

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS A PARTIR DEL
USO DEL COSUSTRATO, COMO ESTRATEGIA DE PLANIFICACIÓN
TERRITORIAL, INTEGRADA A LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN
EL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA SANTANDER.

ELABORADO POR:

FREDY FARIT VERGARA GONZALEZ: 92212002

CESAR CACERES COGUA: 92212001

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN
FACULTAD DE ARQUITECTURA
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DEL RIESGO INTEGRADA A LA
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

2022

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS A PARTIR DEL
USO DEL COSUSTRATO, COMO ESTRATEGIA DE PLANIFICACIÓN
TERRITORIAL, INTEGRADA A LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN
EL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA SANTANDER.

ELABORADO POR:

FREDY FARIT VERGARA GONZALEZ:

CESAR CACERES COGUA: 92212001

DIRECTOR:

ING. HENRY ADOLFO PERALTA BURITICÁ

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN
FACULTAD DE ARQUITECTURA
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DEL RIESGO INTEGRADA A LA
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

2022

Tabla de contenido

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	9
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
2. OBJETIVOS	14
2.2.1. Objetivo General	14
2.2.2. Objetivos Específicos	14
3. JUSTIFICACIÓN	15
4. MARCO REFERENCIAL	18
4.2. Antecedentes	18
5. ESTADO DEL ARTE	21
5.2. Marco Teórico.	21
5.3. Marco Legal.	29
5.4. Marco Histórico	33
5.5. Marco Contextual.	36
6. METODOLOGÍA	38
6.1. Fase I: Análisis y evaluación del riesgo.	38
6.2. Fase II: Procedimiento metodológico para el tratamiento de residuos orgánicos aprovechables usando como agregado el cosustrato.	105
6.3. Fase III: Modelo financiero basado en el régimen de regulación tarifaria que garantiza la viabilidad, sostenibilidad y rentabilidad económica del proyecto.	115
7. CONCLUSIONES	122
8. RECOMENDACIONES	125
9. BIBLIOGRAFÍA	127

Lista de tablas

Tabla 1	29
Tabla 2	45
Tabla 3	53
Tabla 4	55
Tabla 5	67
Tabla 6	68
Tabla 7	70
Tabla 8	72
Tabla 9	86
Tabla 10	87
Tabla 11	88
Tabla 12	89
Tabla 13	92
Tabla 14	96
Tabla 15	99
Tabla 16	101
Tabla 17	102
Tabla 18	103
Tabla 19	107
Tabla 20	118
Tabla 21	121

Lista de imágenes

Imagen 1	37
Imagen 2	59
Imagen 3	62
Imagen 4	75
Imagen 5	78
Imagen 6	79
Imagen 7	82
Imagen 8	83
Imagen 9	109
Imagen 10	120

Tabla de fotografías

Fotografía 1	74
Fotografía 2	76
Fotografía 3	106
Fotografía 4	107
Fotografía 5	110
Fotografía 6	111
Fotografía 7	112
Fotografía 8	114
Fotografía 9	115

RESUMEN

A partir del aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos con el cosustrato, se diseñó una estrategia de planificación territorial integrada a la gestión del riesgo de desastres para el municipio de Piedecuesta, Santander.

Partiendo del análisis del componente de ordenamiento territorial y de los estudios técnicos de vulnerabilidad, amenaza y riesgos, se determinó que no existen estudios de gestión del riesgo de desastres relacionados con la prestación del servicio público de aseo. Esto implicó que se consideraran las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias pudieran ocurrir, mediante el desarrollo de un modelo cualitativo y cuantitativo, que relacionó la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos, ambientales e institucionales y sus probabilidades, obteniendo como resultado, la estimación de los daños y las pérdidas potenciales, asociadas a la prestación del servicio público de aseo, con el propósito de definir tipos de intervención y alcance de la reducción del riesgo y preparación para la respuesta y la recuperación.

Con base en la probabilidad de daños y pérdidas potenciales, se diseñó una estrategia metodológica para el aprovechamiento y tratamiento de residuos orgánicos aprovechables usando como agregado natural el cosustrato, respaldado por un modelo financiero que, basado en el régimen de regulación tarifaria, garantizara la viabilidad, sostenibilidad y rentabilidad económica del proyecto. Estas medidas de mitigación y prevención se pueden adoptar con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, las instituciones y los recursos ambientales, y así evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de materializarse el evento.

Palabras clave: aprovechamiento de residuos sólidos, gestión del riesgo de desastres, cosustrato, prestación del servicio público de aseo, emergencia sanitaria, ordenamiento territorial.

ABSTRACT

Based on the collection of organic solid waste with the co-substrate, a territorial planning strategy integrated into disaster risk management was designed for the municipality of Piedecuesta, Santander.

Based on the analysis of the territorial planning component and the technical studies of vulnerability, threat and risks, it was determined that there are no disaster risk management studies related to the provision of the public cleaning service. This is because the causes and sources of the risk, its consequences and the probability that these consequences could occur are considered, through the development of a qualitative and quantitative model, which relates the threat and vulnerability of the exposed elements, in order to determine the possible social, economic, environmental and institutional effects and their probabilities, obtaining as a result, the estimation of the damages and potential losses, associated with the provision of the public cleaning service, with the purpose of defining types of intervention and scope of risk reduction and preparation for response and recovery.

Based on the probability of damage and potential losses, a methodological strategy was designed for the use and treatment of usable organic waste using the substrate as a natural aggregate, supported by a financial model that, based on the tariff regulation regime, would guarantee the viability, sustainability, and economic profitability of the project. These mitigation and prevention measures can be adopted in advance to reduce the threat, exposure and reduce the vulnerability of people, livelihoods, property, institutions, and environmental resources, and thus avoid or minimize damage and losses should the event materialize.

Key words: use of solid waste, disaster risk management, co-substrate, provision of public cleaning service, health emergency, territorial planning.

INTRODUCCIÓN

El servicio público de aseo en el municipio de Piedecuesta es prestado por siete empresas que dan cobertura a más de 50.000 usuarios, en el componente de recolección transporte y disposición final de residuos sólidos, para ser dispuestos en el relleno sanitario El Carrasco, el cual, desde hace más de 15 años, presenta condiciones de riesgo asociadas al cierre de este. Estas condiciones han conllevado a la declaración de numerosas emergencias sanitarias, caracterizadas por la interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento y operación de los componentes de recolección, transporte y disposición final del servicio público de aseo.

Para el análisis y evaluación del riesgo se diseñó un modelo metodológico mediante el cual se relacionó la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los probables impactos sociales, ambientales, económicos e institucionales, que permitió estimar el valor de los daños y las pérdidas potenciales. El evento detonante, no se evaluó con relación a la severidad; es de carácter operacional y se evaluó por la probabilidad de ocurrencia, la capacidad de respuesta y la planificación. El análisis se realizó con base en la experiencia, por lo cual se debía conocer a fondo las normas técnicas para la prestación del servicio público de aseo, la formulación de los PGRDEPP y la dinámica del municipio, para asociarlos a la suspensión del servicio público de aseo, a los procesos biogeoquímicos, contaminación de los recursos naturales, impactos a la economía familiar, la percepción de las personas con relación a la calidad, continuidad y cobertura del servicio público de aseo. Es así, como el estudio permitió determinar que la amenaza y la vulnerabilidad, están asociadas con la prestación del servicio público de aseo (el cual siempre tendrá una probabilidad de impacto – relacionada con el riesgo residual) y con la suspensión del servicio público de aseo, definido como el evento detonante de la amenaza. Así las cosas, el cierre del relleno sanitario El Carrasco es un evento probable que puede ser transversal, si se cuentan con estrategias de planificación formalizadas, técnicas y económicamente viables (planes de gestión del riesgo, desde el principio sistémico).

Por lo anterior, se diseñó una estrategia para el aprovechamiento y/o tratamiento de residuos sólidos urbanos, a partir del cosustrato como agregado natural, que garantice el control de olores, vectores y la sostenibilidad social, ambiental, económica e institucional, en el municipio de Piedecuesta, partiendo del principio de planificación territorial; la cual se puede implementar como una medida de intervención correctiva (para reducir el riesgo) y prospectiva (para prevenir que surjan nuevos riesgos), asociada a la prestación del servicio público de aseo, conforme a lo estimado, ya que es casi seguro que con el cierre del relleno sanitario El Carrasco, se suspenda la prestación del servicio público de aseo por un periodo mayor a 8 días, generando impactos a las personas, a la economía familiar y comercial, contaminando los recursos naturales y generando pérdidas asociadas a las empresas prestadoras del servicio (retiro de usuarios, inversiones asociadas a la atención de la emergencia, imagen institucional y confianza de los usuarios) e inversiones por parte del municipio para la atención de la emergencia (recursos que podrían ser invertidos en programas sociales, ambientales, de gestión del riesgo, de fortalecimiento empresarial, entre otros).

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) - en el Censo Nacional de Población y Vivienda - CNPV 2018, el municipio de Piedecuesta cuenta con una población en el área urbana de 156.660 habitantes y siete (7) empresas que prestan el servicio público de aseo, las cuales disponen el 100% de los residuos sólidos domiciliarios recolectados (sin separación en la fuente) en el relleno sanitario El Carrasco. Según la caracterización física de residuos sólidos domiciliarios, realizada por la Oficina del Medio Ambiente y Gestión del Riesgo del Municipio de Piedecuesta (2021), en los resultados de la clasificación obtenida por tipo de residuo, dentro de los más representativos se encontró que el 12,14% de los residuos son inertes, el 22,07% de los residuos son plásticos y el 42,44% están compuestos por residuos sólidos orgánicos, los cuales no son aprovechados por su complejidad en los procesos de tratamiento y que por su descomposición generan olores, vectores y lixiviados. Según concluye el mencionado estudio, estos residuos pueden convertirse en un problema de salud pública si no se cuenta con estrategias adecuadas de aprovechamiento o disposición, para así potencializar su aprovechamiento y convertir los residuos orgánicos en abono y energía. Por lo anterior es indispensable que se generen estrategias técnicas y financieramente viables, para el aprovechamiento de residuos sólidos urbanos, que aumenten la vida útil del relleno sanitario, garantice los derechos e intereses colectivos de un ambiente sano, la existencia de equilibrio ecológico, la seguridad y salubridad pública, y sirva de herramienta para la atención de la emergencia sanitaria actual. (Municipio de Piedecuesta, 2021, p.116)

El relleno sanitario El Carrasco recibe los residuos generados en el área metropolitana de Bucaramanga, y otros municipios de Santander. Esto generó que las celdas transitorias de disposición final, habilitadas según el plan de contingencia (2006) diseñado para la atención de la emergencia sanitaria, estén cerca de la clausura, sumado a la orden de traslado del relleno por vulnerar los derechos e intereses colectivos de un ambiente sano, la existencia de equilibrio ecológico, la seguridad y la salubridad pública (Tribunal de Santander, 2011). Para la presente anualidad, se mantiene la emergencia sanitaria declarada por los municipios que disponen en El Carrasco, la cual prorroga el cierre y traslado de este. En el año 2016, el Municipio de

Bucaramanga, presentó la primera propuesta para el tratamiento de residuos sólidos urbanos y generación de energía eléctrica, la cual no tuvo éxito por las presuntas irregularidades contractuales en el contrato de consultoría No 096 de 2016, entre la empresa Vitalogic RSU y el Municipio de Bucaramanga, dejando un panorama inconcluso y sin soluciones reales para la atención de la emergencia sanitaria en el Área Metropolitana de Bucaramanga.

Desde los instrumentos de planificación territorial, y realizando una revisión de los escenarios de riesgo identificados y priorizados en el Plan Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres de Piedecuesta, la amenaza relacionada con la disposición final de residuos sólidos, no está identificada y priorizada (teniendo pleno conocimiento de la situación, según la Resolución No 600 de 2006 (Corporación Autónoma Regional Para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB, 2006), por medio de la cual se aprobó el plan de contingencia presentado por la Empresa de Aseo de Bucaramanga EMAB S.A. E.S.P.; así mismo el Plan Básico de Ordenamiento Territorial vigente, aprobado mediante acuerdo No. 028 del año 2003, presentó el programa de disposición final de residuos sólidos el cual determinó actividades para el desarrollo del programa: *“Establecer normas mediante programas de educación comunitaria sobre disposición de residuos sólidos en áreas rurales. Establecer los requisitos de solución al sistema de recolección y disposición de residuos sólidos como parte del procedimiento para la aprobación de proyectos de vivienda y/o urbanísticos, en especial en zonas suburbanas. Diseñar un Plan de Acción.”*, actividades que en la actualidad carecen de horizontes definidos. Cabe resaltar que en el componente rural del PBOT, no se delimitaron las áreas que forman parte de los sistemas de provisión de los servicios públicos domiciliarios o de disposición final de desechos sólidos o líquidos, establecidas por la Ley No 388 de 1997, la cual objeta en su artículo 1, numeral 3: *“Garantizar que la utilización del suelo por parte de sus propietarios se ajuste a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los derechos constitucionales a la vivienda y a los servicios públicos domiciliarios, y velar por la creación y la defensa del espacio público, así como por la protección del medio ambiente y la prevención de desastres”*. (Concejo Municipal de Piedecuesta, 2003)

Con la expedición del decreto No. 2157 de 2017, por medio del cual se adoptaron las directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres

de las entidades públicas y privadas - PGRDEPP, las empresas que prestan el servicio público domiciliario de aseo y el municipio de Piedecuesta están en la obligación de diseñar el plan (PGRDEPP), identificar el riesgo, analizarlo, evaluarlo y monitorearlo, para definir medidas de intervención para la reducción del riesgo, seguido por el proceso de manejo de desastres, el cual debería incluir el plan de emergencias y contingencias como herramienta para para la respuesta, ejecución de la respuesta y la preparación y ejecución de la recuperación (acorde a lo establecido en la evaluación inicial y post emergencia), de acuerdo al grado de impacto sobre la población, los bienes y los servicios interrumpidos y deteriorados. En la actualidad no cuentan con un análisis y evaluación del riesgo, que permita cuantificar los daños y pérdidas asociadas a los bienes económicos y ambientales por la materialización del desastre asociado a la emergencia sanitaria y así mismo no se cuenta con una estrategia para el aprovechamiento y/o tratamiento de residuos sólidos urbanos. Cabe resaltar que la población de recicladores (de oficio e informales) y las empresas legalmente constituidas, brindan un apoyo en la prestación del servicio público de aseo, en lo referente al componente de aprovechamiento ya que reducen la cantidad de residuos dispuestos en El Carrasco.

2. OBJETIVOS

2.2.1. Objetivo General

Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos a partir del uso del cosustrato, como estrategia de planificación territorial, integrada a la gestión del riesgo de desastres en el municipio de Piedecuesta, Santander.

2.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar un análisis y evaluación del riesgo de desastres que permita cuantificar los daños y pérdidas asociadas a los bienes económicos y ambientales por la materialización del desastre asociado a la emergencia sanitaria.
- Diseñar un procedimiento para el tratamiento de residuos orgánicos aprovechables a partir del cosustrato como biotecnología, basado en un modelo físico, que garantice el control de olores y vectores como estrategia para la reducción del riesgo.
- Definir un modelo financiero y de planificación territorial integrado a la prestación del servicio público de aseo, que garantice la viabilidad, sostenibilidad y rentabilidad económica del proyecto.

3. JUSTIFICACIÓN

El aprovechamiento de residuos orgánicos es definido como una actividad complementaria del servicio público de aseo, que comprende la recolección, el transporte selectivo hasta la planta de aprovechamiento, el pesaje y tratamiento de estos. En el marco del Decreto No 1077 de 2015, por medio del cual se expidió el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, las empresas del servicio público de aseo deben diseñar un programa para la prestación del servicio; y los municipios deben establecer programas de aprovechamiento en el marco del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS, como estrategias de planificación territorial, que a su vez deben incorporar el componente de gestión del riesgo de desastres, como instrumentos esenciales para la planificación, la inversión pública y el ordenamiento ambiental territorial, que tienen como objetivo reglamentar la prestación del servicio con base en el uso y la ocupación del suelo de forma segura y sostenible, con metas periódicas que incorporen el ciclo productivo con viabilidad social, económica y financiera, garantizando la sostenibilidad en el tiempo. A su vez, integra los principios básicos para la prestación del servicio público de aseo comprendidos por la prestación eficiente a toda la población con continuidad, calidad y cobertura; obtención de economías de escala comprobables; garantías para la participación de los usuarios en la gestión y fiscalización de la prestación; desarrollar una cultura de la no basura; fomentar el aprovechamiento; minimizar y mitigar el impacto en la salud y en el ambiente que se pueda causar por la generación de los residuos sólidos.

Esta complejidad para la prestación del servicio público de aseo en el componente de aprovechamiento dificulta la praxis de los sistemas de tratamiento de residuos orgánicos a nivel territorial, y concentra los esfuerzos y recursos en los sistemas de disposición final mediante la técnica de relleno sanitario. Con el fortalecimiento legal y financiero del esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio, se hace necesario definir nuevos horizontes en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos a partir de biotecnologías basadas en microorganismos eficientes - EM, tecnología desarrollada por la EM Research Organization (EMRO), fundada en Japón

en 1994, la cual divulga la tecnología EM por todo el mundo a través de asociaciones sin fines de lucro y que se ha usado en proyectos de reducción de la pobreza y mejora de las condiciones higiénicas de hogares de la población rural de menores recursos en América Latina; asimismo sirviendo como instrumento para mejorar la calidad de vida de los pobladores rurales a través de una mejora de las condiciones ambientales y un aumento de la productividad de las huertas familiares.

Partiendo de esta tecnología EM, en conjunto con la empresa Sólido Ambiente y Riesgos SAS, se desarrolló el cosustrato, que *“es un agregado natural, enriquecido con microorganismos estimulados, que fortalece y acelera el pretratamiento de residuos sólidos in situ, evitando la putrefacción y acelerando el tratamiento en planta, obteniendo un abono orgánico o enmienda altamente nutritivo, para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos”* (Sólido S.A.S, 2020). Estas enmiendas y abonos enriquecidos con microorganismos promueven la germinación de semillas, favorecen la floración, el crecimiento y desarrollo de los frutos, permiten una reproducción más exitosa en las plantas, suprimen a varios agentes fitopatógenos causantes de enfermedades en numerosos cultivos, incrementan la capacidad fotosintética de los cultivos, así como su capacidad para absorber agua y nutrientes. Además, mejoran la calidad y reducen los tiempos de maduración de abonos orgánicos, en particular, el compostaje.

Es así, que desde un enfoque local se diseñó una estrategia de planificación territorial, que brinde una solución global, partiendo del tratamiento de residuos orgánicos aprovechables con el cosustrato como biotecnología EM, que garantice el control de olores, vectores y la sostenibilidad social, ambiental, económica e institucional, en el municipio de Piedecuesta, Santander, partiendo de los principios generales que orientan la gestión del riesgo de desastres, entre ellos el de precaución, el sistémico, el de coordinación, concurrencia y subsidiariedad, conforme a la Ley No 1523 de 2012, la cual dicta que los territorios deben priorizar, programar y ejecutar acciones en el marco de los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres, como parte del ordenamiento territorial y del desarrollo, con miras a la planificación de un territorio seguro, desde el análisis y evaluación del riesgo que permita cuantificar los daños y pérdidas asociadas a los bienes económicos y ambientales por la materialización del desastre asociado a la emergencia sanitaria,

detonado por la suspensión del servicio público de aseo. Así mismo, se brindó una línea base en el componente de gestión del riesgo de desastres para entidades públicas y privadas que presten el servicio de aseo, que permita el diseño de medidas mitigación y prevención que se pueden adoptar con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, y así evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de materializarse un evento; con base en ello podrán realizar el diseño e implementación del plan de gestión del riesgo y el plan de emergencia y contingencia, con el fin de proteger la población, mejorar la seguridad, el bienestar y sostenibilidad de las entidades, en el marco del Decreto No 2157 de 2017.

4. MARCO REFERENCIAL

4.2. Antecedentes

En el año 2018, se realizó un estudio sobre la situación de la disposición final de residuos sólidos en el Área Metropolitana de Bucaramanga, en relleno sanitario El Carrasco, el cual fue dirigido por la ingeniera Lady Johanna Franco Antolínez, quien afirmó que lo que *“sucede en el relleno es la consecuencia de factores administrativos, técnicos, políticos, y por mucho es el reflejo de nosotros como sociedad, que no hemos tomado responsabilidad del grave daño que causan los residuos que producimos y el aún más grave daño que causan estos residuos mal manejados”*. En este estudio se realizó una descripción detallada de la situación de El Carrasco y también como es el panorama sobre la generación y disposición final de sólidos en Colombia y cuáles son las complicaciones que esta actividad conlleva. De igual manera argumenta sobre la existencia de diversos procesos y tecnologías para minimizar los impactos causados por los residuos sólidos; sin embargo, *“la precariedad del manejo en numerosos casos del territorio nacional deja ver que aún ni a la comunidad ni a los dirigentes les es posible atender este asunto de manera adecuada, pues en el país hay problemas sociales como el conflicto de intereses, la intromisión del conflicto en lo administrativo y la corrupción que hacen que la gestión de los residuos sólidos no sea más que un negocio en el que ni el medio ambiente ni la salud de los ciudadanos es prioridad”*. (Antolinez & Meza, 2018)

En este mismo año se realizó un estudio por estudiantes de la Universidad Santo Tomás, en el cual formularon un plan de emergencia y contingencia para la prestación del servicio público de aseo en la actividad complementaria de aprovechamiento de residuos sólidos de la empresa ECA Eco Vida E.S.P., en la ciudad de Villavicencio, en este estudio se planteó que la prestación del servicio público de aseo en la actividad complementaria de aprovechamiento contribuye a la disminución de las problemáticas ambientales y sociales, pero su ejecución en los distintos ámbitos de los centros urbanos puede ocasionar situaciones de riesgo y emergencia que ponen en peligro al personal y la adecuada prestación del servicio. Como solución a esta problemática, plantearon el desarrollo de un plan de contingencia y emergencia para

la prestación del servicio público de aseo en la actividad complementaria de aprovechamiento, como medida de prevención y control ante los posibles riesgos que se puedan presentar en la prestación del servicio, con el objetivo de consolidar un documento que contenga los procedimientos a implementar en casos de emergencia y de esta manera poder informar y dirigir al personal inmerso en la prestación del servicio y cumplir con los requerimientos de la resolución 0154/2014.

En relación con el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos en un estudio realizado por el ingeniero Giovanny Rizzo Caicedo en la Universidad Nacional de Colombia titulado *“Elaboración de abono fermentado tipo bokashi a partir de residuos sólidos orgánicos con inoculación microbiana”* (Caicedo, 2018, pág. 55), planteó el proceso de obtención de abono tipo bokashi a partir de residuos de cocina utilizando microorganismos eficientes; para esto monitorea los parámetros y las variables que influyen en la producción del compostaje; luego de realizar el compostaje adicionando los microorganismos eficientes; como resultado evidenció que la adición de EM, aceleró el proceso de fermentación siendo favorable para el objetivo principal del proyecto que era tratar los residuos sólidos orgánicos de la manera más efectiva y en poco tiempo.

En una investigación realizada por estudiantes de la Universidad César Vallejo de Perú, titulada *“Control de olores ofensivos en la planta de valorización de residuos sólidos orgánicos empleando microorganismos eficientes”*, se estudió cómo controlar los olores ofensivos emitidos durante la fase termófila del proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos sólidos orgánicos en la ciudad de Callao – Perú. Para esto aplicaron microorganismos eficientes en tres dosis diferentes, las cuales fueron de 300 ml, 700 ml y 1000 ml, durante 15 días consecutivos; y se realizó una caracterización de olores ofensivos empleando técnicas analíticas y sensoriales, antes y después de la aplicación de microorganismos eficientes; después de realizar el tratamiento con los microorganismos eficientes se llegó a la conclusión que aplicando diariamente estos microorganismos en la fase termófila del proceso de compostaje, usando la dosis más concentrada (1000 ml), controlaba satisfactoriamente los olores ofensivos, y analíticamente concluyó que el proceso tienen una eficiencia del 100% en cuanto al desarrollo del compostaje convencional. (Otazú Cruz & Rojas Lazo, 2021, pág. 9)

Otro estudio realizado por estudiantes de la Universidad César Vallejo de Perú, titulado *“Residuos orgánicos de cocina generados en restaurantes con microorganismos eficientes, para la obtención de compost”*, tuvo como finalidad determinar la influencia de los microorganismos eficientes en la obtención del compost, mediante el desarrollo de un diseño experimental, para obtener datos que fueran medibles. A raíz de esto se elaboró compost con una muestra de residuos orgánicos que se generaron en la semana en los restaurantes de la ciudad de Arequipa, en el cual se inocularon microorganismos eficientes en diferentes concentraciones y se suministraron al material vegetal, obteniendo un rendimiento directamente proporcional a la concentración de EM suministrados, siendo la relación de: *“a mayor concentración suministrada, mayor es la efectividad en la descomposición de los residuos. Una vez realizadas las diferentes pruebas y análisis de los resultados, concluyeron que el uso de los microorganismos eficientes es necesario para una óptima degradación de los residuos orgánicos de cocina y reducción del tiempo de degradación”*. (Sarmiento Tejada, 2020, pág. 10)

5. ESTADO DEL ARTE

5.2. Marco Teórico.

En el marco la Ley No 1523 de 2012, por la cual se adoptó la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - SNGRD, *“la gestión del riesgo este es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible”*.

El artículo 3, define los principios generales que orientan la gestión del riesgo:

*El **principio de protección** (los residentes en Colombia deben ser protegidos por las autoridades en su vida e integridad física y mental, en sus bienes y en sus derechos colectivos a la seguridad, la tranquilidad y la salubridad públicas y a gozar de un ambiente sano, frente a posibles desastres o fenómenos peligrosos que amenacen o infieran daño a los valores enunciados), el **principio de autoconservación** (toda persona natural o jurídica, bien sea de derecho público o privado, tiene el deber de adoptar las medidas necesarias para una adecuada gestión del riesgo), el **principio de precaución** (la falta de certeza científica absoluta no será óbice para adoptar medidas encaminadas a prevenir, mitigar la situación de riesgo), el **principio de sostenibilidad ambiental** (el desarrollo es sostenible cuando satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de los sistemas ambientales de satisfacer las necesidades futuras e implica tener en cuenta la dimensión económica, social y ambiental del desarrollo), el **principio sistémico** (la política de gestión del riesgo se hará efectiva mediante un sistema administrativo de coordinación de actividades estatales y particulares).* (Congreso de Colombia, 2012)

El artículo 38 de la Ley No. 1523, incorporó la gestión del riesgo de desastres en la inversión pública y que los proyectos de inversión pública, en este caso los relacionados a la prestación del servicio público de aseo que tengan incidencia en el

territorio, deben incorporar apropiadamente un análisis de riesgo de desastres, en el cual el nivel de detalle estará definido en función de la complejidad y naturaleza del proyecto en cuestión. En referencia a la integración de la gestión del riesgo en la planificación territorial y del desarrollo, en el artículo 39 de la Ley No. 1523, *“definió las herramientas de planificación: planes de ordenamiento territorial, planes de manejo de cuencas hidrográficas y planes de desarrollo en los diferentes niveles de gobierno, que deberán integrar el análisis del riesgo en el diagnóstico biofísico, económico y socioambiental y, considerar, el riesgo de desastres, como un condicionante para el uso y la ocupación del territorio”*. (Congreso de Colombia, 2012) Estas herramientas deben ser integradas para el diseño y construcción de los rellenos sanitarios, que permita prevenir y reducir las condiciones del riesgo de desastres.

En cuanto al análisis del riesgo de desastres que se debe realizar para la adecuada disposición final de residuos sólidos y planes de emergencia y contingencia, el artículo 42 de la Ley No 1523, estableció que *“todas las entidades públicas o privadas encargadas de la prestación de servicios públicos, que ejecuten obras civiles mayores o que desarrollen actividades industriales o de otro tipo que puedan significar riesgo de desastre para la sociedad, así como las que específicamente determine la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, deberán realizar un análisis específico de riesgo que considere los posibles efectos de eventos naturales sobre la infraestructura expuesta y aquellos que se deriven de los daños de la misma en su área de influencia, así como los que se deriven de su operación. Con base en este análisis diseñarán e implementarán las medidas de reducción del riesgo y planes de emergencia y contingencia que serán de su obligatorio cumplimiento.”* (Congreso de Colombia, 2012)

La gestión del riesgo de desastres integrada a la planificación y gestión integral de los residuos sólidos municipales.

El Decreto No 1077 de 2015, por medio del cual se expidió el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, compiló y racionalizó normas de carácter reglamentario del ordenamiento territorial (Ley No 388 de 1997); en el artículo 2.2.2.2.1.3, categorizó la protección en suelo rural, definiendo las categorías del suelo rural que se determinan en este artículo constituyen suelo de protección en los términos del artículo 35 de Ley No 388 de 1997 y son normas urbanísticas de

carácter estructural de conformidad con lo establecido en el artículo 15 de la misma ley: reglamenta las áreas del sistema de servicios públicos domiciliarios:

“Dentro de esta categoría se localizarán las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructuras primarias para la provisión de servicios públicos domiciliarios, con la definición de las directrices de ordenamiento para sus áreas de influencia. Deberán señalarse las áreas para la realización de actividades referidas al manejo, tratamiento y/o disposición final de residuos sólidos o líquidos, tales como rellenos sanitarios, estaciones de transferencia, plantas incineradoras de residuos, plantas de tratamiento de aguas residuales, y/o estaciones de bombeo necesarias para resolver los requerimientos propios de uno o varios municipios y que se definan de conformidad con la normativa vigente” (Congreso de Colombia, 1997)

Y así mismo reglamenta las áreas de amenaza y riesgo:

“Incluye las zonas que presentan alto riesgo para la localización de asentamientos humanos por amenazas o riesgos naturales o por condiciones de insalubridad”. (Congreso de Colombia, 1997)

Asimismo el Decreto Único Reglamentario compiló y racionalizó normas de carácter reglamentario en relación a la prestación de los servicios públicos (Decreto 2981 de 2013) y definió el *“Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), como un instrumento de planeación municipal o regional que contiene un conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos, actividades y recursos definidos por uno o más entes territoriales para el manejo de los residuos sólidos, basado en la política de gestión integral de los mismos, el cual se ejecutará durante un período determinado, basándose en un diagnóstico inicial, en su proyección hacia el futuro y en un plan financiero viable que permita garantizar el mejoramiento continuo del manejo de residuos y la prestación del servicio de aseo a nivel municipal o regional, evaluado a través de la medición de resultados”.* (Decreto 1077 de 2015 [con fuerza de ley], 26 de mayo de 2015)

El artículo 2.3.2.2.1.10., estableció el Programa para la Prestación del Servicio de Aseo: *“Las personas prestadoras del servicio público de aseo deberán formular e implementar el Programa para la Prestación del Servicio acorde con el Plan de*

Gestión Integral de Residuos Sólidos del municipio o distrito y/o regional según el caso”, (Decreto 1077 de 2015 [con fuerza de ley], 26 de mayo de 2015) el cual debe contener objetivos, metas, estrategias, campañas educativas, actividades y cronogramas, costos y fuentes de financiación de acuerdo con los lineamientos definidos por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Con la expedición de la Resolución No 288 de 2015, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio definió los lineamientos para la elaboración del Programa para la Prestación del Servicio de Aseo por parte de los prestadores del servicio, la cual en su numeral anexo 3.13 adoptó el programa de gestión del riesgo en relación a las condiciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, acciones de respuesta del prestador de servicio y medidas que deben ser adoptadas por el usuario o un tercero.

Asimismo, es importante mencionar que, “Los servicios públicos se asocian con la función social del Estado y, por lo tanto, constituidos para la satisfacción de las necesidades colectivas en forma general, permanente y continua, bajo su dirección, regulación y control, así como aquéllos mediante los cuales se busca preservar el orden y asegurar el cumplimiento de sus fines”. [Subrayado fuera de texto] (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015)

Con la expedición del Decreto No 2157 de 2017, se reglamentó el artículo 42 de la Ley No 1523 de 2012, estableciendo el marco regulatorio dirigido a los responsables de realizar el Plan de Gestión del Riesgo de Desastres de las Entidades Públicas y Privadas (PGRDEPP) como mecanismo para la planeación de la gestión del riesgo de desastres, el cual *“incluirá, entre otros aspectos, el análisis específico de riesgo que considere los posibles efectos de eventos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, sobre la infraestructura expuesta y aquellos que se deriven de los daños de la misma en su área de influencia de posible afectación por la entidad, así como de su operación que puedan generar una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad. Con base en ello realizará el diseño e implementación de medidas para reducir las condiciones de riesgo actual y futuro, además de la formulación del plan de emergencia y contingencia, con el fin de proteger la población, mejorar la seguridad, el bienestar y sostenibilidad de las entidades”*. (Presidencia de la República, 2017)

Asimismo contextualiza los criterios del riesgo de desastres como una herramienta para la toma de decisiones para tener en cuenta en la valoración inicial del riesgo de desastres, la cual incluye la identificación del riesgo, el análisis del riesgo y la evaluación del riesgo, concordante con el análisis y evaluación del riesgo en la Ley No 1523 de 2012, para estimar daños y pérdidas potenciales, comparables con los criterios de seguridad ya establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención mediante la reducción del riesgo de desastres o del manejo del desastre.

Según la Circular expedida por el Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, con fecha del 06 de septiembre de 2018, los prestadores de servicios públicos de alcantarillado, agua y aseo, en relación con la formulación del PGRDEPP, contaban con un término de seis (6) meses para adoptar su respectivo plan, prorrogable una sola vez y por el mismo término.

En relación con los planes de emergencia y contingencia, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio expidió la Resolución No 154 de 2014, modificada por la Resolución No 527 de 2018, la cual adoptó los lineamientos para la formulación de los planes de emergencia y contingencia para el manejo de desastres y emergencias asociados a la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, los cuales deben considerar las medidas necesarias para adaptarse a las condiciones específicas del sistema de prestación y responder a las condiciones físicas, técnicas, operacionales, institucionales, económicas y ambientales del mismo.

“Un plan de emergencia y contingencia se basa en el conocimiento que tenga el prestador de servicios públicos domiciliarios de sus riesgos, es decir, que en la medida que se profundiza en el conocimiento se deben ajustar los planes. Es por este motivo que este instrumento debe ser flexible en su concepción, pues debe adecuarse a los cambios de los escenarios del riesgo, ajustarse en la medida que se mejora el conocimiento de los mismos y acoplarse a diferentes circunstancias institucionales y sociales. Asimismo, los planes de emergencia y contingencia deben ser: participativos, actuales, reales y objetivos”. (Ministro de Vivienda, Ciudad y Territorio,, 2018)

Los planes de emergencia y contingencia elaborados por las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo, de

conformidad con la Resolución No 527 de 2018, serán incorporados por las entidades territoriales en la formulación y adopción del Plan Municipal de la Gestión del Riesgo de Desastre y Estrategias Municipales de Respuesta, a que se refiere el artículo 37 de la Ley No 1523 de 2012. [Subrayado fuera de texto]

Aprovechamiento de residuos sólidos municipales.

En el marco del Decreto 1077 de 2015, conforme al tema de aspectos generales en la prestación del servicio de aseo, en la sección 3 - Gestión Integral de los Residuos Sólidos, el artículo 2.3.2.2.3.87, dicta: *“el Plan para la Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS, debe establecer los diferentes lineamientos estratégicos, los cuales incluyen el aprovechamiento, el cual implica la incorporación de los residuos sólidos aprovechables en el ciclo productivo con viabilidad social, económica y financiera que garanticen su sostenibilidad en el tiempo”.*

Asimismo, estableció que los proyectos de aprovechamiento viabilizados, de acuerdo con los estudios y evaluaciones del PGIRS, el ente territorial tendrá la obligación de destinar los recursos para la ejecución de estos, teniendo en cuenta diferentes factores de sostenibilidad y cumpliendo lo establecido por la normatividad legal vigente.

Aprovechamiento de residuos orgánicos a partir de microorganismos eficientes.

La estrategia de aprovechamiento que se planteó se basa en el uso de microorganismos eficientes, quienes consiguen energía y/o nutrientes a partir de la descomposición de la materia orgánica para la formación de nuevas células como consecuencia del metabolismo catabólico (productoras de energía) de los sustratos que apoyan la vida. Sin embargo, en algunos casos, los microorganismos son incapaces de metabolizar una sustancia como fuente única de carbono y energía, pero pueden transformar dicha sustancia si se les aporta un sustrato de crecimiento alternativo llamado cosustrato. Sí se aportan los cosustratos necesarios para apoyar el crecimiento, los microorganismos pueden transformar, gratuitamente y de forma simultánea, los residuos y contaminantes que por sí solos no podrían soportar el crecimiento microbiano. La adición de cosustratos, por lo tanto, puede ser utilizada

para soportar la degradación cometabólica de algunos residuos y contaminantes ambientales. Con base en esto se genera un cosustrato enriquecido con microorganismos estimulados, que fortalece y acelera el pretratamiento de residuos sólidos in situ, que evitan la putrefacción y tratamiento en planta, obteniendo un abono orgánico altamente nutritivo.

“Estos microorganismos promueven la germinación de semillas, favorecen la floración, el crecimiento y desarrollo de los frutos, permiten una reproducción más exitosa en las plantas, suprimen a varios agentes fitopatógenos causantes de enfermedades en numerosos cultivos, incrementan la capacidad fotosintética de los cultivos, así como su capacidad para absorber agua y nutrientes. Además, mejoran la calidad y reducen los tiempos de maduración de abonos orgánicos, en particular, el compostaje”. (Morocho & Leiva, 2019, pág. 1)

Producción de abono orgánico o enmienda para suelos.

“Una forma eficiente de mantener la fertilidad y la salud orgánica de un suelo es a través de la adición permanente de materiales orgánicos estables, que permitan la correcta actividad del suelo. En el proceso de fermentación con el cosustrato, se descomponen las moléculas orgánicas formando un compuesto que sirve como enmienda y/o abono para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. Con un poco de cosustrato en el recipiente, se activan todos los microorganismos por fermentación y su producto final tiene efectos en la permeabilidad, aireación, suavidad y valor nutricional del suelo. Esta enmienda o abono orgánico, tiene bacterias fotosintéticas, con capacidad para utilizar hidrógeno libre y azufre del suelo, convirtiéndolo en azúcares, oxígeno y produciendo compuestos nutritivos a los cultivos; también disminuye la formación de metano, hidrosulfito y amoníaco que son nocivos a las plantas y producen malos olores. A gran escala se produce en una planta de tratamiento bajo techo. No necesita adición de agua, oxígeno, compuestos químicos para estabilizar el pH, no necesita volteo de pilas por lo cual no genera micropartículas al aire, es un proceso mesofílico (no alcanza altas temperaturas) y no genera olores; no requiere grandes inversiones, reduciendo el impacto ambiental, comparado con las plantas convencionales de compostaje”. (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2013)

Importancia de la biodiversidad en el suelo.

“La materia orgánica es el soporte de la biodiversidad en el suelo, y es el factor limitante de la misma. Los suelos ricos en materia orgánica sostienen diversos microorganismos que son antagónicos a los patógenos. En el control biológico se puede considerar factores como la competencia (en espacio y alimento), amensalismo (en el cual uno es suprimido y el otro no se afecta), y también el parasitismo y predación (que son ataques directos de un organismo hacia al otro). Así mismo la acción sintetizadora de los microorganismos, fija nitrógeno de la atmósfera y dióxido de carbono para producir aminoácidos, carbohidratos y proteínas que los cultivos reciben en simbiosis (la interacción de dos, con un resultado mayor, que la suma de los dos actuando individualmente)”. (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2013)

Fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero - GEI del sector residuos sólidos.

La concentración de dióxido de carbono (CO₂) aumenta por el uso de combustibles fósiles como fuente de energía, para el transporte y en procesos industriales. La concentración de metano (CH₄) en la atmósfera aumenta en mayor medida por el tratamiento y la incineración de residuos en los vertederos, la digestión de los rumiantes, la digestión del estiércol, que a su vez, junto con los fertilizantes agrícolas también producen importantes cantidades de óxido nitroso (N₂O) (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2013, pág. 7). Con relación a la prestación del servicio público de aseo, se identificaron los principales procesos: recolección y transporte de residuos sólidos, disposición de residuos sólidos en el relleno sanitario y tratamiento de aguas residuales domésticas. En la ejecución de proyectos de aprovechamiento se puede contribuir a la reducción de huella de carbono por los aportes técnicos y operativos: menor generación de CO₂, CH₄, N₂O, óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y los compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM), así como las emisiones de dióxido de azufre (SO₂), por la reducción del trayecto que se debe realizar al llevar los residuos a una planta de tratamiento, en comparación con la disposición final de los residuos en el relleno sanitario; reducción en la generación de metano debido a las condiciones fisicoquímicas que se dan con el uso del cosustrato.

5.3. Marco Legal.

En la Tabla 1, se incluyó la normatividad vigente relacionada con el desarrollo del estudio:

Tabla 1

Normatividad relevante para el desarrollo del estudio.

Norma	Contenido	Aplicación
Ley No 142 de 1994	Establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.	Estableció un marco normativo e institucional para el desarrollo empresarial del servicio público de aseo con el fin de asegurar su prestación eficiente, bajo la responsabilidad de los municipios
Ley No 388 de 1997	Por la cual se fundamentan los objetivos y principios del ordenamiento territorial y complementa la planificación económica y social con la dimensión territorial, racionaliza las intervenciones sobre el territorio y orienta su desarrollo y aprovechamiento sostenible.	Regula el ordenamiento del territorio municipal y distrital comprendido por el conjunto de acciones político-administrativas y de planificación física concertadas, emprendidas por los municipios o distritos y áreas metropolitanas, en orden a disponer de instrumentos eficientes para orientar el desarrollo del territorio bajo su jurisdicción y regular la utilización, transformación y ocupación del espacio, de acuerdo con las estrategias de desarrollo socioeconómico y en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales.
Ley No 632 de 2000	En relación con la contribución de solidaridad en la autogeneración.	Por la cual se modifican parcialmente el numeral 24 del artículo 14 de la Ley 142 de 1994, definición del servicio público de aseo.

Resolución
No 600 de
2006

Por medio de la cual se aprobó el Plan de Contingencia presentado por la Empresa de Aseo de Bucaramanga EMAB S.A. E.S.P., para la disposición final de residuos en el espacio ocupado por la vía de acceso de la zona actual de operación hasta llegar a las cotas de diseño planteadas

Aprobar el Plan de Contingencia presentado por la Empresa de Aseo de Bucaramanga EMAB S.A. E.S.P., para la disposición final de residuos en el espacio ocupado por la vía de acceso de la zona actual de operación hasta llegar a las cotas de diseño planteadas por ECODES – PARRA GÓMEZ, de conformidad con lo establecido en las fichas que conforman el Plan de Manejo Ambiental de que trata la resolución C.D.M.B.

Ley No
1523 de
2012

Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

Establece las directrices para llevar a cabo el proceso social de la gestión del riesgo con el propósito de ofrecer protección a la población en el territorio colombiano, mejorar la seguridad, el bienestar y la calidad de vida y contribuir al desarrollo sostenible enfocados en los procesos de conocimiento del riesgo reducción de riesgo y atención de desastres.

Resolución
No 154 de
2014

Por la cual se adoptan los lineamientos para la formulación de los planes de emergencia y contingencia para el manejo de desastres y emergencias asociadas a la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo y se dictan otras disposiciones.

Adopta los lineamientos para la formulación de los planes de emergencia y contingencia como contenidos generales y criterios técnicos, jurídicos, sociales y ambientales que establece los mínimos que deben tener en cuenta las personas prestadoras de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, para la formulación, adopción e implementación de sus planes de emergencia y contingencia.

Resolución No 288 de 2015	Por la cual se establecen los lineamientos para la formulación de los Programas de Prestación del Servicio Público de Aseo.	Define los lineamientos para la formulación de los Programas para la Prestación del Servicio Público de Aseo en cada área de prestación, de acuerdo con lo señalado en el Decreto número 2981 de 2013.
Decreto No 1077 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.	Título 2. Servicio de aseo, Reglamenta la prestación del servicio público de aseo y sus actividades complementarias.
Resolución CRA No 720 de 2015	Por la cual se establece el régimen de regulación tarifaria al que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo que atiendan en municipios de más de 5.000 suscriptores en áreas urbanas.	Define la metodología para calcular la tarifa que deben adoptar las empresas prestadoras de servicio público de aseo al momento de realizar el cobro por prestar este servicio.
CONPES No 3874 de 2016	Política Nacional Para La Gestión Integral De Residuos Sólidos.	Establece cuatro ejes estratégicos para la gestión integral de los residuos sólidos: prevención en la generación de residuos; reducir la cantidad de residuos dispuestos en el relleno sanitario; la promoción de la reutilización, aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos; y evitar la generación de gases de efecto invernadero.
Decreto No 596 de 2016	Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1077 de 2015 en lo relativo con el esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización	Define el esquema operativo de la actividad de aprovechamiento y la transitoriedad para el cumplimiento de las obligaciones que deben atender los recicladores de oficio y las organizaciones de recicladores de oficio que estén en proceso de formalización como personas

	de los recicladores de oficio, y se dictan otras disposiciones.	prestadoras de la actividad de aprovechamiento en el servicio público de aseo, para todo el territorio nacional.
Decreto No 1784 de 2017	Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1077 de 2015 en lo relativo con las actividades complementarias de tratamiento. y disposición final de residuos, sólidos en el servicio público de aseo	Modifica el Capítulo 3 del Título 2 de la Parte 3, del Libro 2 del Decreto 1077 de 2015. "Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.
Decreto No 2157 de 2017	Por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas - PGRDEPP.	Reglamenta el artículo 42 de la Ley 1523 de 2012 estableciendo el marco regulatorio dirigido a los responsables de realizar el Plan de Gestión del Riesgo de Desastres de las Entidades Públicas y Privadas (PGRDEPP) como mecanismo para la planeación de la gestión del riesgo de desastres.
Decreto No 2412 de 2018	Por el cual se establece el incentivo al aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos.	Reglamenta el Incentivo al Aprovechamiento y Tratamiento de Residuos Sólidos (IAT) conforme a lo establecido en el artículo 88 de la Ley 1753 de 2015 y, en consecuencia, definir la manera por la cual se realizará su cálculo, facturación, recaudo, asignación y uso de recursos, así como su seguimiento y control en todo el territorio nacional.
Resolución No 527 de 2018	Por la cual se modifica la Resolución número 0154 de 2014 y se dictan otras disposiciones.	Articula los Planes de Emergencia y Contingencia elaborados por las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo con la estrategia de respuesta municipal.

		Define la responsabilidad exclusiva y única del prestador de servicio de contar con los Planes de Emergencia y Contingencia actualizados.
Acuerdo Municipal No 028 del 2003	Por medio del cual se adopta el plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Piedecuesta Santander	Definió los usos del suelo urbano, de expansión urbana, rural, suburbano y suelo de protección; así mismo se reglamentó el uso, ocupación y manejo del suelo y se formularon los planteamientos sobre programas, proyectos y planes complementarios para el futuro desarrollo territorial del municipio dentro de la vigencia del PBOT.
Resolución No 330 del 08 de junio de 2017	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS	Reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción puesta en marcha, operación, mantenimiento, rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo.

Fuente: Los autores, año 2022.

5.4. Marco Histórico

El municipio de Piedecuesta y 15 municipios más del departamento de Santander cuentan con un sitio de disposición final para residuos sólidos denominado “El Carrasco”, el cual es un relleno sanitario ubicado en el suroccidente de la ciudad de Bucaramanga y que desde su apertura como botadero de basura a cielo abierto en el año 1978 ha venido generando problemas de tipo ambiental, social y jurídico.

“El relleno sanitario actualmente cuenta con tres cárcavas las cuales están conformadas de la siguiente manera:

- *Cárcava I: está compuesta por la zona 1 (clausurada) y la zona 2 que es el sitio donde se dispone y opera actualmente, de acuerdo con el rediseño realizado por la firma Environmental Services. Tiene un área de 7 ha aproximadamente y cuenta con un volumen de disponibilidad de 667,000 m³ para disponer residuos en forma escalonada. Esta cárcava se encuentra ubicada en su totalidad en jurisdicción de Bucaramanga.*
- *Cárcava II: fue el sitio donde se ubicaron los residuos desde 1978 hasta 1985, en este periodo de tiempo fue conocido como botadero a cielo abierto “Malpaso”. En dicha zona se dispusieron más de 500,000 toneladas de desechos provenientes de Bucaramanga y su área metropolitana. Esta cárcava se encuentra ubicada en jurisdicción de Bucaramanga y Girón sobre un drenaje natural de aguas lluvias, conocida como la quebrada El Carrasco afluente de la quebrada la Iglesia.*
- *Cárcava III: se encuentra localizada al suroccidente del predio, con un área aproximada de 12 ha que se extienden en sentido oriente-occidente, con una altura que va desde los 770 msnm a los 830 msnm con una diferencia de nivel entre el fondo de la disposición y la cota máxima de 60 m. Actualmente no se ha realizado ningún tipo de intervención encontrándose cubierta por vegetación natural. Esta cárcava se encuentra ubicada en su totalidad en jurisdicción de Girón y es por ello por lo que no se puede intervenir según las especificaciones del Plan de Ordenamiento Territorial (POT)”. (Antolínez & Meza, 2018, pág. 9)*

Conociendo la estructura funcional del relleno sanitario, se presentó el expediente y las diferentes declaratorias de calamidad pública que se emitieron con el fin de entender a detalle cuál fue la problemática que se generó por el inadecuado funcionamiento y errada ubicación del relleno sanitario El Carrasco:

“En 1978 se estableció el Carrasco como botadero de basura a cielo abierto el cual fue denominado “Malpaso” en el año 1986 aparece la primera alerta ambiental por contaminación, después en el año 1993 la Corporación Autónoma para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), asume la competencia como autoridad ambiental en el área metropolitana de Bucaramanga, y es quien se encarga de hacer seguimiento a las diferentes actividades generadas por el funcionamiento del relleno sanitario; en el año 1994 la CDMB empieza a realizar procesos de evaluación ambiental derivadas del desarrollo actividades en el botadero a cielo abierto el

Carrasco, en el año 1998 se crea la empresa municipal de aseo de Bucaramanga EMAB, quién es la encargada de la administración del Carrasco y ese mismo año se propone y se aprueba el plan de manejo ambiental del relleno sanitario el Carrasco. Un año después tras realizar la disposición de residuos sólidos de diferentes municipios del área metropolitana se produce la clausura de la cárcava 1 debido a que cumplió su ciclo de vida útil; en el año 2000 se adecua y se habilita la zona 2 de la cárcava 1 para continuar con la disposición de los residuos sólidos del área metropolitana, luego en el año 2003 la CDMB establece un plazo de 24 meses para que se dé el cierre de la cárcava 1. En el año 2005 se ordena la pre y post clausura y se hace efectiva cierre y clausura de la cárcava 1, y se da un plazo máximo de 36 meses para utilizar una cárcava transitoria,

En el año 2006 la CDMB aprueba el plan de contingencia del Carrasco y en el 2006 y 2007 se levantan procesos sancionatorios por la descarga de lixiviados sin previo tratamiento; en el año 2008 se cumplen los plazos otorgados para el uso de celdas transitorias y en el año 2011 se declara la primera emergencia sanitaria mediante el decreto 0234 por un tiempo de 6 meses y adicional en septiembre de 2011 se conoció el plazo otorgado por un juez para el cierre del Carrasco, al fallar una acción popular a favor del barrio El Porvenir, se declaró la primera emergencia sanitaria por parte de Bucaramanga durante el término de seis meses; posteriormente el 30 de marzo de 2012, se actualiza la prórroga de la emergencia sanitaria en el municipio de Bucaramanga por un tiempo de 18 meses a partir del 01 de abril del 2012, el cual se amplía nuevamente, a partir del 01 de octubre de 2013 por 24 meses más.

La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, informó, mediante la Resolución 1036 del 23 de septiembre de 2021, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, restituye la competencia ambiental del proyecto denominado “sitio de disposición final El Carrasco” a la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB, sobre la petición que se hizo de actualizar la capacidad de remanente del relleno sanitario, ya que sólo se recibirán residuos hasta el día lunes 03 de mayo de 2021, plazo que fue extendido hasta el día viernes 13 de agosto de 2021, mediante Resolución 0786 del 30 de abril de 2021, emitida por la ANLA, en la cual se ajustó vía seguimiento el artículo primero de la Resolución No 439 del 13 de marzo de 2020, modificada por la Resolución 01909 del

30 de noviembre de 2020, en relación con el cronograma del Plan de Desmantelamiento y Abandono establecido para el proyecto “Recuperación ambiental del relleno sanitario el Carrasco”, en relación con la actividad relacionada con la estabilidad mediante la disposición de residuos sólidos en la celda de respaldo 2, la cual se encuentra en la Fase I - Plan de cierre - estabilidad para las celdas 1, 2 y 4.

Según el informe presentado por la Oficina del Medio Ambiente y Gestión del Riesgo del municipio de Piedecuesta sobre la declaratoria de la calamidad; se contextualizó lo realizado por el municipio, según el Decreto 084 del 30 de septiembre de 2021, donde se declaró situación de riesgo ambiental para el municipio y sus habitantes tras el cierre del sitio de disposición de residuos sólidos denominado “El Carrasco”, la cual se prorrogó por 24 meses, de acuerdo con el Decreto 0132 del 17 de noviembre de 2020”. (Municipio de Piedecuesta, 2021)

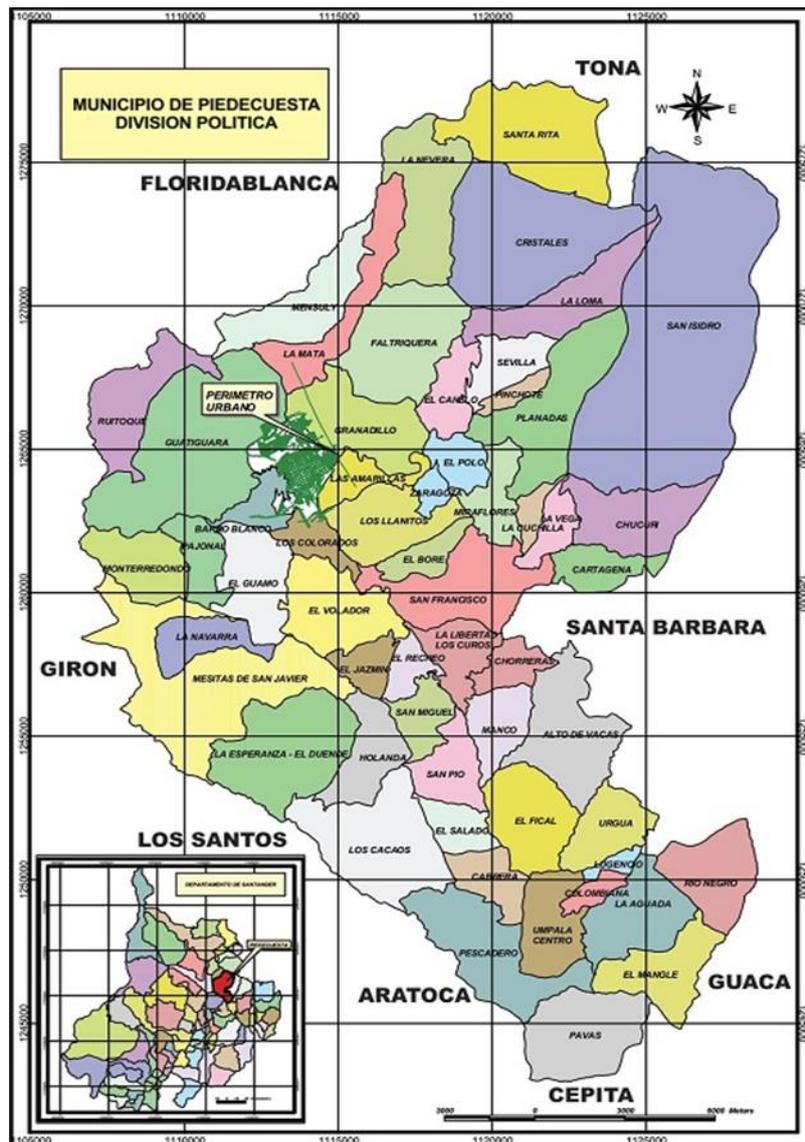
5.5. Marco Contextual.

El proyecto tuvo como campo de experimentación y acción el municipio de Piedecuesta, que se encuentra localizado en la parte noreste del departamento de Santander, a 17 kilómetros de Bucaramanga, formando parte de su área metropolitana.

Su extensión territorial es de 481 kilómetros cuadrados; limita con los municipios de Tona, Floridablanca y Bucaramanga por el norte; por el sur con Guaca, Cepita, Aratocha y Los Santos; por el oriente con Santa Bárbara; y por el occidente con el municipio de Girón, como se observa en la Imagen 1 (Alcaldía de Piedecuesta, 18 de marzo de 2022). El municipio hace parte del Área Metropolitana desde 1984 y de los 87 municipios del departamento de Santander; se encuentra localizado en el oriente colombiano.

Imagen 1

Mapa político del municipio de Piedecuesta



Fuente: Galería de mapas - municipio de Piedecuesta, 2018. (Municipio de Piedecuesta, 2022)
<https://www.alcaldiadepiedecuesta.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Galeria-de-Mapas.aspx>

6. METODOLOGÍA

El diseño metodológico se basó en un trabajo sistemático de desarrollo experimental, que aprovechó los conocimientos existentes obtenidos de la investigación y/o la experiencia práctica, y está dirigido a la producción de nuevos materiales, y a la puesta en marcha de nuevos procesos y servicios, como propuestas de mitigación y prevención del riesgo, que se puedan adoptar con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de los elementos expuestos, para evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de materializarse un evento.

Se desarrolló el proyecto en tres fases: la primera fase comprendió el análisis y evaluación del riesgo de desastres, partiendo del principio de reconocimiento del riesgo de desastres como condicionante para el uso y ocupación del territorio y como determinante para el ordenamiento territorial municipal, que permitió cuantificar los daños y pérdidas asociadas al ambiente, las personas, los bienes económicos y la institucionalidad, por la materialización del desastre asociado a la prestación normal del servicio público de aseo y a la suspensión del mismo; una segunda fase donde se diseñó un procedimiento metodológico que permitirá el tratamiento de residuos orgánicos aprovechables usando como agregado principal el cosustrato, y de esta manera usarlo como estrategia para la reducción del riesgo en la disposición final de residuos sólidos; y una tercera fase que definió el modelo financiero basado en el régimen de regulación tarifaria, que garantiza la viabilidad, sostenibilidad y rentabilidad económica, social y ambiental del proyecto.

6.1. Fase I: Análisis y evaluación del riesgo.

Análisis del componente de gestión integrado a la planificación territorial.

Por medio del Acuerdo Municipal No 028 del 18 diciembre de 2003, se adoptó el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de Piedecuesta - Santander, el cual definió los usos del suelo urbano, de expansión urbana, rural, suburbano y suelo de protección; así mismo se reglamentó el uso, ocupación y manejo del suelo y se

formularon los planteamientos sobre programas, proyectos y planes complementarios para el futuro desarrollo territorial del municipio dentro de la vigencia del PBOT.

El Artículo No 7 del acuerdo definió la vigencia de este así: *“el contenido estructural del PBOT tendrá una vigencia de largo plazo que son tres (3) períodos constitucionales de la administración municipal, el contenido urbano de mediano plazo tendrá una vigencia dos (2) períodos constitucionales de la administración municipal, los contenidos urbanos de corto plazo y los programas de ejecución regirán como mínimo durante un período constitucional de la administración municipal. El momento previsto para la revisión en todo caso debe coincidir con el inicio de un nuevo periodo para las administraciones.”* Plazos que para el año 2022 ya están vencidos, por lo cual sigue vigente el PBOT 2003. (Concejo Municipal de Piedecuesta, 2003)

El PBOT 2003, se adoptó con la vigencia del Decreto Ley No 919 del 01 de mayo de 1989 (por la cual se organizó el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y se dictaron otras disposiciones, con el objeto de la prevención, manejo, rehabilitación, reconstrucción y desarrollo a que den lugar las situaciones de desastre o de calamidad), y sobre ese marco normativo definió las políticas para el manejo de riesgos y amenazas naturales: *“c) El Municipio de Piedecuesta será líder en la generación condiciones de desarrollo humano y calidad de vida en beneficio de la población establecida actualmente en asentamientos subnormales y mediante la reubicación de población localizada en zonas de alto riesgo. d) El Municipio de Piedecuesta gestionará y participará en la realización de estudios de amenaza y riesgo, con el INGEOMINAS, la CDMB y el AMB, a realizarse a nivel detallado sobre las áreas que se indican en el mapa de amenazas urbanas por fenómenos naturales”.* (Concejo Municipal de Piedecuesta, 2003) Estudios que fueron realizados en el año 2017 (doce años después), por la Administración Municipal, a través de la Oficina Asesora de Planeación.

Dentro de las políticas de fortalecimiento institucional estableció *“fortalecer institucionalmente la Administración Municipal y en especial la Oficina de Planeación, el Comité Local de Emergencias adscrito a esta misma oficina y una dependencia para la Asistencia Técnica al campesino productor agropecuario el cual debe propender por el desarrollo agrario y en general del sector rural”*, artículo No 17 del PBOT 2003. (Concejo Municipal de Piedecuesta, 2003)

En relación a lo que hoy conocemos como gestión del riesgo de desastres, el PBOT 2003, definió estrategias para el manejo de las áreas de amenaza por fenómenos naturales y potencial riesgo de asentamientos humanos, priorizando la amenaza por erosión laminar, remoción en masa, inundaciones y avenidas torrenciales (artículos No 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, PBOT 2003), pero no se identificaron en la gestión integral de residuos sólidos, en el componente de disposición final, el o los eventos (amenaza) que por sus características fueran considerables, para establecer los elementos expuestos y los posibles daños y/o pérdidas relacionados con la manifestación del mismo; lo cual tiene en emergencia sanitaria al municipio de Piedecuesta y otros municipios de Santander, desde el año 2005 (mediante la Resolución No 01079 de 2005, la CDMB, estableció el plazo máximo para el cierre de la cárcava No 1, del relleno sanitario El Carrasco, operado por la Empresa Municipal de Aseo de Bucaramanga - EMAB).

Cabe resaltar que en el componente urbano del PBOT 2003, se contempló dentro de sus objetivos: *“Generar zonas especializadas para el desarrollo de actividades de vivienda, empleo, uso mixto, industria, ciencia y tecnología, mediante una política de ocupación del suelo que permita una estructura territorial urbana armónica y sostenible ambientalmente”*, y en su política de desarrollo definió que *“El Municipio de Piedecuesta propenderá por la ejecución de proyectos viales y de servicios públicos que garanticen el más alto nivel de vida de sus habitantes”*.

El Plan de Servicios Públicos, priorizó el adecuado suministro de agua potable y saneamiento básico, más el óptimo aprovechamiento de los recursos naturales, para así lograr los mayores beneficios económicos, sociales y ambientales (artículo No 127 del PBOT 2003); así mismo en las políticas de desarrollo y en los programas específicos de servicios públicos contempló el saneamiento básico, solo en el componente de acueducto y alcantarillado, y no se priorizó el componente de aseo, siendo uno de los servicios públicos prestados por la empresa Piedecuestana de Servicios Públicos E.S.P.

Dentro de los programas específicos del Plan de Servicios Públicos en el área urbana, se diseñó el programa No 9 de saneamiento ambiental, el cual definió dentro de los proyectos de equipamiento especial el diseño y construcción de *“La planta para el*

tratamiento y disposición de residuos sólidos y de rechazos” (artículo No 130 del PBOT 2003). (Concejo Municipal de Piedecuesta, 2003, pág. 28)

Como objetivo quedó definido determinar un área para el tratamiento técnico y adecuado de la disposición de los residuos sólidos, sobre los alrededores de la zona suburbana de Guatiguará Industrial (mapa No 17 del PBOT 2003), donde el Municipio debía adquirir en calidad de reserva y previsión un predio para ser adecuado para la planta de tratamiento y disposición de los desechos sólidos sobre los predios que se señalan en el mapa de suelos suburbanos para este fin; y así una vez revisado el mapa R-17. Mapa de Suelo Suburbano y Plan Vial Rural, en su leyenda definida como equipamiento especial, definió el área así: *“Área tratamiento y disposición de residuos sólidos”*, la cual no se identifica con claridad en los predios de la vereda Guatiguará, dejando un vacío jurídico y técnico, para lo que hoy conocemos como Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento de Residuos Sólidos - ECAs, y su compatibilidad con los usos del suelo principales, complementarios y hasta para las prohibiciones establecidas en el PBOT para la vereda Guatiguará.

En el marco del plan se diseñaron programas específicos para el área rural (artículo No 148 del PBOT 2003), numeral 1. Programa de Disposición de Residuos Sólidos, con el objeto de *“diseñar y realizar programas de rutas y periodos de recolección para la disposición de desechos sólidos en el centro poblado de Sevilla y para las zonas suburbanas del municipio”*. A su vez definieron actividades para el desarrollo de este programa: *“Establecer normas mediante programas de educación comunitaria sobre disposición de residuos sólidos en áreas rurales. Establecer los requisitos de solución al sistema de recolección y disposición de residuos sólidos como parte del procedimiento para la aprobación de proyectos de vivienda y/o urbanísticos, en especial en zonas suburbanas. Diseño de un Plan de Acción”*. En relación con este numeral vale la pena resaltar, que hemos participado de proyectos relacionados con la reestructuración de rutas de recolección de la empresa Piedecuestana de Servicios Públicos E.S.P. (según el Decreto Municipal No 172 del 17 Diciembre 1997, es una empresa de servicios públicos domiciliarios, organizada como empresa industrial y comercial del estado y que para poder desarrollar su objeto y prestar el mejor servicio a los habitantes del municipio de Piedecuesta, desarrolla actividades comerciales en competencia con el sector privado), y como tal propende por prestar el servicio al

sector rural, pero su capacidad operativa no ha garantizado la prestación del servicio en las veredas no colindantes con el sector urbano y algunos sectores suburbanos.

Según el artículo No 223 del PBOT 2003, por medio del cual se adoptó el programa de ejecución de los proyectos, objetivos, actividades, periodos de ejecución y presupuestos aproximado, se incluyó la *“adquisición del terreno en el área suburbana de desarrollo Industrial señalada en el mapa, diseño del sistema de operación y equipamiento para su correcto funcionamiento”*, como una meta de corto y mediano plazo, y un valor estimado de 500 millones de pesos. En la actualidad, según el costo estimado del terreno por metro cuadrado en la zona del Valle de Guatiguará, el predio tendría un área cercana a los 500 m²; área que solo permitiría diseñar los parqueaderos, para una ECA de separación y el tratamiento de los residuos sólidos, generados en el Municipio de Piedecuesta.

Expediente Municipal.

El expediente municipal *“es un sistema de información territorial del municipio de Piedecuesta cuyo objetivo principal es apoyar la elaboración e implementación de su PBOT”* (Expediente Municipal de Piedecuesta, 2009), en las conclusiones del proceso de seguimiento y evaluación del PBOT, numeral 5.1.1 síntesis y conclusiones del análisis de suficiencia, en relación con las áreas expuestas a amenazas y riesgos, concluye: *“1. En el componente general solo se registra una estrategia de mediano y largo plazo para las áreas expuestas a amenazas y riesgos, al igual que no aparecen establecidos los objetivos de mediano y largo plazo para estas áreas. (Art. 13 Decreto 879 de 1998). 2. Las zonas de protección en áreas de amenaza y riesgo no mitigable para la ubicación de asentamientos humanos aparecen mencionadas, sin embargo no existe una individualización de los tipos de amenaza presentes y las zonas expuestas tanto urbanas como rurales; se recomienda realizar un cuadro resumen agrupando estas zonas por el tipo de amenaza existente y la identificación de cada una”*; y en el marco de los servicios públicos concluye: *“No existe una clara definición de las plantas de tratamiento propuestas y la cobertura de las mismas, así como tampoco una definición del sistema de interceptores maestros que requerirá el sistema para dar cobertura a todo el casco municipal”*. (Concejo Municipal de Piedecuesta, 2003)

En lo referente a la dinámica poblacional, el análisis de suficiencia poblacional concluye: *“La dimensión poblacional no está bien incorporada en la formulación del PBOT, en razón a que la dinámica demográfica no fue considerada en la formulación del Modelo de Ocupación del Territorio; el suelo destinado a las áreas de expansión no está totalmente ajustado a las dinámicas de crecimiento de la población; y las estrategias, programas y proyectos se ajustan parcialmente al crecimiento y distribución de la población, a sus cambios en la estructura por edad y sexo y a sus comportamientos”*.

Determinar la población afectada, es una de las actividades indispensables, incluyendo la situación actual, para emprender el diseño de proyectos de saneamiento básico, según lo reglamentado por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, mediante la Resolución No 330 del 08 de junio de 2017, *“Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS”*; el artículo No 8, define las actividades preliminares para emprender el proyecto: *“numeral 1. Como primera instancia se deberá realizar un diagnóstico sobre las condiciones actuales en materia de salud pública, del estado de los recursos naturales y del bienestar social. Numeral 2. Determinación de la población afectada. Determinar la población directa o indirectamente afectada, así como la población objetivo o beneficiaria con la ejecución del proyecto, calculada dentro del período de diseño de este”*. (MinVivienda, 2022, pág. 34)

Así mismo el artículo No 11, define los objetivos de intervención, los cuales estarán enfocados a las necesidades y problemas detectados, entre los cuales se incluyen: *“manejo adecuado de residuos sólidos especialmente en el componente disposición final y mitigación de riesgos relacionados con la prestación de los servicios”*. y el artículo No 13, reglamenta que, en la formulación y análisis de alternativas de proyectos *“el análisis debe tener en cuenta la gestión de riesgos y la gestión ambiental, revisar los aspectos financieros, económicos y sociales que permitan determinar la viabilidad del respectivo proyecto”* (MinVivienda, 2022)

Revisión del proyecto de acuerdo para la formulación del Plan de Ordenamiento Territorial de segunda generación, en la vigencia 2016-2019.

El proyecto de acuerdo, por el cual se buscaba adoptar el Plan de Ordenamiento Territorial de segunda generación del municipio de Piedecuesta 2017 - 2031, en la

vigencia 2016-2019, no fue aprobado por no cumplir con los determinantes ambientales. En el documento de síntesis del diagnóstico territorial del Plan de Ordenamiento Territorial de segunda generación del municipio de Piedecuesta (2022), se concluye que se han presentado diferencias en cuanto a la incorporación de los determinantes ambientales, por lo cual la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB, solicitó la incorporación de los estudios para la identificación y zonificación de la amenaza y riesgo en el suelo rural y de expansión urbana (contrato No. 1204 de 2017, Consorcio CAR), los Planes de Manejo y Ordenamiento de la Cuencas Hidrográficas - POMCAS vigentes, el Plan de Ordenación Forestal - PGOF. (Concejo Municipal de Piedecuesta, 2020)

En lo referente al caso de estudio, pretendió incluir la disposición de residuos sólidos como parte de los proyectos estratégicos del Municipio, denominado Sitio de Disposición Final Monterredondo; esto incluyó la revisión de los contenidos del documento “Evaluación de las áreas potenciales para la disposición final de residuos sólidos en la tecnología de relleno sanitario” dentro del PGIRS Metropolitano, en el que se calificaron las áreas seleccionadas para la disposición final de residuos sólidos. Así mismo incluía un mapa con los criterios para la clasificación de Áreas potenciales como sitios de disposición final de residuos sólidos.

Revisión del diagnóstico del Plan Ordenamiento Territorial de segunda generación, formulado por vencimiento de términos, vigencia 2022 (en formulación).

Consultando el documento Técnico de Soporte del POT de segunda generación del municipio de Piedecuesta (2022), se revisó el análisis de la incorporación del riesgo, y se pudo identificar la incorporación de los estudios básicos de riesgo en cumplimiento del Decreto No 1807 de 2014, con las escalas y alcances establecidos para suelos Rural, Urbano y Expansión Urbana; con relación al análisis y zonificación de la vulnerabilidad física, se evidenció que no se incorporó el inventario, identificación y evaluación de elementos expuestos a amenaza media y alta, y según la evaluación de los mínimos, quedará sujeto a los estudios de detalle.

En lo referente a la zonificación de zonas de riesgo mitigable y no mitigable, propone *“realizar un estudio detallado de amenaza y riesgo en las áreas comprendidas dentro del perímetro urbano y señaladas en el mapa de amenaza urbana como de*

“susceptibilidad de amenaza por remoción en masa y susceptibilidad de amenaza por inundación”, para determinar puntualmente los sitios de alto riesgo, con el fin de establecer las recomendaciones sobre los sitios que podrían permitirse una actividad antrópica de bajo y moderado impacto”.

El municipio, presentó un mapa denominado *“Área potencial propuesta para la localización del relleno sanitario”*, y que una vez revisado, se consideran dos zonas de alta y muy alta aptitud para la construcción del relleno sanitario, que no cuentan con vías aptas para el transporte de los residuos y podría llegar a cruzarse con las rutas de navegación aérea del aeropuerto internacional Palonegro, ubicado en el municipio de Lebrija. Así mismo, las áreas propuestas, se encuentran en zona de amenaza media y alta por incendios forestales y por remoción en masa. Cabe resaltar que en la socialización del POT (mayo de 2022), se presentaron estas áreas, como zonas aptas para el establecimiento de estaciones de transferencia, centros de acopio y/o centros de aprovechamiento, razón por la cual no se daría solución de fondo a la problemática por disposición final de residuos sólidos y los posibles eventos (amenaza) que por sus características considerables, generarían daños y/o pérdidas relacionados con la manifestación del mismo. En relación con el tema de prestación del servicio público de aseo, la información consignada en el documento es muy limitada, y no se establece una clara estrategia para la gestión integral de los residuos sólidos. Así mismo se desconoce los determinantes ambientales, técnicos y sociales que permitan conceptualizar y definir las zonas establecidas en el mapa.

Tabla 2

Análisis del componente de ordenamiento territorial.

PBOT 2003	Revisión del PBOT en la vigencia 2016-2019	Formulación del POT de segunda generación, 2022
Disposición final de residuos sólidos		
No identificada dentro de la política de desarrollo.	Pretendía incluir la disposición de residuos sólidos como parte de los	Presentó un mapa denominado: Área potencial propuesta

La política de desarrollo propendía por la ejecución de servicios públicos que garanticen el más alto nivel de vida de sus habitantes, pero no estableció sectores específicos.

Estableció que el saneamiento básico debía considerarse como los elementos rectores de la política para el desarrollo rural.

El programa No 9 de saneamiento ambiental, definió dentro de los proyectos de equipamiento especial el diseño y construcción de “La planta para el tratamiento y disposición de residuos sólidos y de rechazos”.

Como objetivo quedó definido determinar un área para el tratamiento técnico y adecuado de la disposición de los residuos sólidos.

Recomienda realizar una categorización de sistemas de baja, media y alta complejidad, dependiendo de la población existente y las dinámicas económicas y de crecimiento de los sectores.

proyectos estratégicos del Municipio, denominado Sitio de Disposición Final Monterredondo.

Incluyó un mapa con los criterios para la clasificación de Áreas potenciales como sitios de disposición final de residuos sólidos.

para la localización del relleno sanitario.

No están definidos los determinantes ambientales y sociales que permitan conceptualizar y definir las zonas establecidas en el mapa.

Desde el año 2005 inician las emergencias sanitarias a nivel metropolitano.	<p>No definido.</p> <p>En este periodo se realizó el estudio para la evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo para fenómenos de movimiento en masa, avenidas torrenciales e incendios forestales de las áreas rurales y áreas de expansión urbana del municipio Piedecuesta (año 2017)</p>	<p>Busca incorporar los estudios básicos de riesgo en cumplimiento del Decreto 1807 de 2014, con las escalas y alcances establecidos para suelos Rural, Urbano y Expansión Urbana.</p> <p>Con relación al análisis y zonificación de la vulnerabilidad física, no se incorporó el inventario, identificación y evaluación de elementos expuestos a amenaza media y alta, y según la evaluación de los mínimos, quedará sujeto a los estudios de detalle.</p>
---	---	--

Fuente: Los autores, año 2022.

La Tabla 2, hizo sus veces de resumen ejecutivo sobre el análisis del componente de ordenamiento territorial, y permitió evidenciar que la disposición final de residuos sólidos no está directamente articulada con la planificación territorial y la gestión del riesgo de desastres, desde los principios rectores de la gestión del riesgo de desastres como política indispensable para asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos, mejorar la calidad de vida de las poblaciones y las comunidades.

Revisión del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del municipio de Piedecuesta - PGIRS 2015

Considerando que según el Decreto No 1077 de 2015, “Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, SECCIÓN 3 GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ARTÍCULO 2.3.2.2.3.87 (...) La formulación e implementación del Plan para la Gestión

Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, estará en consonancia con lo dispuesto en los planes de ordenamiento territorial y lo establecido en este decreto” y a su vez son instrumentos de planificación territorial, los cuales deben integrar la vulnerabilidad y la amenaza en los programas de gestión del riesgo, son planes indispensables para revisar y analizar.

El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del municipio de Piedecuesta, fue adoptado mediante Decreto Municipal No 084 del 18 de diciembre de 2015, el cual estableció en sus objetivos y metas adecuar una estación para la separación en la fuente, que según el Decreto Municipal No 049 del 12 de junio de 2013, estableció como obligatoria la separación en la fuente de residuos sólidos domiciliarios (orgánicos e inorgánicos). Según la tabla No 12. Disposición final, *“Ya se cumplió con la vida útil el pasado 30 de septiembre de 2015 y se encuentra en proceso de ampliación de 2 años según Decreto de Emergencia sanitaria 058 del 25 de septiembre de 2015”*, por lo cual no es una situación ajena a la dinámica del municipio. Revisado el numeral *“6.12 Gestión del riesgo, Tabla No. 16. Línea base Residuos gestión de Riesgos”*, la tabla evalúa las condiciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, posibles daños cuantificables y riesgo mitigable, que denota un alto grado de preocupación por la forma en que confunden la gestión del riesgo de desastres con eventos individuales; resaltando que el *“Cierre del sitio de disposición final”*, lo clasifican dentro de *“riesgo o eventos”*. Con prioridad alta la meta estableció: *“Evaluar alternativas de sitio de disposición final para el municipio, periodo 2016-2019”*. (Municipio de Piedecuesta, 2015)

Con base a lo establecido en el PGIRS del 2015 se realizó una línea base en cuanto al componente de gestión de riesgo para prestación del servicio público de aseo, en la cual se identifican las condiciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo que incluyeron la cuantificación de los posible de daños e impactos sobre la prestación del servicio de aseo y la definición del riesgo mitigable. Así mismo en el programa de gestión del riesgo, en el proyecto de prevención y mitigación de riesgos definió la actividad de *“Identificar medidas de rehabilitación y recuperación en caso de una emergencia”*, las cuales no están claramente definidas para el año 2022, y que podemos considerar como estrategias que harían parte del plan de acción para la atención de la emergencia sanitaria. (Municipio de Piedecuesta, 2015)

Plan de Emergencias y Contingencia del PGIRS adoptado en el año 2015.

Según el numeral 2, que definió el marco normativo del plan, define que *“El Plan de Emergencias y Contingencias del PGIRS está enmarcada dentro la normatividad colombiana en materia de desastres, residuos sólidos y medio ambiente”*, Decreto No 0919 de 1989 de la Presidencia de la República (derogado por el artículo No 96 de la Ley No 1523 de 2012), el cual definía una estructura de prevención y atención de desastres y no desde el conocimiento, la reducción del riesgo y el manejo de desastres, en el marco de la Ley No 1523 de 2012, y la Resolución No 0154 de 2014, del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, *“por la cual se dictan los lineamientos, para la formulación de los planes de emergencia y contingencia para el manejo de desastres y emergencias asociadas a la prestación de los servicios públicos de domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo y se dictan otras disposiciones”*, normatividad vigente para la fecha de formulación, y que a su vez dicta que: *“Prepararse o planear la atención de emergencias, consiste en definir la cadena de acciones que deberá poner en marcha un prestador de servicios públicos domiciliarios, para recuperar la normalidad de prestación de los servicios en el menor tiempo posible y de esa forma reducir los impactos negativos en beneficio de los usuarios”*. (Municipio de Piedecuesta, 2015)

Revisión del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del municipio de Piedecuesta - PGIRS 2016

La primera revisión del PGIRS se dio en el año 2016, con el objeto de actualizar las condiciones de la prestación del servicio de aseo en términos de operatividad, continuidad y avance del aprovechamiento en el marco de la gestión integral de residuos sólidos, con miras a dar a un valor agregado a los materiales que se aprovecharán y de esta manera incorporarlos al ciclo económico y productivo en forma eficiente.

Asimismo, la revisión incluyó la armonización de programas y proyectos con el PBOT, la búsqueda del fortalecimiento del servicio público de aseo en el sector rural, programas de coordinación de las actividades y responsabilidades para la recolección y transporte de otros residuos aprovechados, acciones para el futuro

aprovechamiento de escombros y el inventario de áreas públicas, catastro de árboles, zonas verdes, cestas y puentes, y el censo de recicladores. Según el documento, se incluyó en la revisión el programa de gestión del riesgo, pero no se realizó observación alguna.

Revisión del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del municipio de Piedecuesta - Santander, 2022-2027.

Se realizó la evaluación del documento *“Actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS, del municipio de Piedecuesta, Santander 2022 - 2027, conforme lo establecido en la metodología adjunta en la Resolución No 0754 de 2014, Decreto No 2981 de 2013 y demás normatividad vigente pertinente”*. Es importante mencionar que el Decreto No 2981 de 2013, fue derogado por el Decreto No 1076 de 2015, *“Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio”*. Con la Resolución No 0754 de 2014, se denominaron PGIRS de segunda generación; documentos que se deben articular con el ordenamiento territorial (el cual determina las áreas potenciales para la ubicación de infraestructuras para la gestión integral de residuos sólidos), el desarrollo territorial y metropolitano, asignando los recursos correspondientes para su implementación dentro de los presupuestos anuales municipales. Según lo relacionado con aspectos de generación de residuos del documento, para el municipio de Piedecuesta, en el año 2020, se dispusieron en el relleno sanitario 37.742 toneladas/año, que en promedio dispuso 3.145 toneladas/mes. (Municipio de Piedecuesta, 2022)

Con relación a la composición física de los residuos sólidos generados por estratos, *“se puede apreciar que los residuos orgánicos son los que predominan en la generación de residuos sólidos de todos los estratos socioeconómicos, con un total de 605,07 Kg equivalente al 45,28%”*; y así revisados los valores de las tablas del PGIRS se puede evidenciar que existen errores en la misma, generando variaciones en los resultados. De lo anterior podemos concluir que los residuos sólidos orgánicos aprovechables¹ (incluyendo orgánicos, jardinería y poda) con el 52.39%, son los que

¹ Según el Decreto No 1077 de 2015, el residuo sólido aprovechable, *“Es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso para quién lo genere, pero que es susceptible de aprovechamiento para su reincorporación a un proceso productivo”*, dentro de los cuales se incluyen

predominan en la generación de residuos sólidos de todos los estratos socioeconómicos en el municipio de Piedecuesta. De los residuos generados en el sector comercial el 30,4% son orgánicos aprovechables (generados por: micromercados, fruver, placitas, entre otros). En el sector institucional el 32,71% de los residuos generados son orgánicos aprovechables (generados por el sector público: plazas de mercado, colegios, restaurantes escolares, entre otros), y en el sector industrial el 14,79% de los residuos generados son orgánicos aprovechables.

Con relación a los puntos críticos de residuos sólidos (lugares donde se acumulan de manera inadecuada todo tipo de residuos), en el documento PGIRS, se identificaron 26 puntos críticos.

Costo de limpieza urbana por suscriptor – CLUS.

El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del municipio debe definir las condiciones básicas para realizar las actividades de limpieza urbana (CLUS), que deben reflejarse en el programa de prestación del servicio de la persona prestadora. Su importancia para el caso de estudio se basa en el lavado de áreas públicas y en la poda de árboles asociadas a emergencias.

Gestión del riesgo de desastres en el PGIRS.

La Resolución No 0754 de 2014, incluyó la gestión del riesgo de desastres en la línea base, la cual se debe formular a partir de la información real de generación de residuos. El formulador del PGIRS podrá adoptar parámetros adicionales para el análisis. El objetivo es identificar las condiciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo que incluya cuantificación de posibles daños e impactos sobre la prestación del servicio de aseo y la definición del riesgo mitigable. El documento PGIRS, presentó resultados del aspecto a evaluar en una tabla donde solo nombran las amenazas en los componentes de la prestación del servicio público de aseo, sin incluir el aprovechamiento, resaltando que identifican como amenaza operativa: ***“Fallas operacionales, hace referencia a cierre de relleno sanitario El Carrasco”***. Es

para el caso de estudio: los residuos orgánicos (45,28%), los residuos de jardinería (2,99%) y los residuos de poda (4,12%).

importante mencionar, que no incluye entre otros aspectos, el análisis específico de riesgo que considere los posibles efectos de eventos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, sobre la infraestructura expuesta y aquellos que se deriven de los daños de la misma en su área de influencia de posible afectación por la entidad, así como de su operación que puedan generar una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad. La valoración del riesgo incluye la identificación del riesgo, el análisis del riesgo y la evaluación del riesgo, concordante con el análisis y evaluación del riesgo en la Ley No 1523 de 2012, para estimar daños y pérdidas potenciales, comparables con los criterios de seguridad ya establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención mediante la reducción del riesgo o del manejo del desastre.

Asimismo en el árbol de problemas identifican dentro de los problemas principales las *“Falencias con la gestión del riesgo asociado a la problemática de los residuos sólidos, asociado a las siguientes causas: Baja innovación e implementación de proyectos relacionados a la gestión del riesgo por la problemática asociada a los Residuos Sólidos, No se cuenta actualmente con una alternativa para disposición final de los residuos sólidos diferente al Relleno Sanitario el Carrasco, Proliferación de vectores de enfermedades como insectos, roedores, entre otros, Planes de emergencia y contingencia deficientes, Poca destinación de recursos para la prevención de emergencias y mitigación del riesgo, Poca capacidad de respuesta operativa a contingencias”*, entre otras. (Municipio de Piedecuesta, 2022)

En la priorización de problemas se estableció el tiempo requerido y la importancia de su atención, como muestra la Tabla 3.

Tabla 3*Gestión del riesgo e importancia de la atención de problemas.*

No	Descripción Problema	Tiempo de atención (Años)	Importancia de la atención del problema		
			Alto	Medio	Bajo
1	No se cuenta actualmente con una alternativa para la disposición final de los residuos sólidos diferente al Relleno Sanitario el Carrasco.	9 a 12	X		
2	Planes de emergencia y contingencia deficientes.	0 a 4	X		
3	No se cuenta con una alternativa actualmente para la disposición de los residuos RCD diferente a la Escombrera Rancho Grande.	9 a 12	X		
4	Poca articulación entre los planes de emergencia y contingencia institucionales.	0 a 4	X		
5	Baja innovación e implementación de proyectos relacionados a la gestión del riesgo por la problemática asociada a los Residuos Sólidos.	9 a 12	X		
6	Poca destinación de recursos para la prevención de emergencias y mitigación del riesgo.	0 a 4	X	X	
7	Poca capacidad de respuesta operativa a contingencias.	0 a 4	X		

Fuente: Los autores, año 2022. Adaptado de la tabla de priorización de problemas y de la tabla denominada importancia de atención de problemas, del PGIRS de segunda generación del municipio de Piedecuesta, vigencia 2022.

En la Tabla 3, se identificaron los problemas y su importancia de atención. Para el problema No 1, se dio un tiempo de atención entre 9 y 12 años; tiempo que se evaluó con preocupación, teniendo en cuenta que las emergencias sanitarias declaradas en el municipio son debido al cierre del relleno sanitario El Carrasco.

Uno de los objetivos del programa de gestión del riesgo de desastres es: *“Mantener actualizado los planes de gestión de riesgo para la problemática de los residuos sólidos”*, que como resultado busca *“Actualización de un plan de gestión de riesgos”* con prioridad *“alta”*. Para el municipio de Piedecuesta, el plan de gestión del riesgo para la prestación del servicio público de aseo, no se ha elaborado, por lo cual es una meta imposible de cumplir. En los proyectos del programa, cambian de plan y se define en la fase 2 *“la formulación de un Plan de Emergencia y Contingencia para garantizar la prestación del servicio de aseo”*; siendo los planes de emergencia una herramienta de preparación para la respuesta que con base en los escenarios priorizados (identificados en el proceso de conocimiento del riesgo), que define los mecanismos de organización, coordinación, funciones, competencias, responsabilidades, así como recursos disponibles y necesarios para garantizar la atención efectiva de las emergencias que se puedan presentar y hacen parte de la estructura de los planes de gestión del riesgo.

En la ejecución de la línea base, el programa de aprovechamiento propuso aprovechar los residuos sólidos para lograr una incorporación en el ciclo productivo y alcanzar su viabilidad social, económica y financiera, de manera que se garantice su sostenibilidad en el tiempo y se reduzca su impacto ambiental. Asimismo, se evidenció que no se contempló el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, como una alternativa para la reducción en la disposición final de residuos sólidos domiciliarios; hacen énfasis en el aprovechamiento de residuos sólidos inorgánicos y establecen la actividad de reciclaje, como la principal actividad de aprovechamiento que se ejecutará en el municipio.

Con referencia al componente de gestión del riesgo de desastres, en la línea base del documento se identificaron las amenazas de origen natural, antrópica y operativas y definen que para las actividades de recolección y transporte, barrido y limpieza de zonas públicas y disposición final mediante el nivel de amenaza es alto con relación a las amenazadas definidas en la línea base. En cuanto a los programas formulados

en el PGIRS, se realizó un análisis a los programas de aprovechamiento, disposición final y gestión del riesgo, como muestra la Tabla 4:

Tabla 4

Análisis del componente de gestión integral de residuos sólidos municipales.

PGIRS 2015	Revisión del PGIRS 2016	PGIRS 2022
Aprovechamiento		
No definido en el plan.	Priorizó la reincorporación de los materiales aprovechados.	No priorizados.
Disposición final		
Estableció como meta: evaluar alternativas de sitio de disposición final para el municipio, periodo 2016-2019, con prioridad media.	No definido.	Busca realizar la fase III de la consultoría para el buen manejo en la disposición final de los residuos sólidos.
Gestión del riesgo		
No se definió claramente el componente.	No se diseñó plan de gestión del riesgo para la prestación del servicio público de aseo.	No se diseñó plan de gestión del riesgo para la prestación del servicio público de aseo por parte del municipio.
Se elaboró el PLEC (no cumple con la Resolución No 0154 de 2014). No se definen medidas para la reducción del riesgo.	No se revisó el PLEC formulado en el 2015.	Se desconoce la norma. Busca formular un plan de emergencias y contingencias.
No se diseñó plan de gestión del riesgo para la prestación del servicio público de aseo.		

Fuente: Los autores, año 2022.

En la Tabla 4 se realizó un análisis integrado de la gestión integral de residuos sólidos municipales, desde el concepto del PGIRS, siendo un *“instrumento de planificación territorial (...), basándose en un diagnóstico inicial, en su proyección hacia el futuro y en un plan financiero viable que permita garantizar el mejoramiento continuo del*

manejo de residuos sólidos y la prestación del servicio de aseo". (Artículo No. 2.3.2.2.3.87 del Decreto No 1077 de 2015 expedido por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio), los cuales no integran de manera adecuada y dinámica la gestión del riesgo de desastres, en el marco de la Ley No 1523 de 2012, definida como "*una política de desarrollo indispensable para asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos, mejorar la calidad de vida de las poblaciones y las comunidades en riesgo y, por lo tanto, está intrínsecamente asociada con la planificación del desarrollo seguro, con la gestión ambiental territorial sostenible, en todos los niveles de gobierno y la efectiva participación de la población*". Es evidente en el análisis, que no se diseñan medidas de intervención prospectiva en las que se definan especificaciones técnicas, diseños adecuados y en general todos los mecanismos que contribuyan de manera anticipada a la localización, construcción y funcionamiento seguro de la infraestructura, los bienes y la población, en relación con la prestación del servicio público de aseo. En relación con el aprovechamiento, los municipios están en la obligación de mantener actualizados, programas y proyectos sostenibles de aprovechamiento de residuos sólidos". [subrayado fuera del texto].

Estudios de amenaza por fenómenos de remoción en masa del municipio de Piedecuesta, año 2011.

Mediante la convocatoria pública CM-MP-SP-016-2010, el municipio de Piedecuesta Santander contrató la elaboración de los estudios de amenaza por fenómenos de remoción en masa del municipio de Piedecuesta. Revisado el mapa de amenaza por fenómenos de remoción en masa, se observó que los barrios que limitan con el Parque Metropolitano de la Cantera, ubicado hacia el oriente de la oeste de la cabecera municipal, se encuentran en su mayoría en amenaza baja y algunos sectores en amenaza alta: San Silvestre, Cerros del Mediterráneo y Brisas de Primavera; en el sector oriental de la cabecera municipal los barrios La Colina, Cabecera del Llano, y algunos sectores del barrio San Carlos, se encuentran en amenaza media; El barrio El Mirador, la vía nacional 45A desde el sector de Los Troncos hasta el Colegio Normal Superior, sectores de los barrios: San Cristóbal (donde se presentó la emergencia del 2011, afectando 11 viviendas), San Marcos,

San Carlos, los sectores donde actualmente se crearon los asentamientos humanos de: San Juan, Granadillo, Ciudad Perdida y San Pedro, se encuentran en zona de amenaza alta. Asimismo, el documento plan de emergencia y contingencia para el sistema de aseo de la empresa Piedecuestana de Servicios Públicos, por la amenaza del o los eventos de fenómeno de remoción en masa, se consideró los posibles efectos (daños): *“a) destrucción total o parcial de los componentes del sistema; b) taponamiento de rutas de recolección por acumulación de materiales como lodo y piedras. Por lo anterior los diseños de las rutas de recolección del servicio público de aseo están condicionadas al ordenamiento territorial y a la gestión del riesgo de desastres, que permita diseñar estrategias de conocimiento y reducción del riesgo, para garantizar la continuidad del servicio”*. (Municipio de Piedecuesta, 2021)

Estudios para la identificación y zonificación de la amenaza y riesgo en áreas rurales y de expansión urbana por movimiento en masa, inundaciones y avenida torrenciales a incorporarse en el PBOT del municipio de Piedecuesta, Santander, año 2017.

El estudio realizó la evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo para fenómenos de movimiento en masa, avenidas torrenciales e incendios forestales de las áreas rurales y áreas de expansión urbana del municipio Piedecuesta. Para los eventos de remoción en masa, recopiló información sobre hidrología superficial, climatología, morfometría, escorrentía superficial, geología, geomorfología, e incluyó el análisis de elementos detonantes, de amenaza y de exposición, con los cuales el municipio determinará los niveles de riesgo existentes en las diferentes áreas rurales del municipio. En cuanto a los fenómenos relacionados con avenidas torrenciales, se suministró información relacionada con las características torrenciales del municipio, el índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales de las subcuencas del municipio, se realizó una evaluación de amenaza, la metodología usada, la evaluación de la susceptibilidad, la amenaza y se realiza un análisis específico de la vulnerabilidad en la cual se establecen los índices de pérdida y fragilidad, la fragilidad ecosistémica, fragilidad total y la resiliencia; y a partir de la información obtenida se realiza la evaluación del riesgo al que está sometido el municipio en lo referente a avenidas torrenciales.

En la formulación del Plan de Ordenamiento Territorial de segunda generación del año 2022, presentó un mapa denominado: Área potencial propuesta para la localización del relleno sanitario, ubicado en la vereda Monterredondo, sector Los Mangos. Una vez revisado el mapa de Amenaza Total por Movimientos en Masa, el área de influencia se encuentra en amenaza media, considerada como una zona de moderada restricción y sensibilización, cabe, mencionar su cercanía con el río de Oro, el impacto que podría tener sobre la quebrada Los Mangos y el caño La Magdalena; así mismo su larga distancia desde el casco urbano hasta su ubicación, debido a las condiciones actuales de la vía. El mapa de amenaza por avenidas torrenciales muestra un comportamiento de torrencialidad en la mayoría de las fuentes hídricas del municipio. Asimismo, una vez revisado el mapa de amenaza por incendios forestales, se puede identificar como una zona de amenaza alta debido a su cobertura altamente susceptible a la ocurrencia de incendios por su alta capacidad pirogénica, duración de combustible y carga de combustible.

Estado de emergencia o alerta roja en el relleno sanitario de Doña Juana y en la zona del río Tunjuelito.

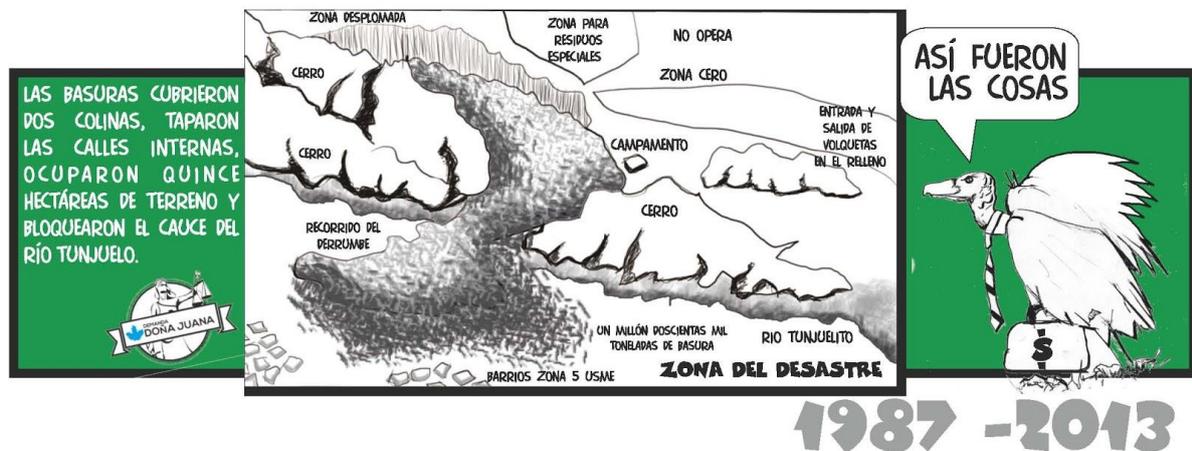
“El 26 de septiembre de 1997 se presentó un asentamiento con la aparición asociada de fisuras en la parte alta del talud exterior de la Zona II del relleno que no indicaba, inicialmente, mayor gravedad. La basura empezó a deslizarse hacia el nororiente, hasta llegar a la estación de bombeo donde encontró como obstáculo un cerro natural que la desvió más hacia el oriente encañonándola por la base de la cuchilla, hacia el costado sur del campamento donde existía una vía de acceso; por esta cañada bajaron los residuos hasta llegar al río Tunjuelito, donde lo obstruyeron: Los desechos sólidos fluyeron por la ladera, como un líquido viscoso en dirección oeste hasta el valle del río Tunjuelito”. (Ver Imagen 2) (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2006)

“Se considera que entre 750.000 toneladas a 1.000.000 de toneladas se movieron durante el evento; las basuras fluyeron en una distancia de 1200m hacia abajo, desde la pata original de la Zona II. El flujo se detuvo cuando los desechos sólidos llegaron al área plana del valle del río, bloqueando su caudal” (ver Imagen 2).

Imagen 2

Historieta relleno Doña Juana.

RELLENO DOÑA JUANA



Fuente: A media cuadra, prensa alternativa, año 2013.

<http://amediacuadra8.blogspot.com/2013/02/historieta-relleno-dona-juana-1988-2013.html>

“Otros efectos del movimiento, fueron: La formación de piscinas de lixiviados en el área correspondiente al flujo; la obstrucción de la vía de acceso; el represamiento del río Tunjuelito, la interrupción en el servicio de disposición final; una emergencia sanitaria y problemas de orden público” (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2006)

En el libro *El río Tunjuelo en la historia de Bogotá 1900-1990*, se reconocen las situaciones asociadas a las emergencias históricas de la ciudad: “Bogotá vio en la década de 1980 la repetición de ciertos problemas ambientales que se habían presentado a comienzos del siglo: veranos fuertes que afectaron la provisión de agua, una similar situación sanitaria fruto del exceso de basura. También se volvieron a presentar la promesa de solucionar el problema del agua de una urgente necesidad de ampliar el espacio de la ciudad”. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2006)

Con la expedición del Decreto No 953 de 1997, la Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., declaró el Estado de Emergencia o Alerta Roja en el relleno sanitario de Doña Juana y en la Zona del Río Tunjuelito afectada por la avalancha de basuras del día 27 de septiembre de 1997.

En el Decreto, no se establecieron consideraciones legales, sociales y ambientales en relación con la declaración de la emergencia, no se tenía clara certeza entre una emergencia² y una alerta³, y no se estableció un plan de acción para la atención de esta.

Con la expedición de la Resolución No 902 de 1997, la Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., se interpretó unilateralmente el contrato de concesión para la operación técnica, administrativa y mantenimiento del relleno sanitario de Doña Juana, por lo cual el concesionario debía realizar los trabajos, labores y acciones para resolver las fallas causadas en momentos de contingencia y por tanto, asumir el valor de los trabajos, labores y acciones que se hayan realizado o se realicen por el Distrito Capital. La Resolución definió las *“medidas inmediatas para la atención de la emergencia:*

1. *Apertura de la Zona IV o de Emergencia al servicio; fue así como solo se dejó de recibir basura, durante aproximadamente 6 horas.*
2. *Declaración de la Alerta Amarilla en los hospitales de los barrios aledaños a la zona del deslizamiento por parte de la Secretaría de Salud del Distrito.*
3. *Información a la ciudadanía por parte del Alcalde Mayor de la ciudad a través de una rueda de prensa.*
4. *Control de la situación de orden ciudadano por parte de la Policía Nacional.*
5. *Construcción de un canal con capacidad de 50 m³/s para desviar el río Tunjuelito y de un dique para aislar la basura y el deslizamiento, del nuevo canal, por parte de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y la Secretaría de Obras Públicas del Distrito.*
6. *Declaración por parte del Alcalde de Bogotá, a través del Decreto 953, del Estado de Emergencia o Alerta Roja en el Relleno Sanitario Doña Juana y en la zona del río Tunjuelito afectada por el deslizamiento de basura.*

² Emergencia: Situación caracterizada por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento u operación de una comunidad, causada por un evento adverso o por la inminencia del mismo, que obliga a una reacción inmediata y que requiere la respuesta de las instituciones del Estado, los medios de comunicación y de la comunidad en general, Ley No 1523 de 2012.

³ Alerta: Estado que se declara con anterioridad a la manifestación de un evento peligroso, con base en el monitoreo del comportamiento del respectivo fenómeno, con el fin de que las entidades y la población involucrada activen procedimientos de acción previamente establecidos, Ley No 1523 de 2012.

7. *Establecimiento de una estructura de administración y responsabilidades sobre la emergencia a través del Decreto 954, con el fin de atender la Alerta Roja en el Relleno Sanitario y la zona afectada del río Tunjuelito, además para la asignación de partidas presupuestales para atender la emergencia.*
8. *Establecimiento de la Unidad de Mando Unificado para coordinar la respuesta.*
9. *Contratación de mano de obra calificada para el control de efectos ambientales asociados.*
10. *Conformación de un equipo técnico asesor para el manejo de la emergencia por parte de la empresa operadora del relleno sanitario.*
11. *Contratación de firmas particulares para asesorar a la empresa operadora en el manejo de la emergencia lo mismo que para la instrumentación por medio de tecnología apropiada como piezómetros, inclinómetros y equipos para medir movimientos de superficie.*
12. *Conformación por parte de la Alcaldía de Bogotá, de un Comité Técnico, para asesorar el manejo del problema, integrado por el DAMA, la Empresa de Acueducto, las Secretarías de Salud y de Obras Públicas, la Unidad de Servicios Especiales de la Alcaldía, la Policía y los Alcaldes locales del área".*
(Alcaldía MAyor de Bogotá, 1997)

Es así como se puede definir que los desastres socio naturales tienen síntomas que ponen en manifiesto la existencia de alteraciones ambientales, que deberían activar una alarma en la institucionalidad. Una vez se manifiestan los eventos, van acompañados de pérdidas e impactos a las personas, a los equipamientos y al ambiente.

Sismo de 1999: terremoto del eje cafetero, incidencia sobre el sistema de aseo.

“El 25 de enero de 1999, en el Eje Cafetero de Colombia ocurrió un sismo que afectó 29 localidades de los departamentos de Quindío, Risaralda, Caldas, Tolima y Valle del Cauca, dejando un saldo de más de 1.000 muertos, 4.000 heridos y 250.000

damnificados; 20.000 viviendas destruidas y 60.000 averiadas, entre otros efectos, (Imagen 3).

Imagen 3

Destrucción de viviendas y generación de escombros.



Fuente: El día en el que rugió la tierra y un barrio completo se vino abajo

<https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/terremoto-de-armenia-historia-de-dos-hermanas-que-nunca-abandonaron-la-zona-devastada-por-el-sismo-317298>

Efectos de evento sobre el sistema de aseo y la prestación del servicio en el municipio de Armenia.

Con respecto a las alteraciones en el sistema de aseo se presentaron las siguientes situaciones:

- *Inadecuada presentación de los residuos.*
- *Clausura de vías de acceso al relleno sanitario.*
- *Se triplicó el volumen de generación de residuos.*
- *Residuos de tipo doméstico mezclados con escombros.*
- *Insuficiencia de personal para la recolección de residuos y escombros.*
- *En muchas ocasiones había que disponer camiones al servicio del municipio para el desplazamiento de cadáveres y otras actividades ajenas al aseo.*

Como dato de relevancia y dimensionando el evento en términos de residuos, el volumen total de escombros generados por el proceso de demolición después del

terremoto fue de 3.000.000 m³ y se proyectó una generación adicional de 900.000 m³ en el proceso de reconstrucción de viviendas y en el desarrollo de otros proyectos. De los tres millones de metros cúbicos (3.000.000 m³), el 65% (equivalentes a 1.930.000 m³) se originaron en Armenia; el 13% (aproximadamente 400.000 m³) en Pereira; 10% entre Calarcá y La Tebaida (con más de 100.000 m³ cada uno); el 7% fue generado por los siete municipios de Circasia, Quimbaya, Córdoba, Pijao, Caicedonia, Sevilla, Dosquebradas y Cajamarca (con un volumen de entre 10.000 y 60.000 m³ cada uno). El 5% restante lo produjeron Salento y Filandia, Buenavista, Génova, Alcalá, Argelia, Bolívar, La Victoria, Obando, Ulloa y Roncesvalles.

A un mes de la emergencia, se recolectaron y dispusieron 12.600 toneladas de residuos. Se pasó de recolectar y disponer 160 toneladas diarias a 420 toneladas por día en promedio.

Del volumen total de escombros, se removió rápidamente el 53% (aproximadamente 1.600.000 m³), éste se encontraba en escombreras (muchas no adecuadas técnica ni ambientalmente), orillas de ríos y quebradas, montículos en vías y espacio público, mientras que otro porcentaje fue reutilizado espontáneamente por la comunidad. El 47% (aproximadamente, 1.400.000 m³) se removió progresivamente, mediante un programa desarrollado específicamente para tal fin.

Medidas de emergencia para restablecer la prestación del servicio en el municipio de Armenia.

1. Se rediseñaron las rutas de recolección de residuos dando prioridad a la atención diaria de albergues inducidos y espontáneos, antes que a zonas comerciales y galerías.
2. Se diseñó una ruta especial de residuos hospitalarios con recolección diaria y se acondicionó una celda exclusiva para este tipo de desechos en el relleno sanitario.
3. Se realizaron programas interinstitucionales (Empresas Públicas de Armenia, CRQ, Universidad del Quindío, Contraloría Municipal), con el objetivo de desarrollar campañas educativas en albergues temporales sobre el manejo de residuos y el uso racional del agua.

4. *Se utilizaron 14 camiones, 10 compactadores y 4 de tolva abierta y, además, se contó con equipos de recolección de otras empresas. Se utilizaron contenedores en puntos como mercados y albergues temporales.*
5. *La disposición final se realizó en el relleno sanitario de las Empresas Públicas de Armenia, y se habilitaron en coordinación con la CRQ cerca de 40 puntos para la acumulación temporal de escombros. Adicionalmente, se identificaron más de 120 botaderos clandestinos dispersos por la ciudad. Se agotó la vida útil del relleno.*
6. *Para la recuperación de puntos de disposición inadecuada de escombros se plantearon las siguientes actividades: Remoción y disposición del material; desarrollo de obras geotécnicas como la construcción de muros de contención, cunetas perimetrales para aguas de lluvia, canalización de aguas superficiales, localización de filtros y arreglo de taludes; construcción y modificación de redes de alcantarillado y levantamiento de cámaras; desarrollo de procesos de compactación y recubrimiento final con suelo orgánico para forestación; desarrollo programas de reforestación; definición de obras, cantidades y costos aproximados para cada lugar.*
7. *Se desarrolló un programa de reciclaje y reúso de los escombros que implicó la recuperación de material útil en cada etapa del proceso. La recuperación de materiales se desarrolló en la fuente, en puntos de almacenamiento temporal y en escombreras”. (Borrero, 2019)*

Emergencia por cierre del botadero de Mondoñedo, Cundinamarca, octubre 3/2005.

“A continuación, se describe una situación de emergencia para algunos municipios cercanos a Santa Fe de Bogotá, como consecuencia de la imposición del cumplimiento de la ley que obliga al cierre de botaderos a cielo abierto a partir del 2 de octubre del año 2005. En el periódico El Tiempo del día 3 de octubre de 2005, se describió la situación, la cual fue retomada en este aparte.

Descripción de la situación de emergencia.

En cumplimiento de la resolución 1390 del 2005 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) que ordenó el cierre de los basureros a cielo abierto

en el país, desde el 2 de octubre de 2005, todos los carros que llegaron después de las 6:00 a.m. al botadero de Mondoñedo tuvieron que parquarse a un lado de la carretera a Mosquera, a la espera de que les abrieran el basurero. Al mediodía, más de 30 camiones, volquetas y compactadoras seguían esperando ese ingreso, cargados con unas 400 toneladas de basura, de las casi 800 que llegan a Mondoñedo a diario.

Solución de la contingencia.

Ante la imposibilidad de dejar los residuos en Mondoñedo, siguió el revuelo de alcaldes municipales y empresas de aseo. Los municipios cercanos a Bogotá empezaron a buscar a la Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos (UESP) para llevar los desechos al relleno sanitario Doña Juana. Al final de la tarde, 19 municipios habían firmado convenios para tal fin: Ubaté, Soacha, Tausa, Sutatausa, Susa, Simijacá, Lenguaque, Guachetá, Fúquene, Carmen de Carupa, Albán, Villeta, El Colegio, La Mesa, Facatativá, Cajicá, Zipaquirá, Sibaté y Guayabal de Síquima.

Consecuencias de la situación sobre el servicio.

Con el cierre del botadero, se afectan los municipios que ahora tienen que mirar qué hacen con su basura; la preocupación de municipios y gerentes de empresas de aseo radica en que la disposición de basuras en Doña Juana aumentará los costos del servicio, ya que ir a Doña Juana implica pasar de pagar 4.200 pesos por tonelada, a 15.056 pesos.

Restricciones de la solución.

De acuerdo con el Gerente de la UESP, "Los convenios firmados con 19 municipios son para llevar basuras a Doña Juana por cuatro meses. Las normas nos obligan a recibirlas y solo se permitirán llevar allí hasta un máximo de 600 toneladas. Ni una más. Eso no afectará la capacidad del relleno que solo acorta su vida útil en 15 días". Además, el MAVDT advirtió que el cierre de los botaderos a cielo abierto se mantendrá y la CAR informó que continuará con los controles día y noche en Mondoñedo". (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2006)

Caracterización del escenario de riesgo asociado a la emergencia sanitaria.

Para la caracterización del escenario de riesgo, asociado a la emergencia sanitaria por el cierre del relleno sanitario El Carrasco, se tomó como marco referencial la Ley No 1523 de 2012, *“Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de gestión del riesgo de desastres y se dictan otras disposiciones”*, expedida por el Congreso de la República; el Decreto No 2157 de 2017, *“por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley No 1523 de 2012”*; la *“Guía Técnica que facilita la implementación de los planes de gestión de riesgo de desastres de entidades públicas y privadas PGRDEPP”*, expedida por la Sociedad Nacional de la Cruz Roja Colombiana - CRC y la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD; La *“Herramienta metodológica para la formulación de programas de gestión del riesgo de desastres en los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo”*, expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio - MVCT y la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD; la norma técnica colombiana *“NTC-ISO 31000 Gestión del Riesgo, principios y directrices”*, expedida por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - ICONTEC, Así mismo se consultarán manuales y guías técnicas que permitan dar una visión integral de la gestión del riesgo de desastres en la prestación del servicio público de aseo.

En el marco de la Ley No 1523 de 2012, el artículo 42, en relación con los análisis específicos del riesgo, dicta: *“Todas las entidades públicas o privadas encargadas de la prestación de servicios públicos (...), deberán realizar un análisis específico de riesgo que considere los posibles efectos de eventos naturales sobre la infraestructura expuesta y aquellos que se deriven de los daños de esta en su área de influencia, así como los que se deriven de su operación. Con base en este análisis diseñarán e implementarán las medidas de reducción del riesgo y planes de emergencia y contingencia que serán de su obligatorio cumplimiento”*.

Descripción general del servicio público de aseo en el municipio.

“En el Municipio de Piedecuesta para la prestación del servicio público domiciliario de aseo se tiene un esquema municipal, con la presencia de siete (7) prestadores del

servicio para las actividades de recolección, transporte, barrido y limpieza de vías y áreas públicas. La Disposición final se realiza bajo el esquema regional disponiendo los residuos sólidos en el Relleno Sanitario El Carrasco” (Municipio de Piedecuesta, 2022), con un total de 50.592 usuarios, de los cuales el 73,7%, están suscritos a la empresa Piedecuestana de Servicios Públicos S.A.E.S.P., el 13,3% a la empresa Limpieza Urbana S.A.E.S.P, y el otro 12,9% a las otras 5 empresas que prestan sus servicios en el área de influencia, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5

No. de empresas y usuarios afiliados al servicio público de aseo.

<i>Empresa</i>	<i>No. de usuarios suscritos</i>	<i>Participación (%)</i>
<i>Piedecuestana de Servicios Públicos S.A.E.S.P.</i>	<i>37.310</i>	<i>73,7</i>
<i>Limpieza Urbana S.A.E.S.P.</i>	<i>6.712</i>	<i>13,3</i>
<i>Veolia Aseo Santander y Cesar S.A.E.S.P.</i>	<i>3.523</i>	<i>7,0</i>
<i>Ruitoque E.S.P.</i>	<i>1.575</i>	<i>3,1</i>
<i>Empresa de Aseo de Santander S.A.E.S.P.</i>	<i>982</i>	<i>1,9</i>
<i>Empresa de Servicios Públicos La Fuente</i>	<i>321</i>	<i>0,6</i>
<i>Metro Limpia S.A.E.S.P.</i>	<i>169</i>	<i>0,3</i>
TOTAL	50.592	100

Fuente: Los autores, año 2022. Adaptado de la tabla usuarios y participación de la empresa. PGIRS de segunda generación municipio de Piedecuesta, vigencia 2022.

Con relación a la estratificación, que clasifica los inmuebles residenciales por estratos, en términos de sus características físicas y del entorno tomando en cuenta su ubicación en el territorio y su clasificación con relación al servicio público de aseo, no se cuenta con la información.

Subsidios y aportes solidarios.

Mediante Acuerdo Municipal No 018 del 21 de febrero de 2022, el Concejo Municipal, estableció los factores de subsidios y aportes solidarios, para el servicio público de

aseo. El artículo primero estableció los factores de subsidio (estrato 1-3), y el artículo segundo del mismo acuerdo, estableció los factores de acuerdo solidario (estrato 5 y 6, comercial e industrial), a las tarifas en el periodo 2022-2026, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6

Subsidios y aportes solidarios.

Servicio Público	Factor de subsidio			Factor de Aporte Solidario			
	Estrato 1 (%)	Estrato 2 (%)	Estrato 3 (%)	Estrato 5 (%)	Estrato 6 (%)	Comercial	Industrial
Aseo (Sobre el servicio)	51	18,75	15	50	60	50	30

Fuente: Los autores, año 2022. Adaptado del Acuerdo Municipal No 018 del 21 de febrero de 2022.

Costo de limpieza urbana por suscriptor – CLUS.

El costo de limpieza urbana por suscriptor corresponde a la suma del costo mensual de poda de árboles (corte de ramas de los árboles, ubicado en áreas públicas sin restricciones de acceso), corte de césped, lavado de áreas públicas (actividad de remoción de residuos sólidos en áreas públicas, mediante el empleo de agua a presión), limpieza de playas y de instalación de cestas dentro del perímetro urbano. Para el caso de estudio, su importancia radica en la toma de acciones para la prevención del riesgo y que a su vez el CLUS, depende de las condiciones básicas definidas en el PGIRS. Según la Circular No 01 de 2017, de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - SSPD, de no estar definidas las condiciones básicas, *“la persona prestadora del servicio público de aseo no podrá prestar dichas actividades, y por tanto tampoco podrá cobrarlas vía tarifa a los suscriptores de conformidad con lo establecido en el artículo 148 de la Ley 142 de 1994. En este caso, el ente territorial como garante de la prestación de los servicios públicos deberá establecer los mecanismos para que las actividades de limpieza urbana se presten en el municipio por fuera del servicio público de aseo. En el caso en que el ente territorial establezca otras actividades diferentes a las consignadas en el PGIRS que garanticen la limpieza de sus municipios, éste deberá cubrir el costo de la realización de dichas actividades con recursos propios”.* [Subrayado fuera de texto]

Generación y aprovechamiento de residuos sólidos.

Según la información reportada en el informe final de la caracterización de los residuos sólidos generados del municipio de Piedecuesta año 2021, el Municipio de Piedecuesta Santander cuenta con el servicio de aseo público desde tiempo atrás, cuando era administrado por los operarios de la misma Alcaldía municipal y desde hace aproximadamente 27 años empezó a disponer los residuos generados en el relleno sanitario “El Carrasco”, mostrando desde ese momento mejoras paulatinas de las condiciones de saneamientos básico y medio ambiente.

“Actualmente existe un censo de seis (6) empresas recicladoras y de aprovechamiento que reportan mediante el Sistema Único de Información - SUI, de la Superintendencia de Servicios Públicos, la información relevante sobre su constitución, administración y operación. Según la Caracterización de Aprovechamiento de residuos, para el año 2020, se reportaron 1.479,7 toneladas de material aprovechable frente a 37.742,37 toneladas dispuestas para el municipio de Piedecuesta; que representaría aproximadamente el 4% del total producido.

Los residuos sólidos municipales, son dispuestos en el Relleno Sanitario El Carrasco, administrado por la Empresa de Aseo de Bucaramanga – EMAB. Piedecuesta en promedio dispone 3.145,2 toneladas por mes”. (Municipio de Piedecuesta , 2021)

Identificación de los escenarios de riesgo de desastres.

Es importante definir que, según la terminología sobre gestión del riesgo de desastres y fenómenos amenazantes, *“un escenario de riesgo está representado por fragmentos o campos delimitados de las condiciones de riesgo del territorio presentes o futuras, que facilitan tanto la comprensión y priorización de los problemas como la formulación y ejecución de las acciones de intervención requeridas. Un escenario de riesgo se representa por medio de la caracterización, que busca conocer de manera general, las condiciones de riesgo de un territorio, enfatizando en sus causas y actores e identificando los principales factores influyentes, los daños y pérdidas que pueden presentarse, y todas las medidas posibles que podrían aplicarse para su manejo.*

Para identificar los escenarios de riesgo, se deberá definir una serie de criterios (frecuencia y magnitud), con suficientes elementos para poder, de manera objetiva e independiente, valorar cuáles de los mismos tienen mayor impacto en el desarrollo del territorio. Lo anterior, implica identificar los riesgos cuya frecuencia e impacto de ocurrencia son más visibles y además analizarlos en función de su nivel de incidencia en otras problemáticas”. (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD, 2021)

Para estructurar la construcción del escenario de riesgo, es fundamental definir los componentes que conforman el riesgo, estos son: amenaza y vulnerabilidad:

“Amenaza: Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

Vulnerabilidad: Se considera como la susceptibilidad o predisposición que presentan los diferentes componentes del sistema de acueducto, alcantarillado y aseo, frente a las amenazas que los afectan y su capacidad de sobreponerse al impacto de un evento peligroso”. (Congreso de Colombia, 2012)

En ese orden de ideas, se identificaron los escenarios de riesgo por actividades económicas, sociales y tipos de elementos expuestos y los fenómenos amenazantes en el marco de la prestación del servicio público de aseo, por medio de un análisis heurístico, el cual se basó en la opinión de los expertos para identificar los valores de la Tabla 7.

Tabla 7

Identificación de escenarios de riesgo de desastres.

NO	CRITERIOS DE ESCENARIO	FENÓMENO AMENAZANTE
ESCENARIO DE RIESGO DE DESASTRES POR ACTIVIDADES ECONÓMICAS		
A1	Escenarios asociados a las emergencias sanitarias	

Riesgo asociado a la prestación del servicio público de aseo.	<p>Riesgo por:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Generación de vectores b) Generación de olores ofensivos c) Contaminación de los recursos naturales d) Acumulación de residuos sólidos. e) Generación de nuevos puntos críticos. f) Aumento de costos en la prestación del servicio público de aseo. g) Prestación ineficiente del servicio. h) Disposición de residuos de rechazo. 	<p>Asociados con fenómenos de origen natural: Amenaza biológica.</p> <p>Asociados con fenómenos de origen socio-natural: - Contaminación de los recursos naturales. - Epidemia</p>
---	--	--

ESCENARIO DE RIESGO DE DESASTRES POR ACTIVIDADES SOCIALES

A2 Escenarios asociados a la prestación del servicio público de aseo

Riesgo asociado a la prestación del servicio público de aseo.	<p>Riesgo por:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Orden público b) Crisis social por alimentos c) Invasión del espacio público d) Aumento de la pobreza monetaria 	<p>Asociados con fenómenos de origen antrópico: Amenaza antrópica</p>
---	--	---

ESCENARIO DE RIESGO DE DESASTRES ASOCIADOS AL TIPO DE ELEMENTOS EXPUESTOS

A3 Escenarios asociados a la infraestructura de los servicios públicos

Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> a) Relleno sanitario para la disposición de residuos sólidos. b) Sedes administrativas de las empresas prestadoras del servicio público de aseo. 	<p>Asociados con fenómenos de origen antrópico: - Amenaza antrópica - Aglomeración de público - Quemadas - Amenazas concatenadas</p>
-----------------	---	--

A4 Escenarios asociados a la infraestructura social

Equipamientos	<ul style="list-style-type: none"> a) Palacio municipal y sedes 	Asociados con
---------------	--	---------------

administrativas	fenómenos de origen antrópico:
b) Hospital, clínicas y centros de salud.	-Amenaza antrópica
c) Plazas de mercado públicas.	- Aglomeración de público
d) Establecimientos penitenciarios.	- Quemaz
	- Amenazaz concatenadas

Fuente: Los autores, año 2022.

Priorización de escenarios de riesgo.

Se prioriza el escenario de riesgo por actividades económicas (ver Tabla 8): **Escenarios asociados a las emergencias sanitarias - Riesgo asociado a la prestación del servicio público de aseo**; escenario que se ha materializado con mayor frecuencia en el municipio, influyendo en la prestación del servicio público de aseo en el Área Metropolitana de Bucaramanga, y algunos municipios cercanos, para un total de 16 municipios, sin alternativa de disposición final (ver Tabla 8).

Tabla 8

Priorización de escenarios de riesgo.

Criterios de escenario	Fenómeno amenazante
<p>Riesgo de desastres asociado a la prestación del servicio público de aseo</p> <p>Riesgo por:</p> <ul style="list-style-type: none"> i) Generación de vectores. j) Generación de olores ofensivos. k) Contaminación de los recursos naturales. l) Acumulación de residuos sólidos. m) Generación de nuevos puntos críticos. n) Aumento de costos en la prestación del servicio público de aseo. o) Prestación ineficiente del servicio. p) Disposición de residuos de rechazo. 	<p>Asociados con fenómenos de origen natural: Amenaza biológica.</p> <p>Asociados con fenómenos de origen socio-natural: - Contaminación de los recursos naturales.</p>

Fuente: Los autores, año 2022.

Caracterización de los escenarios de riesgo de desastres.

Identificación de antecedentes históricos.

Los antecedentes históricos de los escenarios asociados a la emergencia sanitaria se encuentran descritos en el capítulo ESTADO DEL ARTE, título Marco Histórico, del documento.

Caracterización de la amenaza.

Luego de identificar los antecedentes históricos de los escenarios de riesgo priorizados, se procedió a realizar la caracterización de las amenazas, de acuerdo a los fenómenos amenazantes (Tabla 8).

Caracterización de la amenaza asociada con fenómenos de origen natural.

Amenaza biológica.

La frecuencia de recolección de residuos sólidos estaba establecida por el RAS 2000, según la complejidad del servicio; con la expedición del Decreto No 1077 de 2015, la frecuencia de recolección depende del tipo de residuos así: para residuos no aprovechables es de dos (2) veces por semana y el Decreto No 596 de 2016 establece que *“en el caso de las fracciones de residuos sólidos orgánicos biodegradables, el almacenamiento temporal no puede superar las cuarenta y ocho (48) horas”*.

Así las cosas y con relación al almacenamiento, se observó que los usuarios del servicio presentan los residuos sólidos domiciliarios en contenedores, canecas plásticas, baldes y bolsas plásticas, tres (3) veces por semana (Piedecuesta), lo cual se entendería generalmente, como un día recolección y almacenamiento por el usuario (en la vivienda o establecimiento), para ser presentados a la empresa recolectora.

Por lo anterior es importante mencionar que, los residuos sólidos orgánicos se caracterizan por poseer elementos o sustancias biodegradables, que por descomposición natural generan: presencia y proliferación de moscas, cucarachas,

roedores; emisiones producto de la descomposición definidos en la literatura, algunos causantes de olores nauseabundos; contaminación del suelo y lixiviados; contaminación de alimentos por patógenos o parásitos; exposición de los trabajadores a microorganismos y a altas temperaturas; así mismo dependiendo de las condiciones físicas, se genera el biogás (mezcla de CO₂, hidrógeno, metano, sulfuro de hidrógeno y trazas de otros elementos) como producto principal de la digestión anaerobia.

Fotografía 1

Puntos críticos sanitarios de la emergencia sanitaria, mayo de 2022.



Fuente: Los autores, año 2022.

La emergencia sanitaria a nivel local, frecuentemente se ha decretado por el cierre del relleno sanitario El Carrasco, el cual ha permanecido cerrado entre 15 y 30 días por cada emergencia, dejando sin alternativas a las empresas prestadoras del servicio; para lo cual la ejecución de la respuesta inicia con la recolección de los residuos sólidos en vehículos compactadores, hasta su máxima capacidad y se resguardan cargados en parqueaderos. Cuando se supera la capacidad de los vehículos (pasados dos días de cierre del relleno sanitario) (los vehículos normalmente realizan dos viajes al relleno sanitario por día) los residuos sólidos permanecen en las esquinas y aceras, cuartos de aseo y puntos críticos sanitarios del municipio (26 puntos críticos identificados en el PGIRS). Es importante resaltar, que al no estar definido el CLUS en el PGIRS, el cual reglamenta el acuerdo de lavado de áreas públicas, no se podría realizar la intervención de los puntos críticos de interés sanitario por parte de las empresas prestadoras del servicio público de aseo. Cerca de 100 zonas entre barrios, sectores, asentamientos humanos y otros, llegaron a

presentar cerca de 10 puntos críticos por zona en la emergencia sanitaria, como se muestra en la Fotografía 1.

Generación de lixiviados

En la Imagen 4, se puede observar la caracterización urbanística realizada a un sector del barrio La Cantera, del municipio. Las zonas rosadas representan viviendas multifamiliares (4 familias), las zonas azules viviendas bifamiliares, las zonas grises vivienda unifamiliares y las zonas moradas usuarios comerciales. Los puntos rojos identifican las zonas de acopio en la prestación del servicio de aseo. Este barrio hace parte del casco antiguo, en el cual se identificaron 190 viviendas.

Tomando como valor de producción per cápita 0.64 Kg/hab-día; y un número de 3,5 personas por vivienda (DANE), (2,2 Kg/vivienda-día), una vivienda en promedio generaría semanalmente 15 Kg de residuos sólidos domiciliarios, lo equivalente a una bolsa negra de supermercado. Así las cosas, en una semana podrían acumularse cerca de 200 bolsas negras de supermercado en los seis (6) puntos de acopio o montones de recolección que se dan en la prestación normal del servicio público de aseo. Esos puntos podrían ser, los puntos críticos sanitarios durante la emergencia sanitaria.

Imagen 4

Mapa de puntos críticos sanitarios en un barrio de Piedecuesta.



Fuente: Los autores, año 2022.

Asimismo, con relación a la generación de lixiviados, físicamente la capacidad de campo de los residuos sólidos se define como el contenido de humedad que puede ser retenida por una muestra de residuo, sometida a la acción de la gravedad. Este parámetro es de importancia crítica para determinar la producción de lixiviados, ya que el exceso de agua sobre la capacidad de campo se emite en forma de lixiviación. Según el informe final de la caracterización de los residuos sólidos del Municipio de Piedecuesta año 2021, la capacidad de campo de los residuos sólidos es del 40%, y según los estudios realizados por la empresa Sólido S.A.S., para el tratamiento de residuos orgánicos, en el cual se analizaron muestras de residuos sólidos domiciliarios, en recipientes plásticos con doble fondo (capacidad de 20 litros) para la separación de lixiviados, se encontró que, en 7 días de almacenamiento de los residuos en una vivienda, por cada 20 kg de residuos, se generaban en promedio 750 ml de lixiviados, como se muestra en la Fotografía 2.

Fotografía 2

Generación de lixiviados en residuos sólidos domiciliarios.



Fuente: Sólido S.A.S., año 2021.

En la imagen se puede observar el proceso de generación de lixiviados, así las cosas, se pudo concluir que por cada 200 bolsas negras de supermercado (15 kg cada una), se pueden generar cerca de 110 litros de lixiviados, en los seis (6) puntos de acopio

o montones de recolección después de una semana de declarada la emergencia sanitaria (caracterización urbanística realizada a un sector del barrio La Cantera).

Generación de vectores

Según “Fernando José Mantilla McCormick, médico Epidemiólogo y docente en Salud Pública de la UDES señaló que el amontonamiento de los desechos contribuye a la aparición de plagas como roedores, cucarachas, moscas y mosquitos, entre otros, que pueden propagar enfermedades. Se pueden desencadenar enfermedades gastrointestinales como diarreas (bacterianas y virales) o parasitarias, relacionadas con el agua. Enfermedades relacionadas con vectores causadas por mosquitos como el Dengue, Zika o Chikunguña y las transmitidas por roedores como La Peste o la Leptospirosis.

Sumado a ello también se pueden presentar enfermedades respiratorias, bacterianas y virales como las neumonías y enfermedades de la piel como infecciones cutáneas, de mucosas y de la sangre, debidas al contacto directo con los desechos y a partir de heridas infectadas o infecciones oculares y respiratorias secundarias a la exposición a polvos infectados.

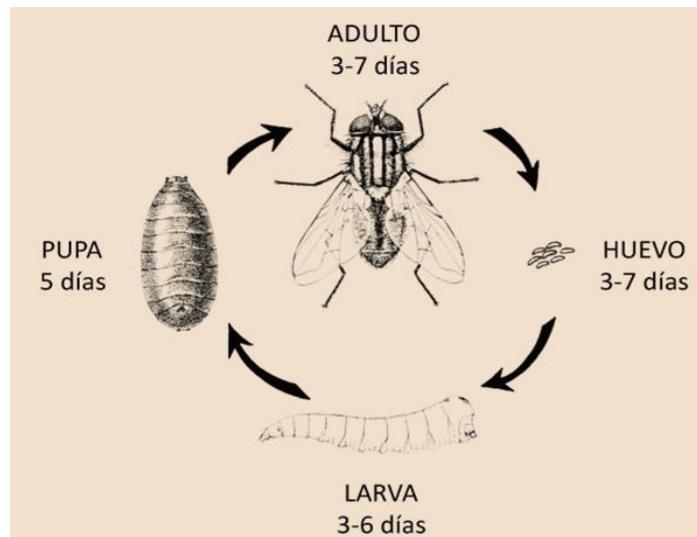
Toda la población estaría en riesgo, sin embargo, los niños y adultos por lo general son más susceptibles a las enfermedades. Estamos en una época de cuidado debido a la pandemia, que ha generado otro tipo de desechos dentro de nuestro hogar, los cuales deben ser adecuadamente dispuestos. Tapabocas, guantes, implementos de terapias respiratorias, agujas, jeringas, etc, que se usan en personas que están contagiadas y reciben atención en casa, también son hoy en día un foco de transmisión no solo de COVID-19 sino de otras enfermedades”. (Sánchez, 2021)

La mosca doméstica o común

Los principales bioindicadores de la amenaza biológica en la zona urbana son: la mosca común y el gallinazo (chulo). El gallinazo se alimenta de residuos de comida y carroña (animales muertos domésticos), perforando y alterando bolsas y recipientes que contienen los residuos.

Imagen 5

Ciclo de vida de la mosca doméstica.



Fuente: Serie de divulgación de insectos de importancia ecológica, económica y sanitaria, año 2018.

https://inta.gob.ar/sites/default/files/12_-_boletin_mosca_domestica_para_web.pdf

“Se cría en todo tipo de estiércol, especialmente si está mezclado con paja o heno, en montones de basura y en cualquier tipo de material vegetal en descomposición. Una hembra puede poner hasta 900 huevos, los cuales eclosionan en un tiempo de 24 horas y se alimentan de los residuos orgánicos, hasta la edad adulta (3 a 7 días). La vida de los adultos (ver Imagen 5) dura pocas semanas (15-25 días) pero puede alargarse en temporadas frías.

Transmisión de enfermedades.

Dada su capacidad de nutrirse de cualquier tipo de materia orgánica, de reproducirse eficaz y rápidamente en muchos sustratos, y de hacerse resistente a los insecticidas en un breve periodo de tiempo, es considerada una plaga universal, y una de las más difíciles de controlar. Las moscas son a su vez, transmisoras de enfermedades causadas por otros organismos y representan un riesgo para la salud pública cuando las poblaciones de moscas son numerosas. Su comportamiento de alimentación y la anatomía de sus patas hacen de las moscas vectores mecánicos importantes de muchos organismos patógenos”. (Villacide & Masciocchi, 2016)

Imagen 6

Mosca doméstica.



Fuente: Serie de divulgación de insectos de importancia ecológica, económica y sanitaria, año 2018.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/12_-_boletin_mosca_domestica_para_web.pdf

La mosca común puede transferir enfermedades de forma mecánica: *“contaminado el insecto en los sitios inmundos que frecuenta, lleva los gérmenes o parásitos patógenos a los alimentos o bebidas consumidos por el hombre, y hasta a la misma cara y manos de éste, sin olvidar el biberón de la criatura*

La mosca en sí misma no es peligrosa para la salud, pero sus hábitos, haciendo caso omiso de sus molestos zumbidos y asedios impertinentes, la convierten en sabandija por demás repugnante y aborrecible. No contenta con criar en la inmundicia, continúa frecuentando la mugre y la porquería toda su existencia, yendo de allí a las viviendas humanas no sólo a manchar muebles y paredes, sino a contaminar el alimento, y a menudo a propagar males”. (Desconocido, 1931)

“La mosca doméstica es una especie de importancia para la salud pública por su capacidad de transmisión de enfermedades; prolifera en material en descomposición y/o aguas estancadas. La infección en el humano se produce, por un lado, a través del contacto con heces, vómitos o partes del cuerpo del insecto y por otro, mediante la ingesta de alimentos crudos infectados. Los patógenos ingresan a la mosca

mediante su aparato bucal y se transfieren cuando el adulto defeca regurgita. Entre los patógenos más comunes asociados a la mosca doméstica se hallan la *Salmonella*, *Escherichia coli*, y varios asociados al cólera. Cuando las poblaciones de la especie son abundantes, se generan importantes impactos sobre el bienestar humano producto de la molestia provocada por su vuelo y actividad de alimentación”. (Villacide & Masciocchi, 2016)

“Entre las muchas enfermedades que las moscas pueden transmitir potencialmente, las siguientes figuran en primer lugar: **tifoidea, diarrea-enteritis, cólera, disentería, helmintiasis, tripanosomiasis africana (mal del sueño), tularemia, surra y nagana**. De todas ellas la tifoidea es la más común e importante. El papel de las moscas en la transmisión de la tifoidea, sospechado y denunciado desde mucho antes, quedó bien patentizado durante la Guerra Hispanoamericana, en que centenares de soldados murieron de enfermedad debido, en parte, a la presencia de enjambres de moscas, que de las poco higiénicas letrinas se dirigían luego a las cocinas y comedores de las tropas. El alimento comprado en los mercados cubiertos de moscas puede igualmente constituir un foco de contaminación, y si ésta tiene lugar después de la cocción, el peligro es, por supuesto, mayor. Otra enfermedad análoga a la tifoidea y transmitida frecuentemente por la mosca, es la **diarrea veraniega**, que afecta en particular a los niños, pero a la cual los adultos son también susceptibles. El **cólera y la disentería**, primordialmente afecciones entéricas y transmitidas del mismo modo que la tifoidea, pueden ser a veces diseminadas por las moscas. El papel de ciertas moscas tropicales ha sido también demostrado en lo tocante a la transmisión de algunas dolencias, por ejemplo, **la enfermedad del sueño africana, la surra y la nagana**⁴.

Además de esas enfermedades, en otras hay que considerar la posibilidad de la transmisión por las moscas, aunque no existen pruebas bien definidas de ello; por ejemplo, en la tuberculosis el acceso de las moscas al esputo no tan repugna estéticamente, sino que entraña peligro potencial. El tracoma puede ser transmitido a

⁴ Enfermedad endémica entre las personas y animales de África Central. Es producida por varias especies de tripanosomas, particularmente *T. gambiense* y *T. rhodesiense*. La Nagana es una tripanosomiasis rápidamente fatal de caballos y de otros animales. DeCS/MeSH - OPS.

Tomado de:

<https://decs.bvsalud.org/es/this/resource/?id=14755#:~:text=La%20nagana%20es%20una%20tripanosomiasis,los%20caballos%20y%20otros%20animales.&text=gov%2Fmesh%2FD014353-.Nota%20de%20alcance%3A,especies%20de%20tripanosomas%2C%20particularmente%20T.>

veces por dichos insectos, y no es improbable que suceda lo mismo con la úlcera tropical. Los esporos del carbunco, según se cree, permanecen vivos en el intestino de las moscas días enteros, para ser luego inoculados en llagas o abrasiones. La fiebre pupa y la oncocercosis americana también son transmitidas exclusivamente por los simios o moscas de la arena. Hay otro estado propagado por las moscas, que reviste cierta importancia en las regiones tropicales, y es la miiasis, o sea la invasión de las heridas, cavidades orgánicas, aparato digestivo, ojos, nariz, etc., por las larvas de cualquier clase de mosca. La mosca también ha sido inculpada últimamente de propagar la poliomielitis". (Desconocido, 1931)

Si las moscas domésticas pusieran 500 huevos en cada punto identificado, en un término de siete días, podríamos tener cerca de 2000 moscas adultas en la zona.

Cabe resaltar que no se encontraron estudios que permitan definir una relación directa entre la cantidad de residuos y la producción de moscas domésticas. Pero si se conoció en el estudio del desarrollo del cosustrato para el aprovechamiento de residuos orgánicos, qué, para las celdas de prueba con capacidad de tratamiento de 1 m³, se generaban entre 600 y 800 pupas (estado intermedio entre la larva y el adulto) de la mosca soldado negro, en un periodo de tiempo de 15 días.

Caracterización de la amenaza de origen socio-natural.

Contaminación de los recursos naturales.

“La descarga de efluentes líquidos (lixiviados) y residuos sólidos con contenidos de materia orgánica y química a ecosistemas prioritarios y la disposición de los mismos en fuentes hídricas y riberas, crean condiciones anaerobias, por la presencia de materia orgánica (Cx Hy Oz) a través de bacterias, microorganismos y oxígeno genera compuestos que acidifican el agua, consumen en exceso el oxígeno disuelto en el agua afectando la vida de las especies acuáticas y haciendo que las aguas para consumo humano se contaminen generando problemas de salud. Adicionalmente, los cuerpos de agua afectados por contaminación por residuos sólidos disminuyen su capacidad de dejar pasar la luz, lo cual impide el proceso de fotosíntesis en las plantas acuáticas, por lo consiguiente generan la muerte de la flora y la fauna acuática y su descomposición. Esto da lugar a la formación de compuestos con olores ofensivos,

tales como ácido sulfhídrico, metano, mercaptanos, entre otros”. (Ministro de Salud y Protección Social & Organización Panamericana de la Salud, 2012)

Imagen 7

Protestas por la suspensión o deficiente servicio del servicio de recolección durante la emergencia sanitaria en la ciudad de Bucaramanga (2021).



Fuente: Alerta por peligros para la salud tras la acumulación de basura en las calles del área metropolitana, año 2021.

<https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/alerta-por-peligros-para-la-salud-tras-la-acumulacion-de-basura-en-las-calles-del-area-metropolitana-DE4161410>.

Debido a la descomposición anaeróbica de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos municipales, se genera biogás (mezcla de varios gases producto). Asimismo, se genera un alto impacto en el recurso aire debido a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) derivados de la incineración de los residuos sólidos urbanos; estas quemas se dan usualmente durante las emergencias sanitarias, principalmente por el almacenamiento de residuos en vías públicas y puntos críticos, como protesta (ver Imagen 7) a la suspensión o deficiente servicio del servicio de recolección.

Imagen 8

Incineración de residuos sólidos domiciliarios en las protestas ciudadanas por la suspensión o deficiencia en la prestación del servicio público de aseo, durante la emergencia sanitaria (2015).



Fuente: Falta más control a quemas de basura en Bucaramanga, Vanguardia Liberal
<https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/falta-mas-control-a-quemas-de-basura-en-bucaramanga-GCVL323005>, año 2015.

Olores Ofensivos

“Son generados por sustancias o actividades industriales, comerciales o de servicio, que por sus propiedades organolépticas y composición produce fastidio, aunque no cause daño a la salud humana. Actualmente, existe variedad de técnicas que permiten identificar de manera satisfactoria los Olores Ofensivos y su intensidad, que han servido como solución a la problemática que se vive en diferentes partes del país”. (Área Metropolitana de Bucaramanga, 2018)

Es así como los residuos sólidos juegan un papel fundamental al momento de realizar monitoreos y análisis de las actividades y/o servicios. La concentración de estos compuestos producto de la descomposición puede llegar a generar impactos a la salud y a la calidad de vida por exposición a olores ofensivos.

Efectos a la salud por exposición a sustancias químicas.

“Las moléculas que pueden ser percibidas por el olfato se denominan “odoríferos”, que se generan en diversos procesos naturales o antrópicos. La mayoría de los olores son una mezcla de varias sustancias que interactúan para producir lo que se detecta como un olor. Debido a que la respuesta se sintetiza en el cerebro, otros sentidos como la vista y el gusto están involucrados. También intervienen mecanismos neurológicos y psicológicos como la memoria o las emociones por lo que puede decirse que la cultura y la relación con el entorno también participan en los procesos complejos del sentido del olfato.

Aunque no se ha podido establecer una relación directa entre el olor de las sustancias y su toxicidad, se han observado reacciones fisiológicas del sistema nervioso central o periférico causadas por la percepción de olores. Por otro lado, la exposición continua a sustancias químicas en bajas dosis puede causar efectos crónicos en la salud de las personas expuestas. Cuando se exponen frecuentemente a un mismo olor, las personas pueden sufrir un fenómeno conocido como fatiga olfativa o fatiga al olor. La fatiga olfativa puede ser de corto o de largo plazo. La primera actúa en cuestión de horas y solo requiere de unos cuantos minutos para desaparecer. La otra actúa a lo largo de semanas y meses, de forma que se necesita también un descanso de meses para recuperar la sensibilidad.

Evidencia del impacto de los olores ofensivos.

En 1994, Melbost et al hallaron una asociación entre el nivel de bacterias totales presentes en plantas de tratamiento de aguas servidas y en las plantas de tratamiento de desechos, reciclaje y compostaje y síntomas como cefalea, fatiga física, decaimiento (astenia). En 2005, Smit et Al realizaron un estudio por encuestas en una muestra representativa de trabajadores en este tipo de plantas. En síntesis, los síntomas son más frecuentes entre trabajadores con mayor exposición a endotoxinas. También se encontró una relación significativa dosis – efecto para afecciones cutáneas, de vías respiratorias bajas, gripa y malestar general, especialmente para personas que llevaban expuestas entre 10 y 20 años. Los síntomas respiratorios, la astenia, los dolores articulares y la diarrea en trabajadores de plantas de tratamiento de aguas servidas fueron atribuidas a la exposición a endotoxinas.

En un estudio epidemiológico realizado en Orange, Colorado (USA) en el año 2008, en una comunidad residente en la proximidad del relleno sanitario de dicha ciudad, se evaluó si el aumento de la concentración de H₂S en el ambiente o de los niveles de percepción del olor, estaban asociados con alteraciones de las actividades diarias, estados de ánimo y síntomas físicos entre los participantes. Se obtuvieron los siguientes resultados sobre la asociación entre concentración de H₂S en el aire y los factores estudiados. Dicho estudio permitió concluir que hay relación entre la concentración del sulfuro de hidrógeno H₂S del ambiente, el olor y las condiciones de salud y calidad de vida de las personas residentes en cercanías a los sitios de disposición de basuras.

Los olores no sólo afectan la salud sino el bienestar, debido a la incomodidad que generan, tanto dentro de las casas como en la zona externa. Los residentes procuran no salir de sus viviendas o a realizar actividad física, con el problema que ello conlleva, por temor a la molestia causada por los olores; además los lugares son estigmatizados, lo cual genera afectación al bienestar. Los estudios efectuados en diversas partes del mundo evidencian la dificultad técnica para controlar los factores de confusión que dificultan la cuantificación de los riesgos”. (Ministro de Salud y Protección Social & Organización Panamericana de la Salud, 2012)

Evaluación de la amenaza.

Se realizó la evaluación de los criterios del escenario de riesgo asociado a la prestación del servicio público de aseo, donde se definió qué, la suspensión del servicio público de aseo por el cierre del relleno sanitario (componente del servicio de recolección de residuos sólidos ordinarios y disposición final), sería el evento detonante (el evento no se evaluó con relación a la severidad; es de carácter operacional y se evaluó por la probabilidad de ocurrencia, la capacidad de repuesta y la planificación) para que la amenaza llegue a afectar los elementos expuestos (personas, medios de subsistencia, instituciones públicas y privadas). Las variables asociadas a la evaluación de la amenaza están relacionadas con la prestación y planificación del servicio público de aseo, y estrategias para la prevención y reducción del riesgo, definidas en la Tabla 9.

Tabla 9

VARIABLES PARA LA EVALUACIÓN DE LA AMENAZA, ASOCIADAS A LA PRESTACIÓN NORMAL DEL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO Y LA PROBABILIDAD DE SUSPENSIÓN DEL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO COMO EVENTO DETONANTE.

VARIABLES PARA LA EVALUACIÓN DE LA AMENAZA	PESO DE LA VARIABLE
Prestación normal del servicio público de aseo	0,05
Planificación para la prestación del servicio público de aseo	0,1
Hay alternativa de disposición final formalizada	0,05
Falta de planificación para la atención de la emergencia sanitaria	0,25
No hay alternativa de disposición final formalizada	0,5
Vida útil del relleno sanitario en uso, menor a 1 año	0,2
Vida útil del relleno sanitario en uso, mayor a 1 año	0,05

Nota. La planificación está relacionada con el programa para la prestación del servicio público de aseo, el PGRDEPP conforme al Decreto No 2157 de 2017, priorizando los escenarios de riesgo asociados a las emergencias sanitarias. Formalizar hace referencia a revestir algo de los requisitos legales o de procedimiento.

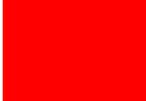
Fuente: Los autores, año 2022.

Una vez identificadas las amenazas o posibles aspectos iniciadores de eventos, se realizó la estimación de su probabilidad de ocurrencia del incidente o evento, en función a las características específicas, que fueron evaluadas con base en la experiencia (se debe conocer a fondo las normas técnicas para la prestación del servicio público de aseo y para la formulación de los PGRDEPP y la dinámica del municipio), asignando un peso a cada variable, que permitió definir la probabilidad de ocurrencia del evento, para finalmente obtener una calificación de la amenaza, en cuatro rangos: muy alta, alta, media y baja; donde baja es el factor de menor probabilidad de ocurrencia pero a su vez con un nivel de impacto (ver tablas de

vulnerabilidad) asociado con la prestación normal del servicio público de aseo (el riesgo nunca será igual a cero, siendo el riesgo residual inevitable), y por consiguiente muy alta, es la de mayor probabilidad de ocurrencia o es casi seguro de que el evento suceda (Tabla 10).

Tabla 10

Clasificación de la probabilidad de ocurrencia de que se materialice la amenaza por la prestación normal del servicio público de aseo y la suspensión del servicio público de aseo como evento detonante.

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	INTERVALO	COLOR
BAJA [POCO PROBABLE]	0,01 - 0,25	
MEDIA [PROBABLE]	0,26 - 0,5	
ALTA [MUY PROBABLE]	0,51 - 0,75	
MUY ALTA [CASI SEGURO]	0,76 - 1	

Fuente: Los autores, año 2022.

Con la clasificación de la probabilidad de ocurrencia (Tabla 10), se estimó el nivel de amenaza (Tabla 11) con base en las variables que se han manifestado en el comportamiento normal de la prestación del servicio público de aseo, en la cual se tuvieron en cuenta el estado actual del relleno sanitario, la preparación de las empresas prestadoras del servicio público de aseo y su capacidad de planificación y estrategias de respuesta para la atención a las emergencias presentadas.

Tabla 11

Estimación de la amenaza, asociada a la probabilidad de que se materialice por la prestación normal del servicio público de aseo y la suspensión del servicio público de aseo como evento detonante.

VARIABLES PARA LA EVALUACIÓN DE LA AMENAZA	PESO DE LA VARIABLE
Prestación normal del servicio público de aseo	0,05
Planificación para la prestación del servicio público de aseo	N/A
Hay alternativa de disposición final formalizada	N/A
Falta de planificación para la atención de la emergencia sanitaria	0,25
No hay alternativa de disposición final formalizada	0,5
Vida útil del relleno sanitario en uso, menor a 1 año	0,2
Vida útil del relleno sanitario en uso, mayor a 1 año	N/A
Total	1

Fuente: Los autores, año 2022.

De esta manera se identificaron los determinantes más críticos por su peligrosidad y capacidad de generar daños y pérdidas, a las personas, medios de subsistencia y prestación del servicio.

Estimación de la vulnerabilidad.

El análisis de vulnerabilidad es el proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición al daño de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica, identificando los elementos expuestos al riesgo, sobre los denominados factores de vulnerabilidad que podrían resultar afectados por la ocurrencia de un suceso, como es el contexto social, material y ambiental representado por las personas, recursos y servicios, descritos en la tabla de

estimación de la vulnerabilidad social, ambiental y económica, que define los probables impactos.

Para realizar la estimación de la vulnerabilidad se estableció la matriz de vulnerabilidad social, económica, ambiental e institucional, a partir de factores de vulnerabilidad que fueron evaluados: sociales, económicos, físicos, institucionales, operacionales, técnicos, ambientales y biológicos; que permitieron definir variables con peso numérico (Tabla 12), asociadas a la suspensión del servicio público de aseo, a los procesos biogeoquímicos (conexión y movimientos que existen entre los elementos vivos y los no vivos), contaminación de los recursos naturales, impactos a la economía familiar y la percepción de la personas con relación a la calidad, continuidad y cobertura del servicio público de aseo.

Tabla 12

Variables para la evaluación de la vulnerabilidad social, económica y ambiental.

NOMBRE	VARIABLES PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	PESO DE LA VARIABLE
V1	Se ha prestado con normalidad el servicio público de aseo.	0,05
V2	Suspensión del servicio público de aseo.	0,10
V3	Se ha suspendido el servicio público de aseo por un periodo de 1 a 3 días, se presta el servicio de recolección selectiva para el aprovechamiento de residuos orgánicos en usuarios clasificados como grandes generadores.	0,10
V4	Se ha suspendido el servicio público de aseo por un periodo de 1 a 3 días, NO se presta el servicio de recolección selectiva para el aprovechamiento de residuos orgánicos en usuarios clasificados como grandes generadores.	0,20

V5	Se ha suspendido el servicio público de aseo por un periodo de 4 a 7 días, se presta el servicio de recolección selectiva para el aprovechamiento de residuos orgánicos en usuarios clasificados como grandes generadores.	0,25
V6	Se ha suspendido el servicio público de aseo por un periodo de 4 a 7 días, NO se presta el servicio de recolección selectiva para el aprovechamiento de residuos orgánicos en usuarios clasificados como grandes generadores.	0,45
V7	Se ha suspendido del servicio público de aseo por un periodo igual o mayor a 8 días, se presta el servicio de recolección selectiva para el aprovechamiento de residuos orgánicos en usuarios clasificados como grandes generadores.	0,35
V8	Se ha suspendido del servicio público de aseo por un periodo igual o mayor a 8 días, NO se presta el servicio de recolección selectiva para el aprovechamiento de residuos orgánicos en usuarios clasificados como grandes generadores.	0,70

Fuente: Los autores, año 2022.

Es muy importante resaltar qué, la estimación del peso de las variables de vulnerabilidad, con relación a la descripción de las matrices de vulnerabilidad, exigió una interpretación heurística y sistémica de la compleja realidad, y de la dinámica social con relación a la prestación del servicio público de aseo y el componente de aprovechamiento de residuos orgánicos. Asimismo, las variables definidas en la tabla anterior son condicionantes de la vulnerabilidad social, económica y ambiental, donde para el cálculo de la vulnerabilidad se suma el total de las variables como se observa en (1). Las variables asociadas a la vulnerabilidad institucional están integradas a su propia matriz.

(1)

$$V_{(S,A,E)} = \sum [V_1 + V_2 + \dots + V_n]$$
$$V_{(S,A,E)} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 + V_8$$

Vulnerabilidad social.

Una vez que se realizó la estimación de las variables del contexto para la evaluación de la vulnerabilidad, se describieron los impactos (Tabla 13) que pueden afectar la comunidad, con relación a la prestación normal del servicio público de aseo y la severidad de la suspensión del servicio público de aseo con relación al tiempo.

El nivel de vulnerabilidad depende del impacto que puedan recibir las personas con relación a la pérdida de la tranquilidad y la comodidad por olores ofensivos y vectores, por la generación de agentes contaminantes y transmisores de enfermedades (vectores) debido al nivel de descomposición y/o putrefacción de los residuos sólidos urbanos.

Vulnerabilidad ambiental.

La vulnerabilidad ambiental se relaciona con la mayor o menor exposición que tenga un territorio y/o con periodos de tiempo (con relación a los ciclos biogeoquímicos y las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de los residuos sólidos) para ser afectado por los posibles impactos (Tabla 13) ambientales generados en el evento detonante. Se definieron variables con peso numérico, asociadas a la prestación normal del servicio público de aseo y su componente de aprovechamiento de residuos orgánicos y la severidad de la suspensión del servicio público de aseo con relación al tiempo.

La vulnerabilidad ambiental se relaciona con la susceptibilidad o predisposición intrínseca del medio y los recursos naturales a sufrir un daño o una pérdida por eventos socio naturales o de origen socioeconómico. La comprensión de la vulnerabilidad ambiental del municipio implicó conocer y comprender la

susceptibilidad o resistencia de dicha área respecto a su problemática ambiental y como se manifiesta.

Vulnerabilidad económica.

Hace referencia al impacto en los sectores económicamente relacionados con la prestación del servicio público de aseo y cómo se pueden llegar a ver afectados con la prestación normal del servicio público de aseo y la severidad de la suspensión del servicio público de aseo con relación a los costos: subsidios del servicio público, tarifas de aprovechamiento, incremento y sobrecostos de productos de la canasta familiar, incumplimiento en el pago de facturas de los servicios públicos y suspensión de actividades comerciales (Tabla 13).

Tabla 13

Estimación de la vulnerabilidad social, ambiental y económica.

IMPACTOS A NIVEL DE VULNERABILIDAD				
IMPACTO	SOCIAL	AMBIENTAL	ECONÓMICA	COLOR
BAJO (0,01 - 0,25)	Impacto a las personas por presencia de olores ofensivos, vectores y lixiviados. Prestación normal del servicio público de aseo y del componente de aprovechamiento o de residuos sólidos orgánicos.	Impacto por fuga de lixiviados generados en contenedores, bolsas plásticas, baldes plásticos entre otros. Prestación normal del servicio público de aseo y del componente de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos.	Incremento en el pago de la tarifa del componente de aprovechamiento y comercialización. Reducción al subsidio del servicio público de aseo. Prestación normal del servicio público de aseo y del componente de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos.	

			Impacto a la economía familiar por gastos en imprevistos y aprovisionamiento [alimentos y artículos de primera necesidad]
		Impacto por derrame de lixiviados, contaminación del suelo, contaminación del aire por olores ofensivos y generación de gases y contaminación del sistema alcantarillado pluvial.	Incremento en los costos de los alimentos perecederos y artículos de primera necesidad.
MEDIO	Impacto a las personas por incremento de olores ofensivos, vectores y lixiviados.		Sobrecostos en el componente de transporte, disposición final y tratamiento de lixiviados del servicio público de aseo.
(0,26 - 0,5)	Proceso inicial de indicadores abióticos [aire] y bioindicadores urbanos del proceso de descomposición del componente orgánico.	Proceso inicial de indicadores abióticos [aire] y bioindicadores urbanos del proceso de descomposición del componente orgánico.	Destinación de recursos por parte del Municipio para la atención de la emergencia sanitaria.
			Cambio de relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos. Aumento en la distancia del relleno sanitario al centroide de recolección de residuos sólidos.

<p>ALTO</p> <p>(0,51 - 0,75)</p>	<p>Impacto a la tranquilidad y comodidad de las personas por el mayor incremento de olores ofensivos, vectores y lixiviados.</p> <p>Indicadores abióticos [aire] y bioindicadores urbanos del alto nivel de descomposición de los residuos e inicio del proceso de putrefacción del componente orgánico.</p>	<p>Impacto por el alto nivel de descomposición de los residuos sólidos e inicio del proceso de putrefacción del componente orgánico.</p> <p>Derrame de lixiviados, contaminación del suelo, contaminación del aire por olores ofensivos y generación de gases y contaminación del sistema de alcantarillado pluvial.</p> <p>[Indicadores abióticos [aire] y bioindicadores urbanos]</p>	<p>Desabastecimiento y sobrecostos de alimentos perecederos.</p> <p>Suspensión de la actividad comercial de plazas públicas de mercado.</p> <p>Sobrecostos en el componente de transporte, disposición final y tratamiento de lixiviados del servicio público de aseo.</p> <p>Destinación de recursos por parte del Municipio para la atención de la emergencia sanitaria.</p>
--	--	---	--

<p>MUY ALTA</p> <p>(0,76 - 1)</p>	<p>Impacto a la tranquilidad y comodidad de las personas por el alto nivel de putrefacción de los residuos sólidos [componente orgánico]</p> <p>[Alteración del orden público, protestas, problemas de movilidad y amotinamiento, entre otras]</p>	<p>Impacto por el alto nivel de putrefacción de los residuos sólidos [componente orgánico].</p> <p>Derrame de lixiviados, contaminación del suelo, contaminación del aire por olores ofensivos y generación de gases GEI y contaminación del sistema de alcantarillado pluvial.</p> <p>Generación de GEI por incineración de residuos sólidos.</p> <p>Disposición final de residuos sólidos en fuentes hídricas y riberas.</p> <p>Incineración de residuos sólidos, alteración del orden público, protestas, problemas de movilidad y amotinamiento, entre otras.</p>	<p>Crisis económica en el sector de la producción y comercialización de alimentos [restaurantes, plazas de mercado públicas, mercadillos y fruvers].</p> <p>Incumplimiento en el pago de las facturas del servicio público de aseo.</p> <p>Disposición final de residuos sólidos en fuentes hídricas y riberas. Incineración de residuos sólidos, alteración del orden público, protestas, problemas de movilidad y amotinamiento, entre otras.</p> <p>Suspensión de empleos en el sector de la producción y comercialización de alimentos.</p>
---	--	---	---

Fuente: Los autores, año 2022.

Con base en los impactos a nivel de vulnerabilidad (Tabla 13), se estimó la vulnerabilidad social, económica y ambiental, (Tabla 14) realizando la estimación del

peso de las variables obteniendo como resultado que la vulnerabilidad (ambiental, social y económica) es muy alta, con un valor numérico igual a 0,8, como se observa en la ecuación (1.1). El cálculo exigió una interpretación heurística y sistémica de la compleja realidad y de la dinámica social con relación a la prestación del servicio público de aseo (Tabla 14). Asimismo, las variables definidas son condicionantes de la vulnerabilidad social, económica y ambiental.

(1.1)

$$V_{(S,A,E)} = \sum [V_1 + V_2 + \dots + V_n]$$

$$V_{(S,A,E)} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 + V_8$$

$$V_{(S,A,E)} = V_2 + V_8$$

$$V_{(S,A,E)} = 0,1 + 0,7 = \mathbf{0,8}$$

Ver tabla de estimación de la vulnerabilidad social, ambiental y económica.

Es así, cómo se determinaron los posibles impactos generados a las personas, el ambiente y la economía, relacionada con el evento detonante (suspensión del servicio público de aseo) y así mismo, permitió definir los posibles impactos en la prestación normal del servicio público de aseo.

Tabla 14

Estimación de la vulnerabilidad social, ambiental y económica.

NOMBRE	VARIABLES PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	PESO DE LA VARIABLE
V1	Se ha prestado con normalidad el servicio público de aseo.	N/A
V2	Suspensión del servicio público de aseo.	0,10

V3	Se ha suspendido el servicio público de aseo por un periodo de 1 a 3 días, se presta el servicio de recolección selectiva para el aprovechamiento de residuos orgánicos en usuarios clasificados como grandes generadores.	N/A
V4	Se ha suspendido el servicio público de aseo por un periodo de 1 a 3 días, NO se presta el servicio de recolección selectiva para el aprovechamiento de residuos orgánicos en usuarios clasificados como grandes generadores.	N/A
V5	Se ha suspendido el servicio público de aseo por un periodo de 4 a 7 días, se presta el servicio de recolección selectiva para el aprovechamiento de residuos orgánicos en usuarios clasificados como grandes generadores.	N/A
V6	Se ha suspendido el servicio público de aseo por un periodo de 4 a 7 días, NO se presta el servicio de recolección selectiva para el aprovechamiento de residuos orgánicos en usuarios clasificados como grandes generadores.	N/A
V7	Se ha suspendido del servicio público de aseo por un periodo igual o mayor a 8 días, se presta el servicio de recolección selectiva para el aprovechamiento de residuos orgánicos en usuarios clasificados como grandes generadores.	N/A
V8	Se ha suspendido del servicio público de aseo por un periodo igual o mayor a 8 días, NO se presta el servicio de recolección selectiva para el aprovechamiento de residuos orgánicos en usuarios clasificados como grandes generadores.	0,70
TOTAL		0,8

Fuente: Los autores, año 2022.

Para realizar la estimación de la vulnerabilidad se establecieron matrices de vulnerabilidad social, económica y ambiental, a partir de factores de vulnerabilidad que fueron evaluados: sociales, económicos, físicos, institucionales, operacionales, técnicos, ambientales y biológicos; que permitieron definir variables con peso numérico, asociadas al tiempo de suspensión del servicio público de aseo, al componente de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, procesos biogeoquímicos (conexión y movimientos que existen entre los elementos vivos y los no vivos), contaminación de los recursos naturales, impactos a la economía familiar y la percepción de la personas con relación a la calidad, continuidad y cobertura del servicio público de aseo.

Vulnerabilidad institucional.

La vulnerabilidad institucional depende de la capacidad técnica, operativa, financiera y la experiencia en la gestión del riesgo de desastres, de las empresas prestadoras y del municipio de Piedecuesta, como garantes de la prestación del servicio público de aseo, ante la manifestación de un evento detonante; asimismo, esta vulnerabilidad permite medir la capacidad de planificación para la prevención y atención de emergencias, con miras a conservar la gobernabilidad y la confianza (la imagen institucional influye en los factores sociales y comerciales) y el posicionamiento adquirido en el mercado.

Se construyó una matriz, para la evaluación individual de esta vulnerabilidad, con base en la prestación normal del servicio público de aseo, y la eficiencia para la continuidad, calidad y cobertura de este. Asimismo, la valoración del impacto alto y muy alto consideró periodos de tiempo conforme a la suspensión del servicio público de aseo. La matriz (Tabla 15) integró sus variables condicionales, asignando valor al impacto.

Tabla 15

Matriz para la estimación de la vulnerabilidad institucional.

MATRIZ DE VULNERABILIDAD INSTITUCIONAL			
IMPACTO	DESCRIPCIÓN	VALOR	COLOR
Bajo	Prestación normal del servicio público de aseo. Retrasos en la prestación del servicio por fallas operacionales y fenómenos socio naturales [fallas mecánicas, movilidad, remoción en masa en las cárcavas del relleno sanitario, entre otros]	0,25	
Medio	No se presta el servicio público de aseo de forma eficiente a toda la población con continuidad, calidad y cobertura.	0,5	
Alto	Suspensión del servicio público de aseo de un periodo entre 1 a 7 días.	0,75	
Muy Alto	Suspensión del servicio público de aseo por un periodo igual o mayor a 8 días.	1	

Fuente: Los autores, año 2022.

Cálculo de la vulnerabilidad institucional.

El cálculo de la vulnerabilidad institucional tiene relación con algunas de las variables de la vulnerabilidad social, ambiental y económica, como tiempo y suspensión del servicio público de aseo. Así, revisados los antecedentes históricos y la dinámica del municipio y de las empresas prestadoras del servicio público en las diferentes emergencias sanitarias, y con relación a la evaluación de la descripción por cada nivel de impacto, se encontró que siempre se ha suspendido el servicio público de aseo por un periodo mayor a 8 días, por lo cual se estima que la vulnerabilidad institucional es alta con un valor de 1. El cálculo exigió una interpretación heurística y sistémica de la compleja realidad, y de la dinámica social con relación a la prestación del servicio público de aseo.

Análisis y evaluación del riesgo de desastres.

Implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir. Es el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades. Se estima el valor de los daños y las pérdidas potenciales, y se compara con criterios de seguridad establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención y alcance de la reducción del riesgo y preparación para la respuesta y recuperación.

El riesgo de desastres corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad.

El riesgo se expresa como la relación conjunta de la vulnerabilidad y la amenaza, como se observa en la ecuación (2), es decir, consiste en el análisis de la superposición dinámica de ambos factores:

(2)

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza (A)} \times \text{Vulnerabilidad (V)}$$

$$\text{Riesgo} = A \times V$$

El Riesgo está definido en función de la amenaza y la vulnerabilidad como el producto entre la probabilidad (A – probabilidad de la amenaza) de que el evento amenazante suceda y el impacto (V – probabilidad del impacto) probable con la manifestación de este; por lo cual se diseñó una matriz cualitativa (color) (Tabla 16) y una matriz numérica (Tabla 17) para el cálculo del riesgo.

Cálculo del riesgo de desastres.

En esta etapa se realizó el cálculo cuantitativo y cualitativo de la probabilidad de que la amenaza se manifieste y la probabilidad de impacto (vulnerabilidad) para identificar el nivel de riesgo.

En la Tabla 16, se muestra la matriz que relacionó la amenaza con la vulnerabilidad, la cual permite obtener como resultado la estimación del riesgo, como un valor cualitativo asociado al evento detonante.

Tabla 16

Matriz cualitativa para la estimación del riesgo.

		VULNERABILIDAD (IMPACTO)			
		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
AMENAZA	BAJA	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
	MEDIO	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO
	ALTA	BAJO	MEDIO	ALTO	ALTO
	MUY ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO	ALTO

Fuente: Los autores, año 2022.

En la matriz cuantitativa para el cálculo del riesgo (Tabla 17) se relacionó la amenaza y la vulnerabilidad, con el fin de obtener un resultado numérico y poder definir el nivel de riesgo (probabilidad de daños o pérdidas potenciales).

Tabla 17

Matriz cuantitativa para el cálculo del riesgo.

Fuente: Los autores, año 2022.

			VULNERABILIDAD			
			BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
			0,25	0,5	0,75	1
AMENAZA	BAJO	0,25	0,0625	0,125	0,1875	0,25
	MEDIO	0,5	0,125	0,25	0,375	0,5
	ALTO	0,75	0,1875	0,375	0,5625	0,75
	MUY ALTO	1	0,25	0,5	0,75	1

Fuente: Los autores, año 2022.

Para el municipio de Piedecuesta, se realizó el análisis y la evaluación del riesgo, con relación a la prestación del servicio público de aseo y priorizando como evento detonante la suspensión del servicio público de aseo. Se procedió a calcular el riesgo asociado a la vulnerabilidad social, ambiental y económica (ecuación 2.1) y el riesgo asociado a la vulnerabilidad institucional (ecuación 2.2), reemplazando los valores en (ecuación 2), y obteniendo como resultado (2.1) y (2.2):

(2.1)

<p>Riesgo = Amenaza (A) X Vulnerabilidad (V_{S,A,E})</p> <p>Riesgo= A x V_{S,A,E}</p> <p>Riesgo= 1 x 0,8 = 0,8 (Riesgo Alto)</p>

(2.2)

<p>Riesgo = Amenaza (A) X Vulnerabilidad (V_I)</p>

$$\text{Riesgo} = A \times V_i$$

$$\text{Riesgo} = 1 \times 1 = 1 \text{ (Riesgo Alto)}$$

Es así como se definió que el municipio de Piedecuesta, conforme a el análisis y la evaluación con relación a la prestación del servicio público de aseo y priorizando como evento detonante la suspensión del servicio público de aseo se encontró que el riesgo es alto, según el valor obtenido en la ecuación (2.1) y la ecuación (2.2), por lo cual, con el cierre del relleno sanitario El Carrasco, es casi seguro que se suspenda la prestación del servicio público de aseo por un periodo mayor a 8 días, sin contar con una estrategia de recolección selectiva para el aprovechamiento de residuos orgánicos en usuarios clasificados como grandes generadores, causando impacto a las personas, a la economía familiar y comercial, contaminación de los recursos naturales y pérdidas asociadas a las empresas prestadoras del servicio público de aseo (retiro de usuarios, inversiones asociadas a la atención de la emergencia, imagen institucional y confianza de los usuarios) e inversiones por parte del municipio para la atención de la emergencia (recursos que podrían ser invertidos en programas sociales, ambientales, de gestión del riesgo, de fortalecimiento empresarial, entre otros).

Acciones preventivas y correctivas para la atención de la emergencia sanitaria.

Las acciones correctivas para la reducción del riesgo y prospectivas con el objeto de no surjan nuevas situaciones de riesgo, están enmarcadas en la estimación de la vulnerabilidad, que describe los probables impactos a las personas, al ambiente y a la economía familiar; así como el impacto a la institucionalidad, como muestra en la Tabla 18.

Tabla 18

Acciones preventivas y correctivas para gestión del riesgo.

INTERVENCIÓN CORRECTIVA	INTERVENCIÓN PROSPECTIVA
	Diseñar e implementar el plan de gestión del riesgo de desastres para el municipio

de Piedecuesta y las empresas prestadoras del servicio público de aseo, en el marco del Decreto 2157 de 2017, e integrándolo con los instrumentos de planificación, fundamentado en el principio sistémico: “integración sectorial y territorial para garantizar la continuidad de los procesos, la interacción y enlazamiento de las actividades mediante bases de acción comunes y coordinación de competencias, como sistema abierto, estructurado y organizado”.

Definir y reglamentar las condiciones básicas para realizar las actividades de limpieza urbana (CLUS) en el PGIRS, diseñando estrategias para el lavado de áreas públicas y limpieza de playas asociadas a las emergencias sanitarias.

De no estar definidas las condiciones básicas del CLUS en el PGIRS, *“La persona prestadora del servicio público de aseo no podrá prestar dichas actividades, y por tanto tampoco podrá cobrarlas vía tarifa a los suscriptores de conformidad con lo establecido en el artículo 148 de la Ley 142 de 1994. En este caso, el ente territorial como garante de la prestación de los servicios públicos deberá establecer los mecanismos para que las actividades de limpieza urbana se presten en el municipio por fuera del servicio público de aseo”* (Circular No 01 de 2017, de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - SSPD)

Asegurar por parte del municipio de Piedecuesta, un relleno sanitario como alternativa de disposición final. La alternativa debe estar formalizada (contrato, convenio u otro), haciendo referencia a revestir la estrategia de los requisitos legales o de procedimiento, que permitan dar continuidad ininterrumpida al servicio público de aseo.

Establecer por parte del municipio de Piedecuesta, las áreas objeto de lavado, que no son incluidas en el CLUS (de conformidad con la norma), como estrategias para el lavado de áreas públicas y limpieza de playas asociadas a las emergencias sanitarias.

“En el caso en que el ente territorial establezca otras actividades diferentes a las consignadas en el PGIRS que garanticen la limpieza de sus municipios, éste deberá cubrir el costo de la realización de dichas actividades con recursos propios”. (Circular No 01 de 2017, de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - SSPD)

Por parte del municipio de Piedecuesta, incorporar las estrategias de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos dentro del PGIRS, asegurando la viabilidad social, económica y financiera que garanticen su sostenibilidad en el tiempo.

“Los proyectos de aprovechamiento viabilizados, de acuerdo con los estudios y evaluaciones del PGIRS, el ente territorial tendrá la obligación de destinar los recursos para la ejecución de estos, teniendo en cuenta diferentes factores de sostenibilidad y cumpliendo lo establecido por la normatividad legal vigente”. (Decreto 1077 de 2015 [con fuerza de ley], 26 de mayo de 2015)

Fuente: Los autores, año 2022.

6.2. Fase II: Procedimiento metodológico para el tratamiento de residuos orgánicos aprovechables usando como agregado el cosustrato.

Con el análisis y la evaluación del riesgo, se determinó que el municipio está en riesgo alto. Se diseñó el procedimiento, con el objetivo principal de reducir el riesgo existente, asociado a la prestación del servicio público de aseo en el municipio de Piedecuesta y que puede llegar a ser replicado en otros municipios como estrategia para la prevención y reducción del riesgo, con el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y el uso del cosustrato (agregado natural).

En conjunto con la empresa Sólido Ambiente y Riesgos S.A.S., se desarrolló el cosustrato, que básicamente es un agregado natural, enriquecido con microorganismos estimulantes, que mediante su uso fortalece y acelera el pretratamiento de residuos sólidos in situ, evitando la putrefacción y acelerando el tratamiento en planta, obteniendo un abono orgánico altamente nutritivo, para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.

Como se observa en la Fotografía 3, “se realizaron múltiples ensayos con diferentes concentraciones para definir la mayor efectividad y al menor costo en la descomposición de los residuos sólidos orgánicos, encontrando que el cosustrato EMA 50, es el bioestimulante más eficaz para obtener una enmienda de suelo derivada de la descomposición de residuos. Asimismo, se estableció un bioestimulante líquido el cual acelera el proceso de fermentación de los residuos con el fin de obtener el producto deseado en menor tiempo”. (Sólido S.A.S, 2020)

Fotografía 3

Producción de cosustrato líquido.



Fuente: Sólido S.A.S., año 2020.

En la producción del cosustrato sólido, se realizaron diferentes ensayos con el fin de determinar el sustrato (Fotografía 4), que cumpliera con las condiciones físicas y nutricionales, para prolongar la vida útil de los microorganismos (tiempo de almacenamiento del producto), asimismo, que sea viable financieramente debido a la cantidad de producto requerido para tratar los residuos orgánicos.

Fotografía 4

Producción de cosustrato sólido.



Fuente: Los autores, año 2020.

Por lo anterior, se seleccionó el “*Cosustrato EMA 50, como bioestimulante más eficaz para obtener una enmienda de suelo derivada de la descomposición de residuos*” (Sólido S.A.S., 2020), el cual obtuvo un valor promedio más bajo la adquisición de la materia prima y la elaboración del producto garantizando las condiciones y eficiencia en el tratamiento, como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19

Costos unitarios de producción de cosustrato sólido y líquido EMA 50.

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR UNITARIO
1	COSUSTRATO SÓLIDO EMA 50	Kg	\$ 3.800
2	COSUSTRATO LÍQUIDO EMA 50	L	\$ 3.250

Fuente: Sólido S.A.S., año 2020.

“*Para realizar el tratamiento de una (1) tonelada de residuos sólidos orgánicos, se deben adicionar nueve (9) kilogramos de cosustrato sólido y 9 litros de cosustrato líquido, según el proceso de tratamiento. El cosustrato líquido se debe aplicar por aspersión diariamente durante el tiempo que dure el tratamiento o según las condiciones climáticas en la zona de estudio*”. (Sólido S.A.S, 2020)

Tipo de residuos sólidos orgánicos susceptibles a ser aprovechados.

“Según las pruebas de campo basadas en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos con el cosustrato, se definieron los residuos favorables para el proceso de aprovechamiento: *residuos crudos, que corresponden a residuos antes de la preparación de los alimentos, tales como, frutas, verduras en general, cáscaras de frutas y verduras, restos de hortalizas, residuos de preparación de jugos en general, granos, entre otros. Alimentos que han pasado por algún proceso de cocción, entre estos están: restos de comida y carnes, restos de plantas aromáticas, entre otros. Residuos provenientes de las labores de carpintería (aserrín, el cual puede ser usado como material secante en el proceso de tratamiento). Residuos generados a partir de la poda, ornato y barrido de áreas públicas y privadas (pasto, hojarasca, chipeado de árboles)*”. (Sólido S.A.S, 2020)

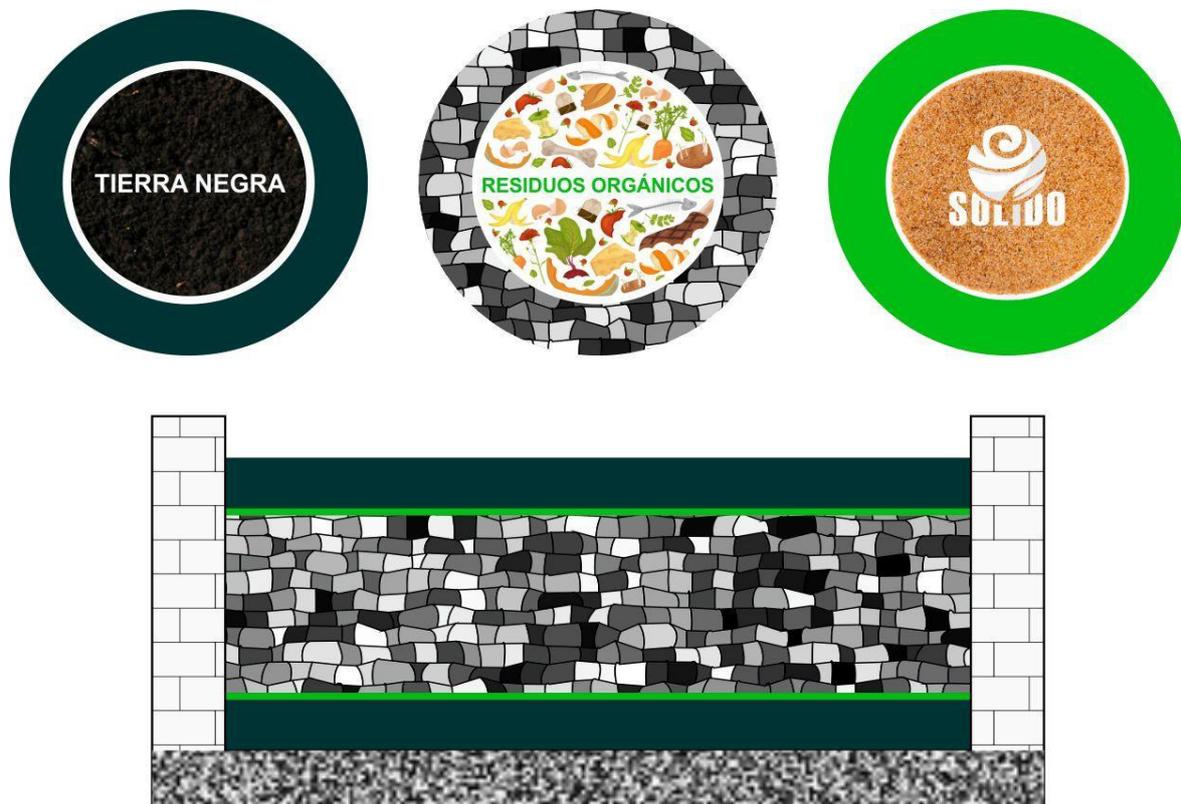
Sistema de tratamiento en celdas “tipo lasaña”.

En cuanto al sistema de tratamiento implementado se basa en la construcción de una celda, como se muestra en la Imagen 9, la cual es una infraestructura impermeable para el confinamiento de residuos, que se llena de forma regular con residuos sólidos orgánicos, material secante (que cumple la función de retener los lixiviados y cubrir los residuos en la superficie) y cosustrato en proporciones requeridas para garantizar el tratamiento.

Desde el fondo de la celda hacia arriba, la primera capa es de material secante, seguido de una capa sólida y líquida de Cosustrato EMA 50 que cubre la capa de material secante, la cual soporta una capa de residuos orgánicos, y a su vez, cubierta por una nueva capa sólida y líquida de Cosustrato EMA 50, finalizando con una nueva capa de material secante.

Imagen 9

Sistema de tratamiento en celdas “tipo lasaña”.



Fuente: Los autores, año 2022.

Dependiendo de las condiciones climáticas y con el objeto de garantizar los procesos microbiológicos se realizan riegos diarios o periódicos sobre la superficie con el EMA 50 líquido.

El cosustrato es un agregado natural, enriquecido con microorganismos estimulados, que fortalece y acelera el tratamiento de residuos sólidos in situ, evitando la putrefacción y acelerando el tratamiento, obteniendo un abono orgánico altamente nutritivo. En el periodo inicial del tratamiento, se agrega a la celda, la mosca Soldado Negra como coadyuvante del cosustrato (Fotografía 5), la cual bioestimula y acelera el proceso; asimismo, cumple la función de airear la capa de residuos y reducir el volumen de los residuos alimentándose de los mismos.

Fotografía 5

Larvas de la mosca Soldado Negra.



Fuente: Sólido S.A.S, año 2020.

Tiempo de tratamiento.

El tiempo de tratamiento se determinó a partir de pruebas de campo y observación directa, definiendo como periodo mínimo de tratamiento 30 días y periodo máximo de tratamiento 45 días. Estos periodos están ligados, principalmente a la temperatura (los procesos biológicos se activan con la temperatura) y son inversamente proporcionales, a mayor temperatura, menor tiempo de tratamiento; la temperatura óptima oscila entre 18 °C y 45 °C". (Sólido S.A.S, 2020)

Secado de los residuos.

Finalizado el proceso de tratamiento (determinado por el color y olor, temperatura y altura de la capa dentro de la celda, en un periodo de 30 a 45 días), el contenido de la celda debe ser extraído (residuos y material secante), para iniciar el proceso de secado, el cual consiste en extender los residuos resultantes del proceso en losas impermeables, preferiblemente a la sombra (Fotografía 6), para que se seque a

temperatura ambiente. La forma de extracción de la celda debe garantizar la mezcla entre el material secante y los residuos tratados; durante el secado, no se deben observar residuos líquidos separándose de la mezcla, y el olor es similar al de la tierra húmeda o mojada.

Fotografía 6

Secado de los residuos después del tratamiento con el cosustrato.



Fuente: Sólido S.A.S., año 2020.

Triturado y tamizado de la enmienda orgánica.

El triturado es un método de procesamiento que consiste en moler, reducir y desmenuzar el tamaño de las partículas del material, el cual se puede llevar a cabo por técnicas de impacto, molienda, abrasión o desgaste. El tamaño de la partícula depende de los procesos de triturado y tamizado (Fotografía7).

“El tamizado consiste en hacer pasar la mezcla de la enmienda por un tamiz, criba o herramienta de colador, para garantizar la uniformidad de las partículas, para obtener como resultado final del proceso, enmiendas enriquecidas con microorganismos, que promueven la germinación de semillas, favorecen la floración, el crecimiento y

desarrollo de los frutos, permiten una reproducción más exitosa en las plantas, suprimen a varios agentes fitopatógenos causantes de enfermedades en numerosos cultivos, incrementan la capacidad fotosintética de los cultivos, así como su capacidad para absorber agua y nutrientes”. (Sólido S.A.S, 2020)

Fotografía 7

Triturado y tamizado de los residuos después del secado.



Fuente: Sólido S.A.S., año 2020.

Condiciones técnicas y ambientales para el tratamiento de residuos.

El tratamiento de residuos orgánicos con el cosustrato EMA 50, “requiere condiciones técnicas específicas, las cuales propician la fermentación y transformación de los residuos orgánicos de manera más efectiva y en menor tiempo en comparación con los sistemas de tratamiento convencionales; ya que está compuesto por diferentes microorganismos como lo son bacterias fotosintéticas, lactobacilos y algunas levaduras. Las bacterias fotosintéticas tienen la propiedad de neutralizar los malos olores y prevenirlos, transforman las sustancias que producen olores desagradables (mercaptano, ácido sulfhídrico, amoniaco, entre otros) en ácidos orgánicos que no

producen mal olor y que no son nocivos para los seres vivos. Los Lactobacilos o bacterias ácido-lácticas, son las productoras de sustancias que aceleran la descomposición de la materia orgánica; por esta razón el cosustrato permite reducir el período de tratamiento. Asimismo, el cosustrato y sus compuestos inducen a que la materia orgánica se descomponga rápidamente por la vía de la fermentación y no de la putrefacción. Dado que las moscas prefieren esta última para desarrollarse, el empleo del cosustrato reduce la proliferación de moscas y demás agentes patógenos generados en el proceso de descomposición de la materia orgánica". (Sólido S.A.S, 2020)

Por otra parte, las condiciones ambientales están relacionadas con las variables que intervienen directamente en los sistemas de tratamiento, las cuales se clasifican como parámetros de seguimiento y son aquellos que han de ser medidos y seguidos durante todo el proceso, y adecuados en caso de ser necesario, para que sus valores se encuentren en los intervalos considerados correctos, en cada fase del proceso (temperatura, humedad, pH, entre otros).

Temperatura: al disponerse el material que se va a tratar en celdas, si las condiciones son las adecuadas, comienza la actividad microbiana. Inicialmente todo el material está a la misma temperatura, pero al crecer los microorganismos, se genera calor aumentando la temperatura (ver Fotografía 9). El síntoma más claro de la actividad microbiana es el incremento de la temperatura de la masa que se está tratando. En algunas situaciones la temperatura puede llegar a ser tan alta que inhibe el crecimiento de los propios microorganismos.

Humedad: la presencia de agua es imprescindible para las necesidades fisiológicas de los microorganismos. La humedad de la masa tratada debe ser tal que el agua no llegue a ocupar totalmente los poros de dicha masa, para que permita la circulación tanto del oxígeno (ya que el proceso debe desarrollarse en condiciones aerobias), como la de otros gases producidos en la reacción.

PH: El pH tiene una influencia directa en el tratamiento de residuos debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos. Al usar el cosustrato se asegura un pH ácido dentro de un rango de 4 - 5 (ver Fotografía 10, determinado por medio de cinta de pH), el cual propicia el desarrollo de los agentes microbianos antes

mencionados y de esta manera se evita la putrefacción de los residuos (ya que este proceso se da en ambientes con pH básico > 7).

Fotografía 8

Temperatura del proceso de tratamiento de los residuos orgánicos en la celda.



Fuente: Sólido S.A.S., año 2020.

Fotografía 9

Medición del pH del proceso de tratamiento de los residuos sólidos en la celda.



Fuente: Sólido S.A.S., año 2020.

6.3. Fase III: Modelo financiero basado en el régimen de regulación tarifaria que garantiza la viabilidad, sostenibilidad y rentabilidad económica del proyecto.

Número de usuarios por empresa prestadora del servicio público de aseo y el tipo de usuario en la fase inicial del proyecto.

En el municipio de Piedecuesta para la prestación del servicio público domiciliario de aseo se tiene un esquema municipal, con la presencia de siete (7) prestadores del servicio para las actividades de recolección, transporte, barrido y limpieza de vías y áreas públicas. La disposición final se realiza bajo el esquema regional disponiendo los residuos sólidos en el relleno sanitario El Carrasco, con un total de 50.592 usuarios, de los cuales el 73,7% (37.310 usuarios), están suscritos a la empresa Piedecuestana de Servicios Públicos S.A.E.S.P., el 13,3% (6.712 usuarios) a la empresa Limpieza Urbana S.A.E.S.P, y el otro 12,9% (6.570 usuarios) a las otras 5 empresas que prestan sus servicios en el área de influencia.

Reconociendo que el municipio de Piedecuesta no cuenta con un sistema de aprovechamiento establecido, el cual debe estar acompañado de una campaña socio cultural para la separación en la fuente, el tipo de usuario en la fase inicial del proyecto estaría asociado directamente con las variables para la estimación de la vulnerabilidad social, ambiental y económica y la generación de residuos sólidos orgánicos aprovechables por sectores: de los residuos generados en el sector comercial el 30,4% son orgánicos aprovechables (generados por: micro mercados, fruver, placitas, entre otros). En el sector institucional el 32,71% de los residuos generados son orgánicos aprovechables (generados por el sector público: plazas de mercado, colegios, restaurantes escolares, entre otros), y en el sector industrial el 14,79% de los residuos generados son orgánicos aprovechables.

Estudio de costos, con relación al valor base de remuneración del aprovechamiento de conformidad con la metodología tarifaria.

El tratamiento de residuos orgánicos en el servicio público de aseo, a través de técnicas como el compostaje, se debe remunerar de conformidad con lo establecido en el artículo 31 de la Resolución CRA No 720 de 2015, como un costo de alternativa a la disposición final.

Según un estudio de mercado realizado en el año 2021 por parte de la empresa Sólido S.A.S., con referencia al valor reportado por el pago de aprovechamiento realizado por una empresa prestadora del servicio público de aseo en el municipio de Piedecuesta, en un periodo de tiempo de cinco meses, se reportaron un promedio de 145 toneladas aprovechadas al mes, con un valor promedio pagado por tonelada aprovechada de \$114.000. El cálculo de la tarifa de aprovechamiento se realiza mediante la Metodología Tarifaria para la Actividad de Aprovechamiento, efectuándose de conformidad con la metodología tarifaria vigente adoptada por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), establecida en la Resolución CRA No 720 de 2015 se presentan los datos obtenidos en el estudio financiero realizado en el municipio de Piedecuesta en el primer semestre del año 2021.

De conformidad con el Decreto No 1077 de 2015, las empresas prestadoras de la actividad de recolección y transporte de residuos sólidos no aprovechables tienen la

obligación de facturar de manera integral el servicio público de aseo, incluyendo la actividad de aprovechamiento. Para la liquidación de la tarifa final al suscriptor se debe utilizar la información reportada en el SUI por las personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento, de la cantidad de toneladas efectivamente aprovechadas en el municipio y/o distrito, sin que pueda solicitarse información ni requisitos adicionales a los establecidos en la norma.

Para efectos del cálculo tarifario en los municipios con más de 5.000 suscriptores, debe recordarse que el artículo 5.3.2.1.4. de la Resolución CRA No 943 de 2021 estableció que el cálculo de los promedios mensuales del semestre se realizará: *“i) Para los períodos de facturación entre enero y junio, con base en el promedio mensual de: kilómetros, residuos, caudal de lixiviados y número de suscriptores, de julio a diciembre del año inmediatamente anterior y ii) Para los períodos de facturación de julio a diciembre con base en el promedio mensual de: kilómetros, residuos, caudal de lixiviados y número de suscriptores, de enero a junio del año en cuestión, en toneladas/mes, m³/mes y suscriptores/mes, respectivamente”*.

Para los nuevos prestadores de la actividad de aprovechamiento que no cuenten con la información completa para la construcción del promedio del semestre inmediatamente anterior, el párrafo 1 del artículo 5.3.2.3.2. de la resolución antes citada, sobre el cálculo de toneladas por suscriptor definidas en conjunto por prestadores para facturación, establece que se podrán utilizar periodos inferiores hasta acumular la información correspondiente al periodo señalado.

Por lo anterior y con base en la información recolectada es complejo establecer el valor exacto a pagar por tonelada aprovechada. Para el estudio se asumió un valor de \$100.000 por tonelada aprovechada (el artículo 34 de la Resolución CRA No 720 de 2015, definió el cálculo del valor base de remuneración del aprovechamiento (VBA) como la suma del costo promedio de recolección y transporte y de disposición final de todas las personas prestadoras de residuos no aprovechables en el municipio, ponderados por las toneladas de recolección y transporte y de residuos sólidos que se reciben en el sitio de disposición final, respectivamente. Las variables corresponden al promedio mensual del semestre anterior, según lo establecido en el artículo 4 de la misma resolución).

Estudio de costos del servicio público de aseo en la actividad de recolección, transporte de residuos sólidos no aprovechables, disposición final y tratamiento de lixiviados.

Costos de recolección, transporte de residuos sólidos no aprovechables.

En relación a la tarifa por la prestación del servicio de recolección y transporte de los residuos no aprovechables, se consultó a la empresa Piedecuestana de Servicios Públicos S.A.E.S.P., donde se estableció, según el Acuerdo de la Junta Directiva 004 de 2021 el cual en su artículo primero fijó los costos de recolección y transporte: *“Artículo primero: fijese el costo de recolección y Transporte - CTR por tonelada, a aplicar A partir del consumo de junio de 2021, en el cálculo tarifario del servicio de aseo prestado por la Piedecuestana de Servicios Públicos, en la suma de ciento un mil ciento setenta pesos con treinta y ocho centavos (\$ 101.170,38), cifra que se encuentra expresada a pesos de marzo de 2021”.*

Costos de disposición final y tratamiento de lixiviados.

Según un estudio de costos realizado por la empresa encargada de prestar el servicio de disposición final en el relleno sanitario El Carrasco, se definió el valor que debe pagar el municipio de Piedecuesta; cobro establecido según la metodología tarifaria de la Resolución CRA No 720 de 2015, en la tabla 20, se muestra el costo definido para el componente de disposición final y tratamiento de lixiviados.

Tabla 20

Costos de disposición final y tratamiento de lixiviados.

Componente	Valor
Costo de disposición final (Ton/mes)	\$ 28.963,87
Costos de tratamiento de lixiviados (Ton/mes)	\$ 7.210,12

Fuente: Certificación de costos EMAB, año 2022.
<https://emab.gov.co/rutas-aprovechamiento/>

Viabilidad técnica para aprovechamiento de residuos sólidos.

El municipio de Piedecuesta no cuenta con una infraestructura para la separación y aprovechamiento de residuos biodegradables (orgánicos) y reciclables; pero como se estableció en el plan parcial de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) El Santuario, ubicada en la vereda Guatiguará (Imagen 10). El predio cuenta con cerca de 13 hectáreas disponibles para la ampliación de la infraestructura existente, y cerca de 5 hectáreas que cumplen con la actividad de aprovechamiento en relación con el PBOT, disponibles para la construcción de una estación de clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y reciclables.

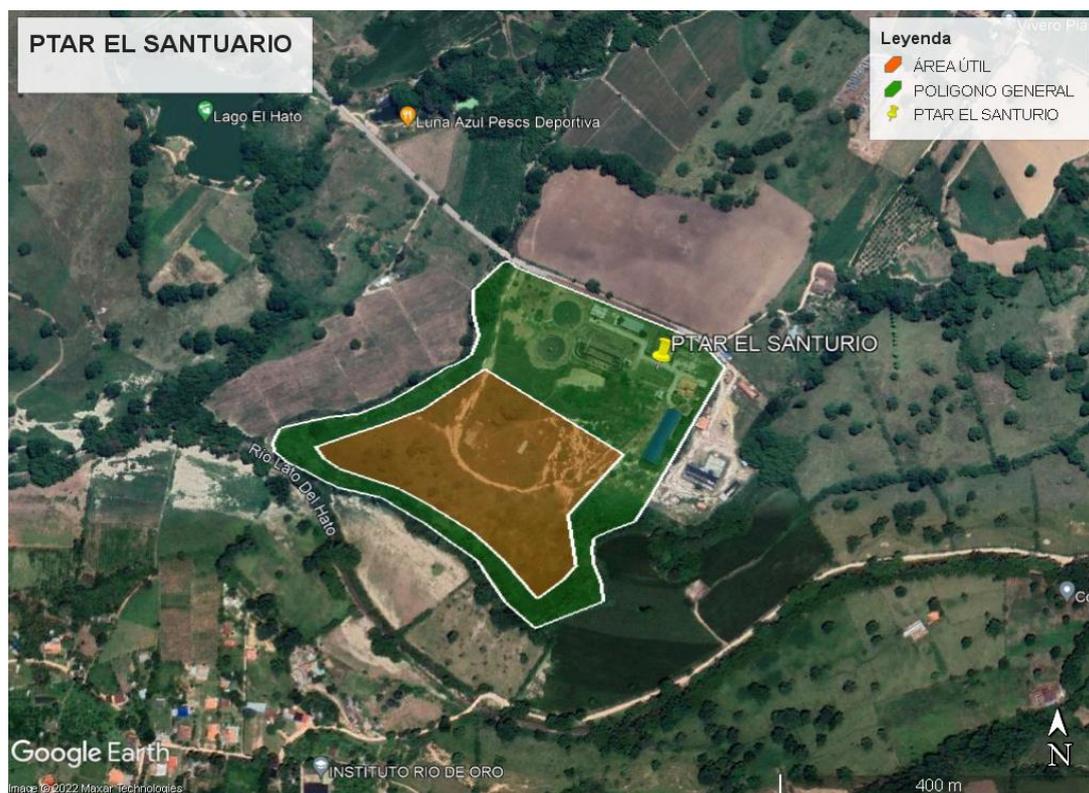
Separación de residuos reciclables: la recolección de este tipo de residuos se realiza en un vehículo con capacidad para 6 toneladas, con operarios del servicio de aseo. El servicio se prestaría casa a casa con una frecuencia de dos (2) veces por semana. Actualmente no todos los usuarios separan los residuos en la fuente; y los residuos que son entregados por el usuario de forma separada se mezclan para ser transportados al sitio de disposición final.

Separación de residuos orgánicos: la separación y recolección de los residuos orgánicos principalmente se realizará hacia los grandes generadores, como son plazas de mercado públicas, micromercados, fruver, placitas, colegios, restaurantes escolares y en el sector industrial; por el comportamiento y la gran cantidad de residuos que se generan, el servicio de recolección se prestará diariamente y se diseñarán macro rutas y micro rutas basadas en la localización de los puntos mencionados y la distancia al punto donde se va a realizar el tratamiento.

Tratamiento de residuos orgánicos: los residuos orgánicos recolectados, serán transportados y tratados en la estación de clasificación, aprovechamiento y tratamiento (ECAT), que se propone ser construida en la PTAR El Santuario (ver Imagen 10). El predio de propiedad del municipio cuenta con una estructura cubierta para el almacenamiento y separación de los residuos reciclables. La ECAT será dotada dando cumplimiento a las normas técnicas y ambientales.

Imagen 10

Área disponible para la construcción de la ECAT.



Fuente: Los autores, adaptado de Google Earth, año 2022.

Programa de reeducación: Para la puesta en marcha del proceso de aprovechamiento de orgánicos en el municipio, se realizará un plan global de reeducación con el objeto de fortalecer la cultura ciudadana y capacitar a los operarios que prestan el servicio, que permita garantizar el aprovechamiento de este tipo de residuos y jornadas de reeducación casa a casa (incluye fichas publicitarias y flyers infográficos (volante) para la implementación del proyecto). Con relación a los PGIRS de las plazas de mercado públicas, se revisará y actualizará, los cuales contendrán los programas y estrategias de aprovechamiento. Asimismo, se diseñará una estrategia de reeducación y fortalecimiento para los grandes generadores.

Viabilidad económica para aprovechamiento de residuos sólidos.

En la Tabla 21, se muestra la viabilidad económica por la implementación del sistema de tratamiento de residuos sólidos orgánicos y la diferencia de costos entre la

disposición normal de residuos sólidos en el relleno sanitario sin aprovechamiento y la prestación del servicio de aprovechamiento.

Tabla 21

Comparación de costos en los componentes del servicio público de aseo.

Descripción	Disposición final en relleno sanitario	Componente de aprovechamiento
Distancia al sitio de disposición final	25 km	6 km
Costos disposición final (DF)	\$28.964	\$0
Costos tratamiento de lixiviados (TLx)	\$7.210	\$0
Costo de recolección y transporte (TR)	\$101.170	\$0
Costo de aprovechamiento (CA)	\$0	\$90.252
Valor total	\$137.344	\$90.252

Fuente: Los autores, año 2022.

Asimismo, se realizó la comparación de los costos por tonelada en el componente de recolección, transporte, disposición final y tratamiento de lixiviados en la prestación normal del servicio público de aseo y los costos del componente de aprovechamiento, de lo cual se puede inferir que la estrategia de aprovechamiento de residuos sólidos es una mejor alternativa económica en comparación con los costos de cada componente.

7. CONCLUSIONES

- Según el análisis y la evaluación del riesgo realizado para el municipio de Piedecuesta, la prestación del servicio público de aseo se asocia con la amenaza de origen biológico y de origen socio natural. Es así, como el estudio permitió determinar que la amenaza y la vulnerabilidad, están asociadas con la prestación del servicio público de aseo (el cual siempre tendrá una probabilidad de impacto – relacionada con el riesgo residual) y la suspensión del servicio público de aseo, definido como el evento detonante de la amenaza. Así las cosas, el cierre del relleno sanitario El Carrasco se asocia con un evento que puede ser transversal, si se cuentan con estrategias de planificación formalizadas, técnicas y económicamente viables (planes de gestión del riesgo, desde el principio sistémico). Por lo cual, conforme con el análisis y la evaluación del riesgo asociado a la prestación del servicio público de aseo y priorizando como evento detonante la suspensión del servicio público de aseo, se puede concluir que, el municipio de Piedecuesta se encuentra en riesgo alto, y es casi seguro que con el cierre del relleno sanitario El Carrasco, se suspenda la prestación del servicio público de aseo por un periodo mayor a 8 días (sin contar con una estrategia de recolección selectiva para el aprovechamiento de residuos orgánicos en usuarios clasificados como grandes generadores), generando impacto a las personas, a la economía familiar y comercial, contaminando los recursos naturales y generando pérdidas asociadas a las empresas prestadoras del servicio (retiro de usuarios, inversiones asociadas a la atención de la emergencia, imagen institucional y confianza de los usuarios) e inversiones por parte del municipio para la atención de la emergencia (recursos que podrían ser invertidos en programas sociales, ambientales, de gestión del riesgo, de fortalecimiento empresarial, entre otros).

- Las empresas del servicio público de aseo deben diseñar un programa para la prestación del servicio y el municipio debe establecer programas de aprovechamiento en el marco del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS, como estrategias de planificación territorial, incorporando el componente de gestión del riesgo de desastres, como instrumentos esenciales para la planificación, la inversión pública y el ordenamiento ambiental territorial, con base en el uso y la ocupación del

suelo de forma segura y sostenible; estableciendo metas periódicas que incorporen el ciclo productivo con viabilidad social, económica y financiera, garantizando la sostenibilidad en el tiempo. A su vez, integrar los principios básicos para la prestación del servicio público de aseo: prestación eficiente a toda la población con continuidad, calidad y cobertura, garantías para la participación de los usuarios en la gestión y fiscalización de la prestación, desarrollo de una cultura de la no basura, fomentar el aprovechamiento y reducir el impacto en la salud y en el ambiente que pueda causar la prestación del servicio.

- Con relación a la prestación del servicio público de aseo el municipio de Piedecuesta debe definir y reglamentar las condiciones básicas para realizar las actividades de limpieza urbana (CLUS) en el PGIRS, diseñando estrategias para el lavado de áreas públicas y limpieza de playas, asociadas a las emergencias sanitarias. Asimismo, establecer por parte del municipio, las áreas objeto de lavado, que no son incluidas en el CLUS (de conformidad con la norma), para el diseño de estrategias de lavado de áreas públicas y limpieza de playas en la atención de emergencias sanitarias.

- Comparando los costos por tonelada en el componente de recolección, transporte, disposición final y tratamiento de lixiviados en la prestación normal del servicio público de aseo y los costos del componente de aprovechamiento, se puede concluir:

- a. La distancia desde el centroide del municipio de Piedecuesta y el relleno sanitario El Carrasco es de 25 km en comparación con la distancia desde el centroide del municipio de Piedecuesta y la ECAT siendo esta de 6 km; por lo cual el recorrido de transporte se reduciría en un 76%, influyendo en los costos de combustible, llantas, lubricantes, filtros, mano de obra de mantenimiento, mano de obra operativa, entre otros.

- b. El costo de disposición final en la planta de tratamiento en comparación con la disposición final en el relleno sanitario se reduciría en un 34% incrementando los

ingresos por la prestación del servicio. Asimismo, se podría llegar a establecer una estrategia para reducir la tarifa del servicio público de aseo a los usuarios.

c. Los componentes de recolección, transporte, disposición final y tratamiento de lixiviados no generan subproductos por tonelada dispuesta. Un subproducto, es un producto secundario que se obtiene además del principal en un proceso industrial de elaboración, fabricación o extracción, como sucede en el aprovechamiento de residuos sólidos por medio de la ECA. En la ECA, sumado a la tarifa pagada a la empresa aprovechadora, se generan dos ingresos adicionales derivados de la comercialización del material reciclable y del mejorador del suelo (subproducto). Por cada tonelada aprovechada de material reciclado, se generaría una ganancia que oscilaría entre \$300.000 pesos y \$1.000.000 de pesos, según el tipo de material a comercializar. Asimismo, por cada tonelada de mejorador de suelo o enmienda orgánica comercializada se generaría una ganancia cercana a los \$400.000 pesos, en comparación con la prestación del servicio público de aseo que no genera mayores ingresos a los asociados con los costos de recolección y transporte.

- Para el análisis y evaluación del riesgo se diseñó un modelo metodológico mediante el cual se relacionó la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los probables impactos sociales, ambientales, económicos e institucionales, el cual permitió estimar el valor de los daños y las pérdidas potenciales. El evento detonante, no se evaluó con relación a la severidad; es de carácter operacional y se evaluó por la probabilidad de ocurrencia, la capacidad de respuesta y la planificación. El análisis se realizó con base en la experiencia, por lo cual se debía conocer a fondo las normas técnicas para la prestación del servicio público de aseo, la formulación de los PGRDEPP y la dinámica del municipio, para asociarlos a la suspensión del servicio público de aseo, a los procesos biogeoquímicos, contaminación de los recursos naturales, impactos a la economía familiar, la percepción de las personas con relación a la calidad, continuidad y cobertura del servicio público de aseo.

8. RECOMENDACIONES

- Implementar una estrategia a partir del uso de cosustrato como una alternativa sostenible para la reducción del riesgo existente por la suspensión del servicio público de aseo, debido a su gran capacidad para el tratamiento de los residuos sólidos, sin generar afectaciones a los recursos naturales, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero, la contaminación del recurso hídrico, suelo y aire, la generación de vectores y enfermedades, entre otras).
- Incorporar estrategias de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos dentro del PGIRS, asegurando la viabilidad social, económica y financiera que garantice la sostenibilidad en el tiempo. Asimismo, se deben destinar recursos y facilitar la ejecución de estrategias de aprovechamiento, priorizando su relevancia como alternativa sostenible en la prestación del servicio público de aseo.
- Diseñar e implementar el plan de gestión del riesgo de desastres para el municipio de Piedecuesta y las empresas prestadoras del servicio público de aseo, en el marco del Decreto No 2157 de 2017, integrándolo con los instrumentos de planificación territorial, fundamentado en el principio sistémico: *“integración sectorial y territorial para garantizar la continuidad de los procesos, la interacción y enlazamiento de las actividades mediante bases de acción comunes y coordinación de competencias, como sistema abierto, estructurado y organizado”*.
- Contar con el plan de emergencias y contingencias coherente y articulado con el PGRDEPP, como herramienta para la respuesta, ejecución de la respuesta y la preparación y ejecución de la recuperación, con el fin de garantizar la prestación del servicio público de aseo de manera eficiente y evitar los impactos negativos que estos conllevan, sobre la población, los bienes, los recursos naturales y los servicios.
- Realizar una adecuada planificación del territorio, con el fin de garantizar la utilización del suelo y priorizar las potencialidades de este, de igual manera localizar y priorizar áreas donde se puedan desarrollar las actividades de aprovechamiento de

una manera adecuada; asimismo se debe contemplar la articulación entre la disposición final de residuos sólidos, la planificación territorial y la gestión del riesgo de desastres para asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos, mejorar la calidad de vida de las poblaciones y las comunidades.

9. BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía Mayor de Bogotá. (1997). *Resolución 902 de 1997*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=28040>

Antolinez, F., & Meza, M. A. (2018). *Situación de la disposición final de residuos sólidos en el Área Metropolitana de Bucaramanga: caso relleno sanitario El Carrasco*. Universidad de Santander, Bucaramanga.

Antolinez, L. J. (2018). Situación de la disposición final de residuos sólidos en el Área Metropolitana de Bucaramanga: caso relleno sanitario El Carrasco. *AVANCES: INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA*, 180-193. Obtenido de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/4735>

Área Metropolitana de Bucaramanga. (2018). *Olores Ofensivos*. 2018. Obtenido de <https://www.amb.gov.co/olores-ofensivos/#1559528820524-0e8d6df6-0d2>

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2006). *FORMULACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS REGIONAL DEL VALLE DE ABURRÁ – PGIRSR*. valle de Aburrá: ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ.

Borrero, M. Á. (2019). El día en el que rugió la tierra y un barrio completo se vino abajo. *El Tiempo*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/terremoto-de-armenia-historia-de-dos-hermanas-que-nunca-abandonaron-la-zona-devastada-por-el-sismo-317298>

Caicedo, G. R. (2018). *Elaboración de abono fermentado tipo bokashi a partir de residuos sólidos orgánicos con inoculación microbiana*. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.

Concejo Municipal de Piedecuesta. (2003). *Acuerdo N° 028 DE 2003*. Alcaldía de Piedecuesta, Santander, Piedecuesta. Obtenido de

<https://www.alcaldiadepiedecuesta.gov.co/Transparencia/PlanesProgramasyProyectos/ACUERDO%20028%20DE%202003.pdf>

Concejo Municipal de Piedecuesta. (2020). *Acuerdo 012 de 2020*. Piedecuesta: Alcaldía de Piedecuesta.

Congreso de Colombia. (18 de Julio de 1997). Ley 388 de 1997. Bogota, Colombia. Recuperado el 08 de Abril de 2022, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339>

Congreso de Colombia. (2012). *Ley 1523 de 2012. Política nacional de gestión del riesgo de desastres*. Bogota: DIARIO OFICIAL No. 48.411.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2013). *Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono corporativa a nivel sectorial*. Corporación Ambiental Empresarial, Cámara de Comercio de Bogotá, Bogota, Colombia. Obtenido de <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ade1b0319769.pdf>

Corporación Autónoma Regional Para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB. (2006). Resolución No 600 de 2006. Bucaramanga, Colombia. Recuperado el 14 de 04 de 2022, de http://caracoli.cdmb.gov.co/gdi/res_consulta.php

Decreto 1077 de 2015 [con fuerza de ley]. (26 de mayo de 2015). Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector. Bogota, Colombia. Obtenido de <https://minvivienda.gov.co/normativa/decreto-unico-reglamentario-sector-vivienda-ciudad-y-territorio-decreto-1077-de-2015>

Desconocido. (1931). *Moscas*. Organización Panamericana de la Salud - OPS, Filipinas. Obtenido de <https://iris.paho.org/handle/10665.2/10666>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (27 de Abril de 2015). Resolución 0288 de 2015. Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/0288%20-%202015.pdf>

Ministro de Salud y Protección Social & Organización Panamericana de la Salud. (2012). *Lineamiento para la vigilancia sanitaria y ambiental del impacto de los*

olores ofensivos en la salud y calidad de vida de las comunidades expuestas en áreas urbanas. Bogotá. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/impacto-olores-ofensivos-salud.pdf>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio,. (23 de Julio de 2018). RESOLUCIÓN 527 DE 2018. Bogotá, Colombia. Recuperado el 21 de Abril de 2022, de https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion_minviviendact_0527_2018.htm

MinVivienda. (2022). *Resolución 330 de 2017*. Bogota: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Obtenido de <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0330-2017-0#:~:text=Por%20la%20cual%20se%20adopta,2005%20y%202320%20de%202009.>

Morocho, T. M., & Leiva, M. M. (2019). *Microorganismos ecientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas*. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Riobamba, Ecuador. Obtenido de scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-93.pdf

Municipio de Piedecuesta . (2021). *Caracterización fisicoquímica de los residuos sólidos generados en el municipio de Piedecuesta - Santander*. Oficina del Medio Ambiente y Gestión del Riesgo, Piedecuesta.

Municipio de Piedecuesta. (2015). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Piedecuesta: Municipio de Piedecuesta.

Municipio de Piedecuesta. (2021). *Informe de emergencia sanitaria Piedecuesta 2021*. Oficina del Medio Ambiente y Gesytion del Riesgo, Piedecuesta .

Municipio de Piedecuesta. (2022). *Actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS, del municipio de Piedecuesta, Santander 2022 - 2027*. Piedecuesta: Administración municipal de Piedecuesta.

Municipio de Piedecuesta. (16 de 07 de 2022). *Alcaldía de Piedecuesta*. Obtenido de <https://www.alcaldiadepiedecuesta.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Galeria-de-Mapas.aspx>

Otazú Cruz, E. J., & Rojas Lazo, L. Y. (2021). *Control de olores ofensivos en la planta de valorización de residuos sólidos orgánicos empleando microorganismos eficientes*. Universidad Cesar Vallejo, Lima - Peru.

Piedecuestana de Servicios Públicos E.S.P. (2022). *Piedecuestana esp*. Obtenido de <https://piedecuestanaesp.gov.co/nuestra-historia/>

Presidencia de la República. (2017). Decreto 2157 de 2017. Bogotá, Colombia. Recuperado el 12 de Abril de 2022, de <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/30014>

Sánchez, C. I. (21 de 08 de 2021). Alerta por peligros para la salud tras la acumulación de basura en las calles del área metropolitana. *Vanguardia Liberal*. Obtenido de <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/alerta-por-peligros-para-la-salud-tras-la-acumulacion-de-basura-en-las-calles-del-area-metropolitana-DE4161410>

Sanchez, I. P. (2018). *Formulación del plan de emergencia y contingencia para la prestación del servicio público de aseo en la actividad complementaria de aprovechamiento de residuos sólidos de la empresa ECA Eco vida ESP en la ciudad de Villavicencio*. Universidad Santo Tomás, Villavicencio. Recuperado el 13 de Abril de 2022, de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/14201/2018lindaparrado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sarmiento Tejada, J. G. (2020). *Residuos orgánicos de cocina generados en restaurantes con microorganismos eficientes, para la obtención de compost*. Universidad César Vallejo, Lima Este.

Solido S.A.S. (2020). *Proyecto de aprovechamiento de residuos*. Piedecuesta.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD. (2021). *Guía metodológica para la formulación y actualización de planes municipales de gestión del riesgo de desastres (PMGRD)*. Bogotá: UNGRD.

Villacide, J., & Masciocchi, M. (2016). *Mosca Domestica*. Rio Negro: Grupo de ecología de poblaciones de insectos - INTA EEA Bariloche. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/12_-_boletin_mosca_domestica_para_web.pdf