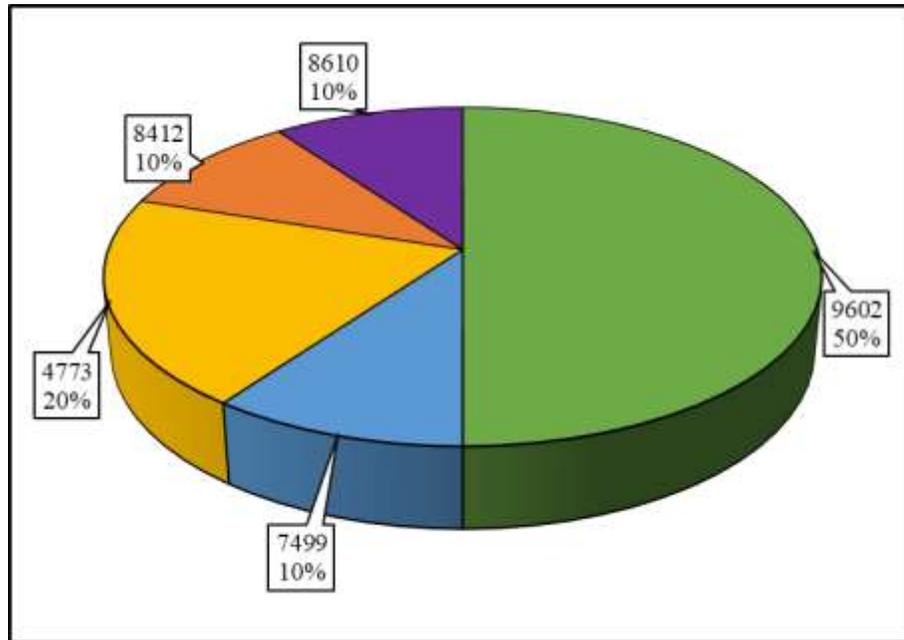
n.c.p: no clasificadas previamente

Nota. Fuente: elaboración propia

Se realizan las visitas a los establecimientos generadores de RESPEL con operación vigente en el segundo semestre del año 2023, con el fin de conocer los servicios prestados, las materias primas e insumos empleados, y a su vez, conocer los tipos de residuos generados y cantidades de estos.

Figura 4.

Distribución porcentual de las actividades económicas de fuentes generadoras identificadas



.Fuente: elaboración propia

En las barberías, las cuchillas representan la materia prima consumida asociada a la generación de RESPEL, y en la peluquería adicional a este insumo, también se registra el uso de químicos (tintas, tratamientos capilares, oxigentas). Mientras que, en la sala de belleza, los insumos relacionados con la generación de estos residuos son cuchillas, guantes, tapabocas y químicos capilares. Por su parte, en las droguerías caracterizadas, entre los bienes consumibles y materias primas relacionadas con la producción de este tipo de residuos, se tienen medicamentos, jeringas, agujas, bisturí, guantes, algodón y gasa.

En el caso de AGROVET Caracolí y el consultorio de atención médica veterinaria de la Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural y Medio Ambiente, la generación de RESPEL está asociada principalmente a elementos usados en la atención médica (jeringas, agujas, catéter, guantes, bisturí, gasas, algodón) y medicamentos de uso veterinario. Finalmente, en el hospital del municipio, adicional a los elementos requeridos en la atención de los pacientes (tapabocas, jeringas, guantes, bisturí, algodón, gasas), también se deben tener en cuenta los fármacos y los reactivos usados en el laboratorio clínico.

De acuerdo con información suministrada por personal del hospital, en el municipio se atienden a 15 pacientes con diabetes insulino-dependiente, distribuidos en la zona rural (2) y en el

casco urbano (13). Cada paciente genera aproximadamente 20 gramos (0,02 kg) mensuales de residuos que pueden ser incluidos en la categoría de riesgo biológico o infeccioso. Los residuos producidos por estos pacientes son lancetas, tirilla y aguja de insulina (Fotografía 1). La gestión posconsumo dada a estos residuos es deficiente, debido a que solo algunos de los pacientes en el casco urbano usan una botella de poliéster y una vez llena, la llevan al hospital, pero la mayoría simplemente los almacenan temporalmente o los disponen con los residuos no aprovechables.

Fotografía 1

Almacenamiento temporal de residuos pacientes diabetes insulino-dependiente



El artículo 2.2.6.1.3.5., Dec. 1076 de 2015, establece la responsabilidad de los fabricantes o importadores de productos o sustancias químicas con propiedades peligrosas, a quienes legalmente les atribuye las mismas responsabilidades de un generador, en cuanto al manejo de embalajes y residuos del producto. En este contexto, la organización sin ánimo de lucro “Pilas con el Ambiente” (recopila), apoyada por la Asociación Nacional de Industriales (ANDI) y los principales importadores y distribuidores de pilas en el país, buscan la protección del medio ambiente mediante la recolección, transporte y tratamiento ambientalmente seguro de las pilas usadas, evitando que estos residuos con características peligrosas lleguen a rellenos sanitarios o

botaderos de basura a cielo abierto, dando cumplimiento a la Resolución 1297 de 2010 (recopila, n.d.).

Sin embargo, en el casco urbano de Caracolí, al parecer la población continúa desechando las pilas con los residuos no aprovechables, debido a que el auxiliar administrativo de la empresa de servicios públicos domiciliarios manifiesta un acuerdo inicial con recopila para la recolección mensual, pero lastimosamente el día que llegaba el vehículo de Tronex (aliado de recopila) solían encontrarse solo 2 o 3 pilas, por tal motivo actualmente se lleva a cabo una recolección trimestral.

4.2 Generación de residuos peligrosos por tipo de riesgo (biológico o químico) y por corriente

Los datos generados en el presente informe se obtuvieron por la recolección de información a partir de una lista de chequeo diligenciada en visita a cada establecimiento (Anexo 2) y validación de los registros de las principales corrientes generadas en el municipio, mediante la revisión documental del plan para la promoción de la gestión integral de los residuos peligrosos 2022-2030 de Corantioquia (Corantioquia, 2023). De acuerdo con los reportes realizados por los generadores en la plataforma del IDEAM, en Caracolí, Antioquia, entre los años 2015 y 2021, se reportó la generación de 7.656 kg de RESPEL (~7,66 Ton), en el cumplimiento de las obligaciones establecidas en el decreto 4741 de 2005 a los generadores de RESPEL.

En este decreto, compilado en el Decreto 1076 de 2015, se establece una clasificación para identificar los RESPEL por medio del Anexo I Lista de residuos o desechos peligrosos por procesos o actividades y Anexo II Residuos o desechos peligrosos por corrientes de residuos, listas también aprobadas en el Convenio de Basilea con su respectivo código, lo que permite identificar las características de peligrosidad de cada uno de los residuos (ONU Medio Ambiente, 1989), con el fin que el generador y la autoridad ambiental usen la misma clasificación. Para la cuantificación de la generación se desarrollan dos tablas, una para categorizar los diferentes tipos de riesgo (biológico o químico) (Tabla 4) y otra para identificar las corrientes según los anexos previamente mencionados (Tabla 5).

Tabla 4

Generación de RESPEL según el tipo de riesgo (biológico o químico) estimada en kg/mes.

Riesgo biológico					
Biosanitarios*	Cortopunzantes*	Anatomopatológicos*		Animal*	
81,35	4,31	2,1		0	
Riesgo químico					
Fármacos*	Citotóxicos*	Metales pesados*	Reactivos*	Contenedores presurizados*	Aceites usados*
3,9	0	0	0	0	0

*kg/mes

Nota. Fuente: elaboración propia

Tabla 5

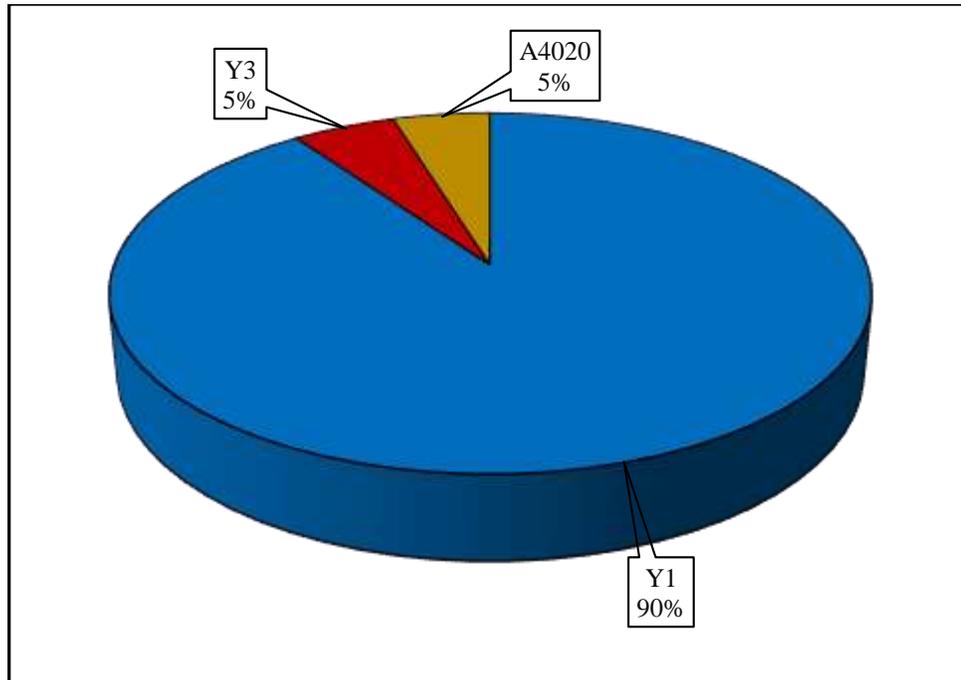
Inventario de RESPEL por corriente de residuo validado mediante visitas y diligenciamiento de lista de chequeo

Clasificación de RESPEL según Anexos I y II Decreto 4741 de 2015	Cantidad de RESPEL (kg/mes) año 2023
Y1: Desechos clínicos resultantes de la atención prestada en hospitales, centros médicos, clínicas.	69
Y3: Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos.	3,9
A4020 Desechos clínicos y afines; es decir, desechos resultantes de prácticas médicas, de enfermería, dentales, veterinarias o actividades similares, y desechos generados en hospitales u otras instalaciones durante actividades de investigación o el tratamiento de pacientes, o de proyectos de investigación	3,68
Total	79,58

Nota. Fuente: elaboración propia

Figura 5

Generación de RESPEL por corriente o tipo de residuo.



Fuente: elaboración propia

4.3 Evaluación ambiental de la gestión de RESPEL en el municipio de Caracolí, Antioquia

La evaluación y calificación del cumplimiento de los requisitos legales se hace con base en el Decreto 4741 de 2005 (compilado en el Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015) y el Decreto 351 de 2014 (compilado en el Decreto Único Reglamentario 780 de 2016), esta evaluación se hace para tener un conocimiento más preciso sobre de las principales falencias y/o fortalezas que presentan los generadores de RESPEL con el manejo de los mismos y así proponer estrategias que permitan mejorar los resultados y el cumplimiento de la normatividad vigente en materia de gestión de desechos peligrosos. En el presente informe se usan indicadores como herramienta de evaluación de la gestión interna y gestión externa de los RESPEL según los requerimientos legalmente establecidos.

4.3.1 Formulación de indicadores

Un indicador de gestión de residuos es una representación cuantitativa definida para entregar información sobre la generación y gestión de residuos o sobre el grado de cumplimiento

de un determinado objetivo (Minambiente, 2007). Para la formulación de los indicadores que se aplicaran para evaluar la gestión interna y gestión externa de los RESPEL, se usan los componentes nombre del indicador, objetivo, descripción, unidades y fórmula (Tabla 6).

Tabla 6

Indicadores de seguimiento y control evaluación de la gestión de RESPEL

Nombre indicador	Objetivo	Descripción	Unidades	Fórmula
Tasa de generación por actividad económica	Conocer las actividades económicas de mayor producción de RESPEL en el municipio	Cantidad de RESPEL generados por cada actividad económica	Toneladas	Toneladas de residuos /actividad económica según CIU
Disposición final en porcentaje	Identificar el porcentaje de generadores que entregan los RESPEL a empresas autorizadas por la autoridad ambiental para adelantar su tratamiento y disposición final	Relación porcentual entre la sumatoria del número de establecimientos que entregan los RESPEL a un gestor externo autorizado para su disposición final (NGEA) y el número total de generadores (NTG)	%	$\frac{\sum NGEA}{NTG} * 100$
Plan de gestión integral de residuos peligrosos (PGIRESPEL)/ Plan de gestión integral para los residuos generados en la atención en salud y otras actividades (PGIRASA)	Reconocer los generadores con PGIRESPEL o PGIRASA formulado e implementado	Relación porcentual entre la sumatoria del número de generadores que cuentan con PGIRESPEL o PGIRASA (NGP) y el número total de generadores (NTG)	%	$\frac{\sum NGP}{NTG} * 100$
Seguimiento y control a las condiciones de	Identificar las fuentes generadoras que presentan	Relación porcentual de la sumatorio número de generadores	%	$\frac{\sum NGCA}{NTG} * 100$

almacenamiento temporal	falencias en la gestión interna ambientalmente segura de los RESPEL en la fase de almacenamiento temporal.	con unidades de almacenamiento que cumplen con las características de almacenamiento técnicamente seguro (NGCA) y el número total de generadores (NTG)		
Seguimiento y control de envasado, rotulado y etiquetado de los RESPEL	Reconocer los generadores que cumplen con el envasado, rotulado y etiquetado	Relación porcentual entre la sumatoria del número de los generadores que ejecutan envasado, rotulado y etiquetado de los RESPEL (NGERE) y el número total de generadores (NTG)	%	$\frac{\sum NGERE}{NTG} * 100$
Herramientas para la selección y diferenciación de los RESPEL almacenados (separación en la fuente)	Conocer los establecimientos donde se cumple con el código de colores para la separación de residuos peligrosos y no peligrosos (Resolución 2184 de 2019, NTC GTC 24)	Relación porcentual entre la sumatoria del número de los generadores que ejecutan separación en la fuente (NGSF) y el número total de generadores (NTG)	%	$\frac{\sum NGSF}{NTG} * 100$
Seguimiento y control de las capacitaciones al personal por parte del generador en la manipulación segura y técnica de los RESPEL	Identificar las fuentes generadoras cuyo personal tiene conocimiento sobre los procedimientos adecuados para la manipulación de RESPEL	Relación porcentual entre la sumatoria del número de fuentes generadoras cuyo personal está capacitado para el manejo de los RESPEL (NFCR) y el número total de generadores (NTG)	%	$\frac{\sum NFCR}{NTG} * 100$

Seguimiento y control a los planes/sistemas de contingencia.	Reconocer los generadores que presentan debilidades en las contingencias para el manejo seguro de los RESPEL	Relación porcentual entre el número de generadores que cuentan con plan de contingencia (NGPC) y el número total de generadores (NTG)	%	$\frac{\sum NGPC}{NTG} * 100$
Registros generadores de RESPEL ante la autoridad ambiental	Verificar el nivel de cumplimiento de la Resolución 1362 de 2007	Relación porcentual entre los establecimientos que cuentan con registro de generadores (ERG) y el número total de generadores (NTG)	%	$\frac{ERG}{NTG} * 100$

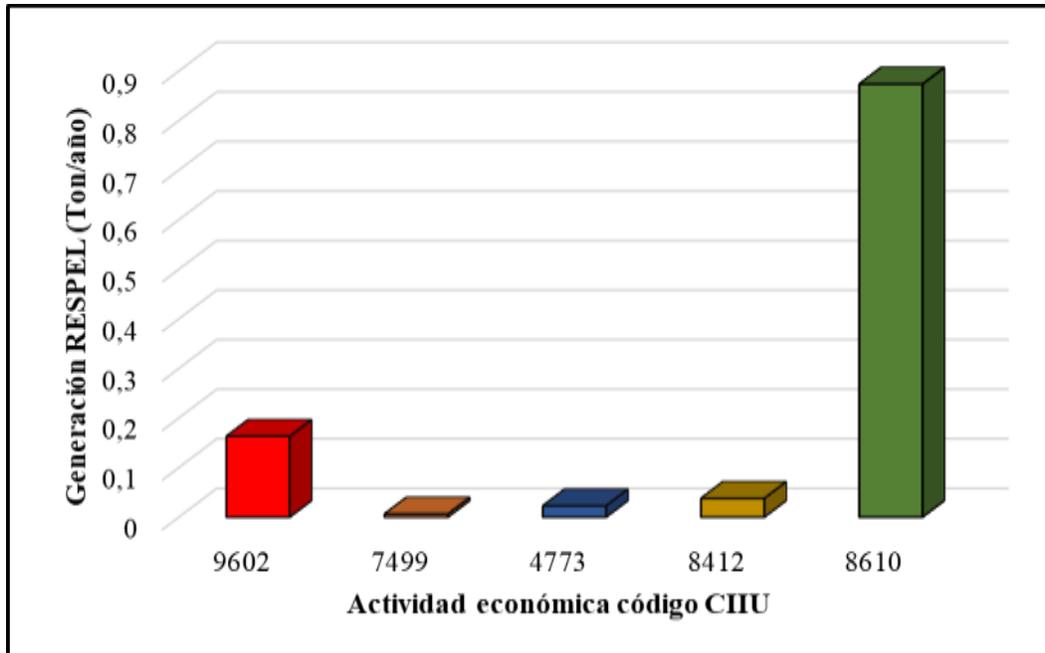
Nota. Fuente: elaboración propia

4.3 Resultados de gestión integral de RESPEL de acuerdo con los indicadores propuestos

Según la estimación de generación mensual de RESPEL en Caracolí, Antioquia (Tabla 4), consolidada con información recolectada en visitas adelantadas a cada uno de los establecimientos identificados previamente, en el municipio la producción anual de RESPEL asciende a 1,10 toneladas de residuos. La principal actividad económica que aporta en la producción de RESPEL es la clasificada con el código 8610- Actividades de hospitales y clínicas, con internación, con una cuantificación mensual de 72,8 kg (~0,9 Ton/año) (Figura 6). En segundo lugar, se encuentra la actividad identificada con el código 9602-Peluquería y otros tratamientos de belleza cuya producción mensual de RESPEL es de 13,58 kg (~0,16 Ton/año), seguida de la actividad 8412 – Actividades ejecutivas de la administración pública; cabe aclarar que el único establecimiento con esta actividad económica es la Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural y Medio Ambiente, pero los RESPEL no se generan en el desarrollo de actividades ejecutivas, como se mencionó previamente, en las instalaciones de la secretaria opera un consultorio médico veterinario.

Figura 6

Cuantificación de la producción de RESPEL según la actividad económica de las fuentes generadoras



Fuente: elaboración propia

Las actividades económicas con las tasas de generación más bajas son 7499 – Otras actividades empresarial n.c.p y 4773– Comercio al por menor de productos farmacéuticos y medicinales, cosméticos y artículos de tocador en establecimientos especializados con registros de producción mensual de 0,53 kg (~0,006 Ton/año) y 1,9 kg (0,02 Ton/año), respectivamente. La única empresa autorizada por Corantioquia que presta los servicios de gestión externa de los RESPEL en el municipio es el grupo ASEI Biológicos & Contaminados. Por otro lado, los resultados de los indicadores porcentuales se obtienen a partir del consolidado de las listas de chequeo diligenciadas en las visitas a las fuentes generadoras (Anexo 3); con estos resultados se observa de manera cuantitativa la gestión por parte de los establecimientos generadores sobre el manejo ambiental de los RESPEL.

Tabla 7

Indicadores porcentuales de cumplimiento de la normativa en materia de RESPEL

Nombre indicador	Unidades	Fórmula	Resultado
Disposición final en porcentaje	%	$\frac{\sum NGEA}{NTG} * 100$	60%
Planes de gestión integral de residuos peligrosos (PGIRESPEL)/ Planes de gestión integral para los residuos generados en la atención en salud y otras actividades (PGIRASA)	%	$\frac{\sum NGP}{NTG} * 100$	40%*
Seguimiento y control a las condiciones de almacenamiento temporal	%	$\frac{\sum NGCA}{NTG} * 100$	30%
Seguimiento y control de envasado, rotulado y etiquetado de los RESPEL	%	$\frac{\sum NGERE}{NTG} * 100$	80%
Herramientas para la selección y diferenciación de los RESPEL almacenados (separación en la fuente)	%	$\frac{\sum NGSF}{NTG} * 100$	20%
Seguimiento y control de las capacitaciones al personal por parte del generador en la manipulación segura y técnica de los RESPEL	%	$\frac{\sum NFCR}{NTG} * 100$	70%
Seguimiento y control a los planes/sistemas de contingencia.	%	$\frac{\sum NGPC}{NTG} * 100$	40%
Registros generadores de RESPEL ante la autoridad ambiental	%	$\frac{ERG}{NTG} * 100$	10%

*Uno de los generadores cuenta con PGIRASA formulado, pero no cumple con el código de colores para la separación en la fuente y no cuenta con gestor externo autorizado

Nota. Fuente: elaboración propia

5 Análisis

Con las visitas a cada establecimiento y el diligenciamiento de la lista de chequeo, se evidencia que la actividad económica de la mitad de las fuentes generadoras se clasifica según la CIIU con el código 9602 (Figura 4), y corresponde a peluquería y otros tratamientos de belleza, en este caso en particular, en el municipio operan tres barberías, una peluquería y un salón de belleza. La segunda actividad económica más representativa se categoriza con el código 4773, comercio al por menor de productos farmacéuticos y medicinales, cosméticos y artículos de tocador en establecimientos especializados. En el municipio ofrecen servicios farmacéuticos dos droguerías. Mientras que las actividades económicas clasificadas con los códigos 7499, 8412 y 8610 (ver descripciones Tabla 3), registran la menor cantidad de fuentes generadoras de RESPEL, con un establecimiento por cada actividad económica, en este caso corresponden a una clínica veterinaria y comercializadora de insumos para medicina veterinaria, la Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural y Medio Ambiente, en donde se presta atención médica veterinaria y la ESE Hospital San Pío X.

El tipo de residuo de generación más significativa en los establecimientos visitados corresponde a biosanitarios (riesgo biológico), registrando una producción mensual de 81,35 kg cada mes (Tabla 4). Cabe mencionar que aproximadamente el 80% de la generación de este tipo de residuos se da en las instalaciones de la ESE Hospital San Pío X (65 kg/mes), en donde se prestan servicios de salud de primer nivel. En este hospital, los residuos biosanitarios son guantes, algodón, gasa, jeringas, tapabocas y catéter. Es evidente la notable diferencia que se da en la generación mensual de los RESPEL según el tipo de riesgo (Tabla 4), dado que a los biosanitarios le siguen los cortopunzantes, cuya producción mensual apenas alcanza 4,31 kg, lo que representa solo una pequeña fracción de los biosanitarios (~5%).

De acuerdo con las corrientes de residuos compiladas en los Anexos I y II del Dec. 4741 de 2005, en las fuentes generadoras identificadas, aproximadamente el 87% de la producción mensual se clasifica en algunas de las corrientes contenidas en dichos anexos: i) Y1 Desechos clínicos resultantes de la atención prestada en hospitales, centros médicos, clínicas; ii) Y3: Desechos de

medicamentos y productos farmacéuticos; y iii) A4020 Desechos clínicos y afines; es decir, desechos resultantes de prácticas médicas, de enfermería, dentales, veterinarias o actividades similares, y desechos generados en hospitales u otras instalaciones durante actividades de investigación o el tratamiento de pacientes, o de proyectos de investigación (Tabla 5) . El 13% restante, corresponde a los residuos generados en las barberías, peluquería y sala de belleza, los cuales no están incluidos en las listas de los Anexos I y II

A partir de la consolidación de los datos como se aprecia en la tabla 5, fue posible identificar tres corrientes de residuos Y1, Y2 y A4020. La corriente de mayor generación es la Y1 (corriente de residuos descrita previamente) con el 90 % del total de los RESPEL objeto de seguimiento y control en el municipio de Caracolí (Figura 5), según lo establecido en la normatividad. Cabe destacar que el hospital es el lugar donde se da la generación de dicha corriente, y a su vez, es el único establecimiento categorizado como pequeño generador, debido a que en sus instalaciones la producción de desechos peligrosos asciende a 72,8 kg/mes; es decir, actualmente es la única fuente generadora obligada a registrar la producción de RESPEL en la plataforma del IDEAM.

A diferencia de los otros nueve establecimientos identificados como fuentes generadoras, los cuales no aplican a ninguna categoría. No obstante, es preciso tener en cuenta el parágrafo del artículo 2.2.6.1.6.2. del Dec. 1076 de 2015, porque sin importar que los generadores de RESPEL cuya cantidad producida es menor a 10.0 kg/mes estén exentos del registro; en caso de una problemática diagnosticada y de acuerdo con las necesidades de la autoridad ambiental, se podría exigir el registro de estos generadores.

Fotografía 2

Sitio de almacenamiento temporal de residuos donde no se aplica el código de colores



Fotografía 3

Botella de poliéster usada para el almacenamiento temporal de residuos cortopunzantes



La cantidad más representativa la aporta el hospital, con una producción mensual de 72,8 kg (Y1: 69 kg, Y3: 3,8 kg) (Tabla 5), seguido de los consultorios veterinarios ubicados en la secretaria de Agricultura, Desarrollo Rural y Medio Ambiente, y en AGROVET Caracolí con una generación de 3,15 y 0,53 kg/mes (A 4020), respectivamente.

Comparando los reportes realizados por los generadores en la plataforma del IDEAM, en Caracolí, Antioquia, entre los años 2015 y 2021, periodo en el que se reportó una cifra total de 7.656 kg (~7,66 Ton) (Corantioquia, 2023), es decir, alrededor de 1,09 toneladas de RESPEL por año; en el presente trabajo se obtiene una cifra anual muy similar (Tabla 4). Con la información recolectada en visitas adelantadas a las fuentes generadoras, se totaliza una producción anual de RESPEL que asciende a 1,10 toneladas. Se observa claramente que la actividad económica de la mitad de las fuentes generadoras se clasifica según la CIU con el código 9602 (Figura 4), y corresponde a peluquería y otros tratamientos de belleza, pero la mayor cifra de residuos es aportada por la actividad económica de código 8610- Actividades de hospitales y clínicas, con internación, con una cuantificación mensual de 72,8 kg (~0,9 Ton/año) (Figura 6).

Con respecto al nivel de cumplimiento de la norma, el actual índice de cumplimiento se podría considerar bajo, porque solo 4 de los 10 establecimientos visitados cuentan con un PGIRESPEL o PGIRASA formulado e implementado, cifra que puede ser menor, considerando el hecho que la Droguería Vida y salud JML, tiene PGIRASA, pero contradictoriamente no cumple con el código de colores para la separación en la fuente (Fotografía 2) ni ha contratado los servicios de gestión externa con una empresa autorizada por la autoridad ambiental. Esta situación es muy particular, dado que en todo PGIRASA se debe incluir la caracterización cualitativa y cuantitativa de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades, y en los procedimientos de gestión externa como la desactivación, tratamiento y disposición final, se debe especificar la empresa encargada de la gestión externa y la frecuencia de recolección.

El bajo nivel de cumplimiento de la normatividad se evidencia con las medidas poco técnicas tomadas en el almacenamiento temporal de los RESPEL en varios de los sitios visitados y la separación en la fuente aplicada in situ, usando inclusive botellas de poliéster para almacenar temporalmente residuos cortopunzantes (Fotografía 3), y se puede verificar con los bajos porcentajes registrados en los indicadores correspondientes a estos ítems (Tabla 7). Por otro lado, hay establecimientos donde el guardián de cortopunzantes y el recipiente de biosanitarios no están ubicados en un lugar con las condiciones técnicas exigidas como separación de residuos peligrosos y no peligrosos, iluminación y ventilación apropiada, etc. (Fotografía 4), y solo en las instalaciones del hospital (Fotografía 5) y la Droguería La Floresta (Fotografía 6) se hace la separación en la fuente y también aplican el código de colores, dando cumplimiento a la Res. 2184 de 2019.

No obstante, es preciso resaltar el compromiso por parte de la mayoría de las fuentes generadoras de envasar, rotular y etiquetar los RESPEL y mantener capacitado al personal en la manipulación técnica y segura de los mismos, pero estas capacitaciones se limitan a cursos de bioseguridad (Anexo 2), lo cual muestra determinadas falencias del personal en la gestión y manejo de los RESPEL al interior de las instalaciones.

Fotografía 4

Recipiente con RESPEL ubicado en lugar que no cumple con las condiciones técnicas de almacenamiento temporal



Fotografía 5

Recipiente usado para la separación de los RESPEL en la fuente ubicado en el hospital



Fotografía 6

Recipientes rotulados y cumpliendo el código de colores establecido en la Res. 2184 de 2019



Se requiere el compromiso por parte de algunos representantes legales (Tabla 3) para elaborar y dar a conocer a todo el personal que trabaja en cada establecimiento, un plan de contingencia actualizado para la atención de cualquier eventualidad en el almacenamiento temporal de RESPEL y contar con personal capacitado para la atención de cualquier emergencia. Finalmente, cabe mencionar el apalancamiento dado a las actividades de aprovechamiento o la recuperación de RESPEL de ciertas corrientes susceptibles a estas operaciones, en el marco de la política para la gestión integral de residuos peligrosos y Plan de acción 2022-2030 (Minambiente, 2022), primando estas operaciones de manejo, sobre otras como el tratamiento y la disposición final. En esta materia, en el municipio de Caracolí, Antioquia no se ha logrado ningún avance, muestra de ello es que ningún generador manifiesta el aprovechamiento de RESPEL por parte de empresas autorizadas por el IDEAM o Corantioquia (Anexo 2).

6 Conclusiones

En el desarrollo del presente trabajo se logró conocer la situación actual de la gestión de RESPEL generados por diferentes actividades económicas en el casco urbano de Caracolí, Antioquia, como lo son aquellas desarrolladas en i) las droguerías; ii) las barberías; iii) la peluquería; iv) la sala de belleza v) los consultorios veterinarios ubicados en AGROVET y en la Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural y Medio Ambiente; y vi) el hospital. Este último establecimiento, categorizado como pequeño generador por registrar una producción mensual de RESPEL de 72,8 kg (~0,9 Ton/año), obligándolo a reportar su generación en la plataforma del IDEAM.

Con la información recolectada en visitas y diligenciamiento de lista de chequeo, se totaliza una producción anual de RESPEL de 1,10 toneladas, cifra muy similar a la tasa promedio anual reportada en la plataforma del IDEAM en el periodo 2015-2021. La estrecha diferencia posiblemente se presente, por el hecho que el hospital es el único generador con la responsabilidad de hacer reportes ante la autoridad ambiental.

Se pudo recolectar información sobre la caracterización cualitativa y cuantitativa de los RESPEL generados en cada fuente generadora, excepto en un establecimiento que paradójicamente tiene PGIRASA formulado, pero no ha efectuado la cuantificación y caracterización de sus desechos, tampoco cumple con el código de colores para la separación en la fuente y no ha

contactado un gestor externo autorizado. Con la caracterización adelantada, se identificaron los residuos según el tipo de corriente a la que pertenecen, teniendo en cuenta las listas de los Anexos I y II, Dec. 4741 de 2005.

Estas corrientes son Y1, Y3 y A4020. La corriente de producción más significativa en el municipio es la Y1, con una tasa de 69 kg/mes, relacionada directamente con los servicios de primer nivel prestados en el hospital. Es necesario aclarar que en el servicio farmacéutico del hospital (actividad económica código CIU 4773), se generan 3,8 kg mensuales de residuos fármacos (Y3) (Anexo 2).

La capacitación del personal se ha enfocado en cursos de bioseguridad, diseñados para enseñar normas, medidas y prácticas destinadas a prevenir riesgos o infecciones asociadas a la exposición a *agentes potencialmente infecciosos o con cargas significativas de riesgo biológico* (Fundación Universitaria Antonio de Arévalo, n.d.); pero no se ha capacitado el personal en temas, normas y procedimientos de manipulación de RESPEL en general.

Asimismo, se determinaron las medidas de gestión interna como almacenamiento temporal y separación en la fuente, apreciando un bajo nivel de cumplimiento de la normatividad, reflejado en los porcentajes bajos de estos ítems en los indicadores (Tabla 7). A pesar de esta situación, hay un compromiso de un alto porcentaje de las fuentes generadoras por adelantar un correcto etiquetado y rotulado de los RESPEL. Se evidencia un alto grado de flexibilidad en las exigencias hechas por el funcionario de la secretaria Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia, encargado de hacer control y vigilancia en barberías, peluquería y consultorios veterinarios que no cuentan actualmente con un PGIRASA formulado, yendo en contravía del art. 2.8.10.2, Dec. 780 de 2016, artículo que obliga a las personas naturales o jurídicas responsables de estos establecimientos a formular e implementar dicho plan.

En referencia a la gestión externa, solo una empresa autorizada presta los servicios en el municipio, ASEI, pero le provee sus servicios solo a 6 de los 10 establecimientos visitados; en consecuencia, en algunos se mezclan residuos biosanitarios con los no aprovechables (no peligrosos) y son entregados a la ruta de recolección, se entierran residuos anatomopatológicos y se incineran cuchillas usadas en barberías (Anexo 3).

En términos generales, el diagnóstico del estado actual de la gestión de los RESPEL en el municipio de Caracolí, desarrollado a partir de indicadores de seguimiento y control, muestra

vacíos en algunos aspectos de la gestión y un cumplimiento parcial de las obligaciones establecidas en el Dec. 4741 de 2005 y en el Dec. 351 de 2014, por parte de los generadores.

7 Recomendaciones

Las campañas informativas y educativas de recolección de baterías permiten a los habitantes en el casco urbano del municipio de Caracolí, Antioquia, disponer adecuadamente estos residuos con características peligrosas, por lo tanto, se recomienda aunar esfuerzos entre la administración municipal, Corantioquia y la organización Recopila, para ejecutar mínimo seis jornadas anuales de recolección y sensibilización con publicidad en medios de comunicación local, redes sociales y perifoneo.

El correcto seguimiento y control por parte del profesional de la inspección de sanidad a las actividades desarrolladas en las fuentes generadoras, sumado a un diagnóstico con actualización periódica sobre la generación de los RESPEL, garantizan el manejo integral de dichos residuos en el municipio.

Se recomienda a todos los generadores, elaborar y comunicar a todo el personal que trabaja en cada establecimiento, un plan de contingencia actualizado para atender cualquier evento o imprevisto presentado en el manejo de los RESPEL; al mismo tiempo, es necesario mantener capacitado el personal del establecimiento en la gestión y manejo interno de estos residuos y brindarle los elementos de protección personal para el manejo los mismos.

La alianza Universidad-Empresa-Estado debe estimular el desarrollo de líneas de investigación enfocadas en la gestión integral de los RESPEL, buscando identificar, evaluar y proponer alternativas para la reutilización, aprovechamiento, recuperación o tratamiento.

Referencias

- Akpan, V. E., & Olukanni, D. O. (2020). Hazardous waste management: An African overview. *Recycling*, 5(3), 1–28. <https://doi.org/10.3390/recycling5030015>
- Artunduaga, M. T., Salazar, G. M. L., & García, T. F. (2015). Impacto en la salud por el inadecuado manejo de los residuos peligrosos. *Ing. USBMed*, 6(2), 46–50.
- Block, C., Van Caneghem, J., Van Brecht, A., Wauters, G., & Vandecasteele, C. (2015). Incineration of Hazardous Waste: A Sustainable Process? *Waste and Biomass Valorization*, 6(2), 137–145. <https://doi.org/10.1007/s12649-014-9334-3>
- Carpenter, D. O., Ma, J., & Lessner, L. (2008). Asthma and infectious respiratory disease in relation to residence near hazardous waste sites. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1140, 201–208. <https://doi.org/10.1196/annals.1454.000>
- Comunidad Europea, C. (2001). *Catálogo Europeo de Residuos CER*. https://opendata.euskadi.eus/contenidos/estadistica/amb_res_urb_2015/es_def/adjuntos/CER_2002.pdf
- Corantioquia. (2023). *Plan para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos en los municipios de la jurisdicción de Corantioquia 2023 – 2030*. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia.
- Demie, G. (2015). Analyzing soil contamination status in garage and auto mechanical workshops of Shashemane City: implication for hazardous waste management. *Environmental Systems Research*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40068-015-0040-3>
- EPA. (2000). *40 CFR 261.30 -General*. Código de Regulaciones Federales (Edición Anual). <https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2000-title40-vol18/pdf/CFR-2000-title40-vol18-sec261-30.pdf>
- EPA, E. P. A. (2019). *CÓMO MANEJAR SUS RESIDUOS PELIGROSOS: Una Guía para la pequeña empresa*. 27.
- EPA, E. P. A. (2023). *Learn the Basics of Hazardous Waste*. <https://www.epa.gov/hw/learn-basics-hazardous-waste>
- Fundación Universitaria Antonio de Arévalo. (n.d.). *Diseños de protocolos de bioseguridad*. <https://www.tecnar.edu.co/educacion-continuada/curso-en-disenio-de-protocolos-de-bioseguridad-para-el-manejo-de-SARS-Cov-2-COVID-19>

- Govil, P. K., Sorlie, J. E., Murthy, N. N., Sujatha, D., Reddy, G. L. N., Rudolph-Lund, K., Krishna, A. K., & Rama Mohan, K. (2008). Soil contamination of heavy metals in the Katedan Industrial Development Area, Hyderabad, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 140(1–3), 313–323. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9869-x>
- Hasan, M. A., Ahmad, S., & Mohammed, T. (2021). Groundwater Contamination by Hazardous Wastes. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 46(5), 4191–4212. <https://doi.org/10.1007/s13369-021-05452-7>
- IDEAM. (2022). *Informe nacional de residuos o desechos peligrosos en Colombia 2020*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).
- Kumar, A., Thakur, A. K., Gaurav, G. K., Klemeš, J. J., Sandhwar, V. K., Pant, K. K., & Kumar, R. (2023). A critical review on sustainable hazardous waste management strategies: a step towards a circular economy. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29511-8>
- Ma, J., Kouznetsova, M., Lessner, L., & Carpenter, D. O. (2007). Asthma and infectious respiratory disease in children - correlation to residence near hazardous waste sites. *Paediatric Respiratory Reviews*, 8(4), 292–298. <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2007.07.009>
- Martínez, J. (2005). Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos Tomo I. In *Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe*. <https://doi.org/10.4000/books.ifea.4989>
- Minambiente. (2010). LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA ELABORACIÓN DE PLANES DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS O DESECHOS PELIGROSOS A CARGO DE GENERADORES. *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*, 50.
- Minambiente. (2022). *Política ambiental para la gestión integral de residuos peligrosos y Plan de Acción 2022-2030*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Minambiente, D. de D. S. S. (2007). Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos. Bases conceptuales. In *Ministerio de ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial*. http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1641%0Ahttp://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf%0Ahttps://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrban/a/pdf/sustancias_qu?micas_y_residuos_peligrosos/gestion_integral_respel_bases_conce
- Misra, V., & Pandey, S. D. (2005). Hazardous waste, impact on health and environment for development of better waste management strategies in future in India. *Environment*

- International*, 31(3), 417–431. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2004.08.005>
- ONU Medio Ambiente. (n.d.). *Partes del Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación*. <https://www.basel.int/Countries/StatusofRatifications/PartiesSignatories/tabid/4499/Default.aspx#enote1>
- ONU Medio Ambiente. (1989). Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. *Programa de Las Naciones Unidas Para El Medio Ambiente*, 126. http://europa.eu/legislation_summaries/environment/waste_management/128043_es.htm
- ONU Medio Ambiente. (2018). *Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe*.
- Orloff, K., & Falk, H. (2003). An international perspective on hazardous waste practices. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 206(4–5), 291–302. <https://doi.org/10.1078/1438-4639-00225>
- Piyadasa, R. U., Author, C., & Bandara, S. (2021). Surface Water Pollution due To Hazardous Waste from Leather Tanning Industry in Colombo District- Sri Lanka. ~ 31 ~ *International Journal of Geography*, 3(1), 31–33. <http://www.statistics.gov.lk/page.asp?page=Population>
- PNUMA. (n.d.). Convención De Basilea Sobre El Control Del Movimiento Transfronterizo De Desechos Peligrosos Y Su Eliminación Guía Metodológica Para La Realización De Inventarios Nacionales De Desechos Peligrosos. *Programa de Las Naciones Unidas Para El Medio Ambiente*. <http://www.basel.int>
- Qian, G., Duanmu, C., Ali, N., Khan, A., Malik, S., Yang, Y., & Bilal, M. (2022). Hazardous wastes, adverse impacts, and management strategies: a way forward to environmental sustainability. *Environment, Development and Sustainability*, 24(8), 9731–9756. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01867-2>
- recopila. (n.d.). *Somos la corporación Pilas con el Ambiente*. <https://www.pilascolombia.com/conoce>
- Sengar, M., & Pal, S. (2022). *A study on toxic effects of environmental pollutants*. October 2020.
- Wang, Q., Kumar Awasth, M., Ren, X., Zhao, J., Wang, M., Cheng, H., & Zhang, Z. (2018). Recent Advances in Composting of Organic and Hazardous Waste: A Road Map to Safer Environment. In *Biosynthetic Technology and Environmental Challenges* (pp. 307–330).

https://doi.org/10.1007/978-981-10-7434-9_1

Wcisłó, E. (1998). Soil contamination with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Poland - A review. *Polish Journal of Environmental Studies*, 7(5), 267–272.

Yao, H., Li, W., & Qian, X. (2015). Identification of major risk sources for surface water pollution by risk indexes (RI) in the multi-provincial boundary region of the taihu basin, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(8), 10150–10170. <https://doi.org/10.3390/ijerph120810150>

Anexos

Anexo 1. Formato listo de chequeo elaborada con base en el modelo para recopilar los datos sobre los desechos de generadores en el sector industrial propuesto por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

Anexo 2. Lista de chequeo diligenciada por cada uno de los establecimientos identificados como fuentes generadoras de RESPEL

Anexo 3. Consolidado de las listas de chequeo diligenciadas en las visitas a las fuentes generadoras