



**Evaluación ambiental del proceso de compostaje de la empresa Biotecnológica ambiental
Terranova S.A.S a partir de la zonificación ambiental y determinantes de sensibilidad
ecosistémica**

Santiago Rojas Home
Luis Espinosa Triana Nombres

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, fecha de terminación del trabajo

**Evaluación ambiental del proceso de compostaje de la empresa Biotecnológica ambiental
Terranova S.A.S a partir de la zonificación ambiental y determinantes de sensibilidad
ecosistémica.**

Santiago Rojas Home
Luis Espinosa Triana

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental

Director (a):
Diana Rocio Hernández Rojas

Línea de Investigación:
ASA Sistemas ambientales recurso hídrico y territoriales

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia

2022

Acta de sustentación

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

Dedicatoria

A nuestros padres quienes impulsan nuestra vida y nos apoyan constantemente en nuestros éxitos personales, luchando siempre por nuestro bienestar e inculcándonos valores y principios para ser excelente profesionales.

Agradecimientos

En primer lugar, deseamos expresar nuestro agradecimiento al director de este proyecto de grado, Diana Rocío Hernández Rojas, por el apoyo y dedicación que brindó al presente trabajo, teniendo en cuenta el respeto a nuestras ideas y sugerencias.

De igual manera agradecemos a la empresa Biotecnología Ambiental Terranova S.A.S por su compromiso y disposición para la elaboración del documento, por abrirnos las puertas de la empresa y permitirnos visitarla para desarrollar las actividades necesarias

Tabla de contenido

Resumen	13
Abstract	13
1. Introducción	14
2. Planteamiento del problema	15
3. Justificación	15
4. Objetivos	17
4.1 <i>General</i>	17
4.2 <i>Específicos</i>	17
5. Marco de referencia	17
5.1 <i>Estado del arte</i>	17
5.2 <i>Marco conceptual</i>	19
5.3 <i>Marco Teórico</i>	21
5.4 <i>Marco Normativo</i>	22
5.5 <i>Marco Geográfico</i>	24
5.6 <i>Marco Institucional</i>	26
6. Metodología	28
6.1 <i>Metodología del Objetivo específico uno</i>	28
6.2 <i>Metodología del Objetivo específico dos</i>	30
6.3 <i>Metodología del Objetivo Especifico tres</i>	35
7. Aspectos Éticos	37
8. Resultados, Análisis y discusión	38
8.1 <i>Objetivo específico número uno</i>	38
8.2 <i>Objetivo específico número dos</i>	43
8.2.1 <i>Componente biótico</i>	44
8.2.2 <i>Componente abiótico</i>	46
8.2.3 <i>Componente Socioeconómico</i>	48
8.2.3 <i>Unificación de componentes ambientales</i>	50
8.3 <i>Objetivo número tres</i>	54
8.3.1 <i>Programa de manejo de lixiviados</i>	55
8.3.2 <i>Programa de manejo de vectores</i>	57
8.3.3 <i>Programa de manejo de olores</i>	60

9. Conclusiones	63
10. Recomendaciones	64
11. Referencias Bibliográficas.	65
Anexos	68

Índice de Tablas

Tabla 1. Marco normativo.....	22
Tabla 2. Factores ambientales para la construcción de la matriz de Ecopetrol.....	29
Tabla 3. Criterios para la evaluación de impactos metodología Vicente Conesa	30
Tabla 4. Rangos de jerarquización según la importancia del efecto.	30
Tabla 5. Clasificación de sensibilidad ecosistémica para El medio físico	32
Tabla 6. Clasificación de sensibilidad ecosistémica para El medio Biótico	32
Tabla 7. Clasificación de sensibilidad ecosistémica para El medio socioeconómico.....	33
Tabla 8. Programa de manejo de Propuestas a implementar	35
Tabla 9. Resumen lista de Chequeo	38
Tabla 10. Resumen de Impactos ambientales en medio Físico determinada por metodología Vicente Conesa.....	39
Tabla 11. Resumen de Impactos ambientales en medio Biótico determinada por metodología Vicente Conesa.....	40
Tabla 12. Resumen de Impactos ambientales en medio Socioeconómico determinada por metodología Vicente Conesa	40
Tabla 13 Puntaje determinado para el componente abiótico dentro de la zona total.....	52
Tabla 14 Puntaje determinado para el componente biótico dentro de la zona total.....	52
Tabla 15 Puntaje determinado para el componente Socioeconómico dentro de la zona total	53

Índice de Figuras

Figura 1. Ruta de acceso Planta de compostaje	25
Figura 2. Ubicación Biotecnología Ambiental Terranova S.A.S.....	25
Figura 3. Estructura organizacional Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible.	26
Figura 4. Estructura organizacional de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca	27
Figura 5. Estructura organizacional SINA.....	28
Figura 6. Corrección de geometrías en Qgis.....	31
Figura 7. Clasificación de sensibilidad ambiental	34
Figura 8. Adición y modificación de campos en la tabla de atributos	35
Figura 9 Etapas metodológicas en el desarrollo del proyecto.....	37
Figura 10. Impactos producidos por la producción de compostaje entre empresa Biotecnología Ambiental Terranova S.A.S y Planta de producción en la ciudad de Qaen.....	43
Figura 11 Mapa de sensibilidad ecosistémica determinada mediante factores bióticos.....	44
Figura 12 Mapa de Sensibilidad ecosistémica determinada mediante factores abióticos	46

Figura 13 Mapa de sensibilidad ecosistémica determinada mediante factores socioeconómicas	48
Figura 14. Convenciones del mapa de sensibilidad ecosistémica dad por los componentes ambientales	50
Figura 15 Mapa de sensibilidad ecosistémica integrada por los componentes bióticos, físicos y socioeconómicos	51
Figura 16 Comparativa de cobertura del suelo entre los años 2017 y 2021	54

Resumen

El presente proyecto tiene como finalidad determinar la sensibilidad ecosistémica a partir de la zonificación ambiental del proceso de compostaje en la empresa Terranova SAS, esta planta se encuentra ubicada en Mosquera, Cundinamarca y cuenta en sus zonas aledañas con diversas actividades antrópicas, como son la agricultura, ganadería, procesos industriales, entre otros, las cuales aportan al desarrollo productivo de la región. Todo proceso productivo genera pasivos ambientales, por ende, es importante resaltar que la producción de compostaje a escala industrial puede afectar diversos factores tanto bióticos, abióticos y socioeconómicos a razón de la transformación de la materia orgánica en abono. En el presente trabajo de investigación se revisaron algunos factores los cuales fueron evaluados mediante una visita de campo realizada en la zona de estudio con el fin de evidenciar el proceso de compostaje y realizar una zonificación ambiental mediante la metodología de Ecopetrol contrastando lo reportado en el plan de manejo ambiental de la empresa, para así determinar la sensibilidad ecosistémica en el área, donde se evidencio que se generan diversos impactos ambientales especialmente en el recursos hídrico y el suelo, causados especialmente por la producción de lixiviados, ocasionando así sensibilidad ecosistémica. Por este motivo se desarrollaron tres propuestas destinadas a mitigar, prevenir o corregir las diversas afectaciones encontradas, específicamente al recurso hídrico, la generación de vectores e impacto causado por la producción de olores.

Palabras clave: Zonificación ambiental, Sensibilidad ecosistémica, Compostaje, Impactos ambientales.

Abstract

The purpose of this project is to determine the ecosystem sensitivity based on the environmental zoning of the composting process in the company Terranova SAS, this plant is located in Mosquera, Cundinamarca and has various anthropic activities in its surrounding areas, such as agriculture, livestock, industrial processes, among others, which contribute to the productive development of the region. Every production process generates environmental liabilities, therefore it is important to highlight that the production of composting on an industrial scale can affect various biotic, abiotic and socioeconomic factors due to the transformation of organic matter into fertilizer. In the present research work, some factors were reviewed, which were evaluated through a field visit carried out in the study area in order to demonstrate the composting process and carry out an environmental zoning through the Ecopetrol methodology, contrasting what was reported in the plan of environmental management of the company, in order to determine the ecosystem sensitivity in the area, where it was evidenced that various environmental impacts are generated, especially in water resources and soil, caused especially by the production of leachates, thus causing ecosystem sensitivity. For this reason, three proposals were developed to mitigate, prevent or correct the various effects found, specifically to water resources, the generation of vectors and the impact caused by the production of odors.

Keywords: Ecosystem sensitivity, Environmental factors, Industrial composting

1. Introducción

Los seres humanos en las últimas décadas han transformado los ecosistemas de manera voraz y rápida comparada con la relación de otros períodos de la historia, debido a la creciente demanda de alimento, agua, combustibles fósiles, etc. generando una degradación en los ecosistemas de una manera muy amplia (Esquivel Frías, 2006).

El poder revertir la degradación de los diversos servicios ecosistémicos implica un gran desafío en la sociedad al no poder dejar de lado la demanda necesaria de estos pensando en las futuras generaciones (Lhomme et al., 2005). Para poder cumplir con este desafío se realizó la evaluación de los ecosistemas del milenio, teniendo como objetivo el evaluar las consecuencias que se derivan de dichas alteraciones en la calidad de vida de la sociedad, donde postulan entre sus diversos estudios, la necesidad de identificar posibles cambios en el ambiente por la realización de cualquier actividad junto con la obligación de conservar o buscar un manejo sostenible de los ecosistemas (Lhomme et al., 2005).

Siguiendo esta misma línea y tratando de buscar mejoras en los procesos antrópicos, surgieron diversas herramientas destinadas a identificar los impactos ambientales generados por el ser humano, por ende, se desarrollaron diferentes metodologías con el objeto de cuantificar la susceptibilidad de cambio que tiene un ecosistema. Esto último se le conoce normalmente como una determinación de la sensibilidad ambiental de un ecosistema o lugar en específico, el cual se entiende como el potencial de afectación (transformación o cambio) que pueden sufrir los componentes ambientales como resultado de la alteración de los procesos físicos, bióticos y socioeconómicos que lo caracterizan (Sandia & Vásquez, 2016).

La implementación de esta técnica apoyada en herramientas como los sistemas de información geográfica, ayuda a comprender la respuesta que presentan los diversos componentes del medio físico natural a los procesos ocasionados por las actividades humanas, además de determinar la vulnerabilidad de los componentes sociales frente a las condiciones ambientales.

En este trabajo se presenta una determinación de la sensibilidad ecosistémica a partir de la zonificación ambiental del proceso de compostaje llevado a cabo por la empresa Biotecnología ambiental Terranova SAS, donde se evalúa dicho proceso productivo con respecto al plan de manejo Ambiental presentado a las autoridades ambientales, además de analizar los componentes, biótico, abiótico y socioeconómico del área de estudio identificados mediante el levantamiento de información obtenida por la visita de campo, apoyados en herramientas de SIG y en la Guía metodológica de la Zonificación ambiental desarrollada por Ecopetrol, con el propósito de construir alternativas de manejo ambiental para la empresa.

2. Planteamiento del problema

La actividad de compostaje esta vista regularmente como una actividad que acompaña ideas de sostenibilidad al ayudar al medio ambiente a combatir el cambio climático, ya que al devolver la materia orgánica resultante de los residuos sólidos al suelo se genera menos contaminación, sin embargo al hablar de producción de compostaje a escala industrial no se puede decir lo mismo, pues esta puede llegar a afectar los diversos componente ambientales contaminando distintos elementos en cada uno de ellos, como el agua superficial, mediante una escorrentía de lixiviados, el agua subterránea por una percolación de lixiviados, la calidad del aire al generarse CO₂ y la proliferación de vectores dados en los procesos de descomposición, etc.

Teniendo presente las posibles problemáticas que genera en el ambiente la elaboración de compostaje a escala industrial, es de suma importancia tener en cuenta el área donde se desarrolla la actividad, por ende para el caso del presente proyecto se tiene que el área de influencia de la planta de compostaje abarca distintas actividades económicas entre las cuales se destacan agricultura, ganadería y otros procesos industriales a pequeña escala, así mismo a un aproximado de 1 km se encuentra ubicada la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Madrid, con la cual comparte el cauce de algunos ríos importantes como los son el río Balsillas y el río Bojacá, ríos los cuales desembocan a unos kilómetros de distancia en la laguna de La Herrera, lugar donde indirectamente también posee una influencia significativa.

Por tal motivo al evidenciar la ubicación de la planta de compostaje junto con su área de influencia se considera importante realizar una evaluación del proceso industrial de la misma para así desarrollar la zonificación ambiental teniendo presente las transformaciones ecosistémicas sufridas debido a la actividad para cada uno de los componentes ambientales, con el fin de proponer estrategias y alternativas sostenibles de manejo ecológico que promuevan la responsabilidad social empresarial, de los recursos naturales y el desarrollo económico de la empresa

3. Justificación.

Actualmente con el aumento constante de la población, el problema con los residuos sólidos ha ido aumentando, pues la acumulación de estos, en centros urbanos puede generar problemas graves para los mismos como es mencionado por el Ministerio de Ambiente al identificar que dentro de las áreas

afectadas por el inadecuado manejo de residuos sólidos se encuentran la salud pública, recursos renovables y no renovables, recursos económicos y factores ambientales. (MINAN, 2018)

En Colombia se generan 3,6 millones de toneladas de residuos al día, por tal motivo es necesario implementar una gestión y recolección de estos, donde los residuos se transfieran del productor a las personas encargadas del transporte y la disposición final (MINAN, 2018). La empresa Biotecnología Ambiental Terranova actúa como una empresa de recolección de materia orgánica producida por diferentes urbanizaciones, con el fin de transformarla en compostaje, mediante, una descomposición biológica y una estabilización de la materia orgánica bajo condiciones que permiten el desarrollo de temperaturas termofílicas dada por una producción biológica de calor que da un producto final estable libre de patógenos (Biotecnología Ambiental Terranova, 2016).

En la generación del compostaje, al igual que en diversas industrias y proyectos se generan impactos ambientales como lo indica Vanegas en su estudio desarrollado en 2005, donde identifica que la industria del compostaje puede afectar al recurso hídrico; específicamente el agua superficial y subterránea a causa de la generación de lixiviados, la calidad del aire al generarse dióxido de carbono por la descomposición inadecuada de materia orgánica y vapor de agua dados por el desarrollo del compostaje sin la presencia de zonas anaerobias (Vanegas, 2005). Cabe aclarar que estos impactos que pueden producirse dependen de la optimización y el control que la empresa tenga sobre el proceso.

Teniendo en cuenta todos los impactos ambientales que una planta de producción de compostaje puede generar en los recursos ambientales aledaños, la zonificación ambiental del proyecto toma una gran importancia, como lo indica Elizabeth junto a su grupo de estudio, debido a que gracias a la zonificación donde se identifican las subdivisiones del territorio con la presencia los diversos componentes ambientales se permite determinar la sensibilidad ecosistémica de la zona y por ende el impacto ambiental generado por el proceso productivo de compostaje. (Elizabeth et al., 2012)

Con la determinación de la sensibilidad ecosistémica para la empresa en su proceso de elaboración de compostaje se busca estimar el potencial de afectación (transformación o alteración) que puede sufrir el área de influencia tanto a nivel físico-natural, como social, ocasionado por la alteración de los procesos físicos, químicos y biológicos desarrollados durante cada una las fases del compostaje. (Márquez et al., 2013). De esta manera se podrá prevenir afectaciones directas a otras industrias desarrolladas en la zona mejorando la calidad de vida de las personas y contribuyendo al desarrollo económico

4. Objetivos

4.1 General

Determinar la sensibilidad ecosistémica a partir de la zonificación ambiental del proceso de compostaje de la empresa Terranova SAS

4.2 Específicos

1. Evaluar el proceso de compostaje realizado por la empresa Biotecnológica ambiental Terranova S.A.S
2. Analizar de los componentes biótico, abiótico y socioeconómico del área de estudio del compostaje realizado por la empresa Terranova S.A.S mediante metodología de zonificación ambiental, apoyados en herramientas de SIG.
3. Proponer alternativas de manejo ambiental para el proceso de compostaje realizado por la Biotecnológica ambiental Terranova S.A.S.

5. Marco de referencia

5.1 Estado del arte

En el presente proyecto se tratarán diversos temas, entre los principales se encuentran, zonificación, caracterización de un proceso productivo y sensibilidad ecosistémica, con los cuales se busca cumplir con la totalidad de los objetivos propuestos para el desarrollo del presente documento.

En total se tomaron varios documentos relacionados con los temas principales mencionados anteriormente, donde se realizan distintas metodologías para realizar una zonificación, evaluar un proceso de compostaje y determinar la sensibilidad ecosistémica de un lugar en específico. En cuanto a la zonificación se evidencio en el documento de Aristizábal (Ospina, 2012) que implementa la zonificación ambiental para desarrollar un estudio de impacto ambiental dentro de la operación minera de Boyacá con el fin de permitir a los operadores mineros realizar una correcta proyección de la actividad donde se minimizan riesgos de carácter económico por inversiones futuras.

Aristizábal en su estudio desarrolló la zonificación a partir del diagnóstico a nivel biofísico y sociocultural, donde tuvo en cuenta variables físicas, amenazas naturales en la zona de estudio, diversidad ecológica, hidrológica y geomorfológica, amenaza por remoción de masa, amenazas de inundación, capacidad agrológica de los suelos, entre otros. Variables que sumadas con una implementación de software SIG y diferentes matrices logran adaptar y formar mapas para la evidencia de zonas aptas y no aptas para la explotación minera.

De acuerdo con lo evidenciado en el trabajo de Aristizábal es de gran importancia tener en cuenta todas las variables bióticas, abióticas, socioeconómicas y las zonas de amenaza en el lugar, además de desarrollar matrices que permitan comparar y ajustar las variables junto con su grado de sensibilidad para así proporcionar de manera detallada una zonificación ambiental de la zona de estudio del presente proyecto.

Siguiendo con las temáticas principales, para la evaluación de proceso productivos como lo es el compostaje, se evidencio un trabajo realizado por Fallas en 2016 (Fallas Conejo, 2016) donde evalúa el proceso de compostaje de una materia orgánica bajo aireación forzada, con el fin de determinar la razón de transferencia de calor entregada al aire que pasa a través de la pila de compost. Para lograr la caracterización del proceso de compostaje, Fallas tuvo en cuenta cada fase del proceso, desglosándolo y enfatizando en los residuos sólidos implementados en la elaboración del compostaje, junto con humedad, temperatura, pH, entre otros.

Pese a que esta evaluación no está enfocada al mismo fin que el presente proyecto, es de gran ayuda debido a que, si se desglosan de la misma manera los procesos de producción del compostaje realizados por la empresa Terranova S.A.S se puede realizar una completa caracterización, la cual junto con el proceso de zonificación aumentará la exactitud de la evaluación ambiental que se busca en el presente trabajo.

En cuanto a la temática relacionada con la sensibilidad ecosistémica se identificó un estudio el cual plantea a la sensibilidad ambiental como una aproximación metodológica con el fin de validar estudios de impacto ambiental, en este se busca a través del Análisis Multicriterio, constituir una herramienta para la determinación y jerarquización de los grados de Sensibilidad Ambiental de los diferentes sectores susceptibles de ser afectados por la ejecución de un proyecto de desarrollo agroindustrial (Márquez et al., 2013), en la búsqueda de lograr el objetivo, Márquez tuvo en cuenta cuatro fases claves, la fase de recopilación donde se organizó y analizó las investigaciones realizadas sobre el área de influencia físico-

natural, además de la elaboración de un mapa base con la información del área de influencia; una fase de los factores y restricciones a ser considerados en el Análisis de Sensibilidad Ambiental, donde basados en el método de ponderación el cual considera factores y restricciones como tipo de criterios; la fase de construcción del mapa de sensibilidad ambiental para cada uno de los criterios; y por último la fase de determinaciones de sensibilidad para cada tipo de criterio, esta última elaborada a partir de tablas de puntajes donde se le da un valor correspondiente y un color distintivo a cada grado de afectación encontrado.

Este estudio realizado por Márquez es de gran importancia para el presente trabajo, debido a que aparte de proporcionar información metodológica de cómo determinar una sensibilidad ambiental para una zona en específico, proporciona bases acerca de cómo la determinación de la sensibilidad ambiental de un ecosistema es fundamental para evaluar problemáticas ambientales generadas por un proyecto, el cual al relacionarlo con el proceso de compostaje con la empresa Terranova S.A.S nos permite cumplir el propósito de evaluar el impacto ambiental producido por la actividad económica durante el proceso de producción del compostaje mediante diversas metodologías y estrategias para así poder dar a conocer estrategias de mitigación de impactos ambientales.

5.2 Marco conceptual

La empresa Biotecnología Ambiental Terranova S.A.S realiza procesos industriales destinados a la elaboración de compostaje a partir de **residuos orgánicos** recolectados de diversos puntos como plazas de mercado, lugares de acopio, etc. El proceso de compostaje consiste en la descomposición biológica y la estabilización de sustratos orgánicos, bajo condiciones que permitan el desarrollo de temperaturas termófilas (entre 50 y 70 grados centígrados), resultantes de la producción de energía calorífica de origen biológico, donde se obtiene un producto libre de patógenos y semillas que puede ser aplicado al suelo y lograr grandes beneficios (Campos et al., 2004). **El proceso de compostaje** debe tener unas condiciones iniciales tanto de humedad, estructura y composición, dado a que si hay falta de agua se origina una ralentización del proceso donde la materia orgánica pierde porcentaje de descomposición, pero si existe demasiada agua, la posibilidad que esta impida el paso de oxígeno entre los poros y límite el desarrollo de microorganismos incrementa considerablemente. Sin embargo, estas no son las únicas condiciones a tener en cuenta, pues la producción industrial de compostaje posee diversos inconvenientes físicos, como lo es, las disponibilidades de grandes áreas de espacio con superficies impermeabilizadas las cuales

recogen los lixiviados que se derivan del proceso de descomposición y la pérdida de nitrógeno generada por la emisión de amoníaco a la atmósfera la cual disminuye la calidad del compostaje y por ende su precio.

La evaluación ambiental definida como un instrumento ambiental, que busca prevenir, mitigar y restaurar los daños al ambiente así como la regulación de obras o actividades para evitar o reducir sus efectos negativos en el ambiente, surge como una herramienta preventiva frente a las problemáticas ambientales evidenciadas durante el paso de los años con la ejecución de proyectos tanto de gran inversión como de actividades de desarrollo que involucren programas de ordenamiento territorial, políticas y alternativas de acción, y proyectos; como la producción de compostaje a gran escala.. (Luz, 2007)

En el desarrollo de la evaluación ambiental existen diversos instrumentos como lo son los estudios ambientales preliminares, parciales, estudios de línea base o diagnóstico socioambiental, detallado o de evaluación estratégica. Para el caso de la empresa Terranova S.A.S el instrumento más afín a la metodología planteada es el estudio de la línea base o diagnóstico socio-ambiental dado a que es un análisis donde se evalúan las obras o actividades a partir de la posible producción de impactos al ambiente de manera negativa, ya sea de un modo medible o cualitativo, que necesiten de una profundidad en su análisis para derivar a estrategias de manejo ambientales adecuadas (Gutiérrez, 2017), en el presente caso alternativas de manejo sostenibles para la empresa Terranova S.A.S.

La zonificación ambiental es de gran importancia como método para lograr el completo y correcto desarrollo de la evaluación ambiental que se busca realizar del proceso de compostaje, ya que; al ser un proceso en el cual se determinan áreas que presentan una sensibilidad ambiental dadas por sus componentes, (Cardona & Castro, 2019) permite evidenciar la susceptibilidad que tiene el área de influencia ante los fenómenos naturales y antrópicos como lo es la producción de compostaje en la zona. Dentro de la metodología de zonificación ambiental es de gran importancia identificar los aspectos de interés ambientales presentes en el área de influencia una vez terminada la evaluación del proceso de compostaje, pues a partir de esta, se permite la identificación y delimitación de áreas en la zona donde se evidencie mayor perceptibilidad a agravar situaciones o estados del entorno natural y/o humano.

En la zonificación ambiental la identificación y delimitación de áreas sensibles es representada mediante mapas que contemplen cartografía base de los componentes ambientales (biótico, abiótico y socioeconómico), esto se logra por medio de los sistemas de información geográfica más conocidos como

SIG, definidos como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada, capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos (Cristobal, 2006). Con la ayuda de las SIG se logra responder diversas cuestiones como localización, condiciones, tendencias, rutas, pautas y modelos, cuestiones de interés en actividades relacionadas con la planificación e investigación, así como en el estudio y monitoreo de recursos y como el análisis de impactos producidos por actividades antrópicas.

5.3 Marco Teórico

La palabra medio ambiente se usa más comúnmente en referencia al ambiente "natural", o la suma de todos los componentes vivos y los abióticos que rodean a un organismo, o grupo de organismos, en él se ven inmersos distintos componentes tanto físicos, donde ese encuentra el aire, temperatura, relieve, suelos y cuerpos de agua, así como componentes vivos, plantas, animales y microorganismos (Zavala Guillen, 2018). La preservación del medio ambiente es fundamental para permitir el avance de la civilización, pues los seres humanos somos los principales beneficiados de los procesos que surgen en el medio ambiente ya que los bienes y servicios que proporcionan son vitales para el bienestar y el desarrollo económico y social de la humanidad (European Commission, 2010).

Sin embargo, con el paso del tiempo las actividades antrópicas han ido aumentando considerablemente a causa del constante crecimiento de la población mundial, lo cual ha derivado de manera directa a un agotamiento de los recursos naturales al ir abusando de estos sin tener en cuenta su agotamiento, provocando el empobrecimiento del suelo, la desaparición de bosques y especies, y la reducción de sus reservas hidrográficas (Educarex, 2018). Sin embargo, la contaminación es el mayor impacto que se ha generado debido a las actividades antrópicas dado por un aumento de producción como respuesta al constante crecimiento demográfico, el cual produce más desechos que contaminan el aire, el suelo, el agua y como consecuencia directa, la salud.

La humanidad ha buscado el desarrollo social y económico desde que empezaron las primeras civilizaciones, pues el desarrollo de una región es de gran importancia al mejorar calidad de vida, disminuir problemáticas de salud asociadas a enfermedades infecciosas, hambruna y demás (Wolf, 1967). El crecimiento económico de un país en la actualidad está ligado a su sector industrial pues como lo menciona Palomino. En el proceso de crecimiento económico, el sector industrial es piedra angular para la transformación productiva, al desatar las fuerzas propulsoras del desarrollo que permiten dejar atrás

actividades rudimentarias para desarrollar actividades complejas (Palomino, 2017), solucionando algunos problemas, pero dejando de lado el ambiente, originando problemáticas ambientales.

El desarrollo económico que presenta Colombia no queda de lado a la afirmación de Palomino pues el valor agregado de la industria manufacturera, comparado con otros sectores, junto con su producción bruta es alrededor de tres veces su valor agregado y es más grande que la de cualquier otro sector (Banco De La Republica, 2018). Dentro de la industria colombiana se encuentra la industria del compostaje, una industria que a través de sus acciones busca reutilizar y valorizar los materiales orgánicos que produce una población; y que esa materia orgánica estable, libre de patógenos y semillas de malezas puede contribuir a la recuperación de suelos degradados, o como fuente de nutrientes para las actividades agrícolas (Vanegas, 2005). Pese a que con este tipo de industrias se pretende darles un segundo uso a desechos orgánicos, también genera distintos impactos que afectan al medio ambiente, como los descritos Por Vanegas donde menciona que existen contaminaciones originados por una planta de producción de compostaje en el agua superficial, agua subterránea, la calidad del aire y proliferación de vectores.

De esta forma, si los ecosistemas naturales dejan de prestar sus servicios debido a la carga que existe sobre ellas y a la contaminación constante, las alternativas tanto de producción como de mantenimiento de calidad de vida será aún más costosas. Por ende es indispensable determinar, controlar y reducir todos los impactos ambientales que se puedan generar en procesos industriales a gran escala, dicho esto, la determinación de la sensibilidad ecosistémica se convierte en un pilar esencial en la ejecución de proyectos y obras dado a que permite estimar el potencial de afectación que puede sufrir el área de influencia tanto físico como natural resultantes de la alteración de los procesos físicos, químicos y biológicos (Márquez et al., 2013).

5.4 Marco Normativo

Para el desarrollo del proyecto se hizo una búsqueda de la legislación ambiental ya sean leyes, decretos o resoluciones en Colombia enfocadas a la temática de la presente investigación.

Tabla 1. Marco normativo

Herramientas Legislativas	Descripción
----------------------------------	--------------------

Decreto 2372 del 2010	Por el cual se reglamenta el sistema de áreas protegidas, las categorías que lo conforman y los procedimientos generales.
Decreto 2278 de 1953	El presente decreto contiene las reglas generales en las vigilancia, conservación, mejoramiento, reserva, repoblamiento y explotación de bosque; aprovechamiento, comercio, movilización y explotación de productos forestales.
Decreto 2981 de 2013 Ministerio de Vivienda	Reglamenta la Prestación del Servicio de Aseo, establece las características para el aprovechamiento de residuos, en especial de los residuos orgánicos
Decreto 351 de 2014	Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades.
Artículo 8 de la constitución política de Colombia	Obligación del estado de proteger riquezas naturales de la Nación
Artículo 79 de la Constitución política de Colombia	Consagra el derecho de todas las personas residentes en el país a gozar de un ambiente sano.
Artículo 80 de la Constitución política de Colombia	Establece como deber del Estado la planificación del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales.
Norma Técnica NTC Colombiana 5167 de 2011	Por la cual se regulan límites para productos de la industria agrícola, productos orgánicos usados como abonos fertilizantes y enmiendas o acondicionadores del suelo.
Decreto 2412 de 2018	El presente capítulo tiene como objeto reglamentar el Incentivo al Aprovechamiento y Tratamiento de Residuos Sólidos
Política Conpes 3874 de 2016	El enfoque de esta política es la gestión de los residuos no peligrosos y busca aportar al desarrollo sostenible y a la adaptación y mitigación del cambio climático. Los residuos peligrosos presentan una dinámica propia y cuentan con una política y normatividad que promueve su prevención y minimización.

Decreto 1713 de 2002	Establece normas orientadas a reglamentar el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de los residuos sólidos ordinarios, en materias referentes a sus componentes, niveles, clases, modalidades, calidad, y al régimen de las personas prestadoras del servicio y de los usuarios.
----------------------	--

Fuente: Elaboración propia

5.5 Marco Geográfico

El área de estudio comprende un territorio ubicado en el departamento de Cundinamarca específicamente en el Municipio de Mosquera, este se localiza en la provincia de la Sabana Occidente, tiene aproximadamente 30.000 habitantes, está a una altitud de 2516 m.s.n.m, con un clima entre 12°C y 14°C.

La actividad económica principal en el municipio de Mosquera es la agrícola esta se comprende por grandes haciendas caracterizadas por su calidad excepcional de sus tierras. Su crecimiento ha sido notable en los cultivos como espinacas, coliflor, lechuga, zanahoria, apio, ajos, papa y arveja. Es muy importante resaltar que por su ubicación geográfica a las cercanías de Bogotá ha ayudado a que grandes industrias del orden nacional se hayan instalado en este municipio permitiendo ser financieramente uno de los municipios con recursos económicos suficientes para su propia dinámica económica (Alcaldía municipal de Mosquera, 2021).

En la vereda las balsillas se encuentra ubicada la planta de compostaje Biotecnología Ambiental Terranova S.A.S a una distancia de 4,5 km del casco urbano del Municipio de Madrid, comprende un área total de 30.000 m², la cual limita a los costados norte y sur con lotes de uso agrícola, al oriente y occidente, con predio agrícola y una ruta de acceso, las coordenadas exactas son latitud 4°42'35.91"N y longitud 74°17'31.70"O, dentro de este predio se realizaban actividades agrícolas y de pastoreo, pero por sus características áridas y poca precipitación tenía limitaciones para ese tipo de uso, es importante tener en cuenta que a cercanías de la empresa se encuentran zonas de explotación minera.

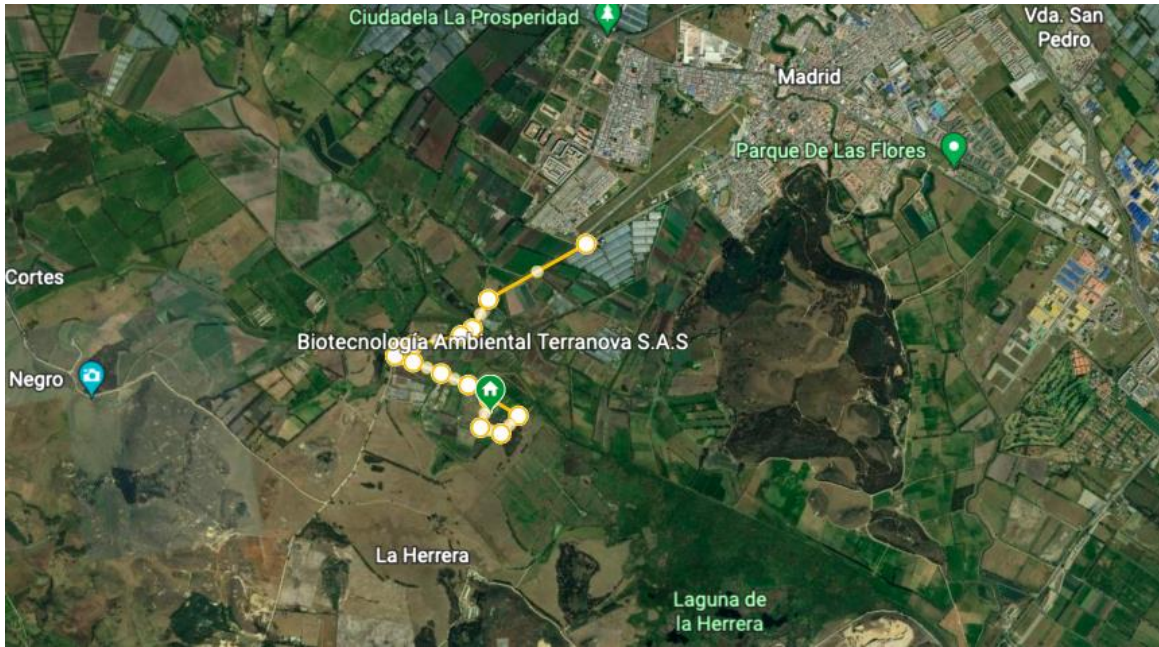


Figura 1. Ruta de acceso Planta de compostaje

Tomado de: Google Earth, 2022



Figura 2. Ubicación Biología Ambiental Terranova S.A.S.

5.6 Marco Institucional

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible

Según el decreto 3570 de 2011 del departamento administrativo de la función pública el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores. (Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, 2011) El Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible dispone de su estructura organizacional mediante el artículo 5 del decreto 3570 de 2011 como se evidencia en la figura 3



Figura 3. Estructura organizacional Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible.

Tomado de: (Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, 2019)

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR

Es la máxima autoridad ambiental del departamento de Cundinamarca, la cual según la ley 99 de 1993 la CAR tiene por objeto la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como el cumplimiento y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (CAR, 2017). La estructura organizacional de la CAR está dada principalmente por una asamblea corporativa, un consejo directivo apoyado por una dirección general y regional (ver figura 4)

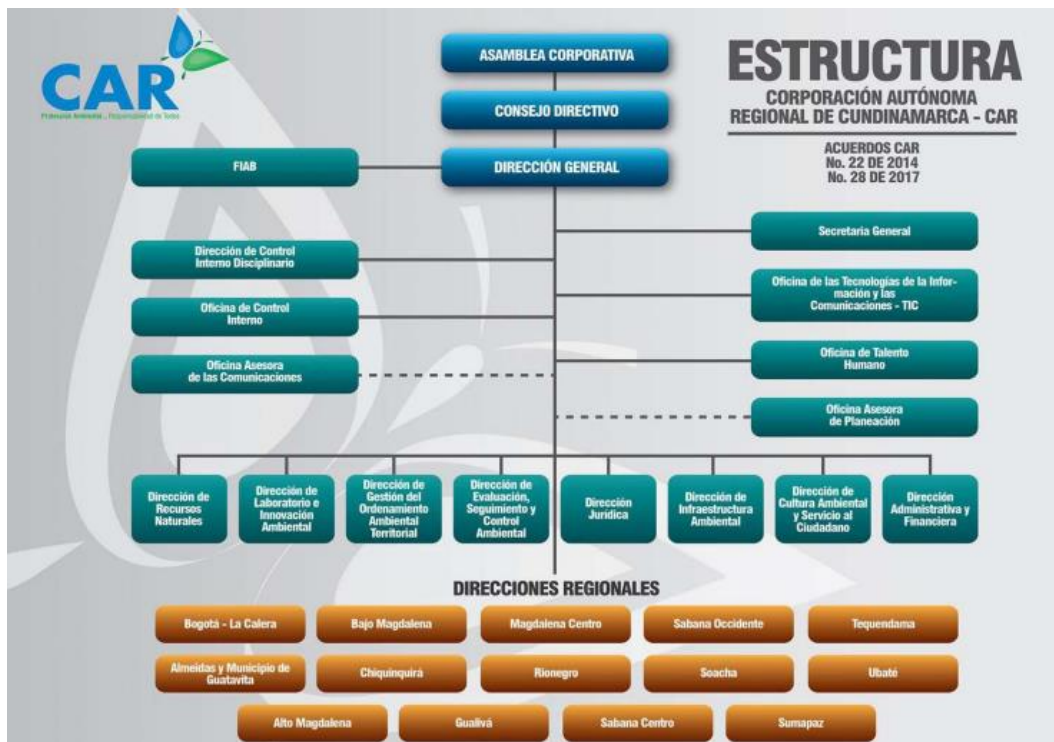


Figura 4. Estructura organizacional de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

Tomado de: (CAR, 2017)

Sistema Nacional Ambiental - SINA

Es el conjunto de orientaciones, normas, actividades, recursos, programas e instituciones que permiten la puesta en marcha de los principios generales ambientales contenidos en la ley 99 de 1993 (Congreso de la República de Colombia, 2012) El SINA está integrado por principios y orientaciones generales

contenidos en la Constitución Nacional, normatividad, entidades estatales y organizaciones comunitarias y no gubernamentales (ver figura 5)

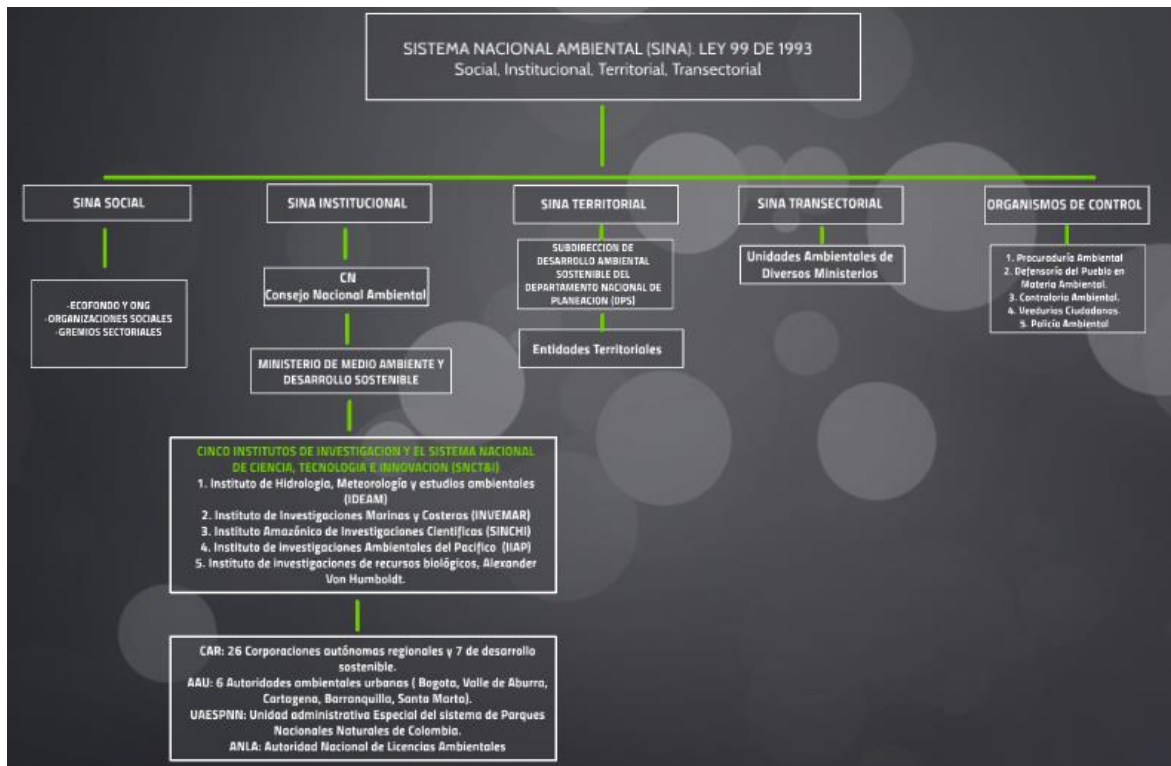


Figura 5. Estructura organizacional SINA.

Tomado de: (Congreso de la República de Colombia, 2012)

6. Metodología

El desarrollo de esta investigación se realizó con un enfoque mixto debido a que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos, con un alcance descriptivo que se encarga de describir las características o rasgos de la situación o del fenómeno de estudio. Esta metodología está dividida por objetivos específicos.

6.1 Metodología del Objetivo específico uno

Para el cumplimiento del primer objetivo se hizo una búsqueda bibliográfica de los procesos de producción de compostaje y los impactos que pueden tener en el ecosistema, posteriormente se revisó el

plan de manejo ambiental de la empresa con la finalidad de evidenciar los procesos de producción de compostaje y así construir una lista de chequeo. Con esta lista y un diario de campo se programó una visita a la empresa Biotecnológica ambiental Terranova S.A.S ubicada en Mosquera para así construir una matriz de evaluación de impacto. Las técnicas que se utilizaron para el cumplimiento de este objetivo son la observación directa, búsqueda bibliográfica, diario de campo y análisis cartográfico.

Para la elaboración de la herramienta denominada lista de chequeo fue necesario contrastar los principales procesos en la producción de compostaje evidenciados en el plan de manejo ambiental de la empresa con lo observado en campo, para así determinar si cumple, no cumple o cumple parcialmente a manera de porcentaje.

A partir de la lista de chequeo se utilizó la guía metodológica propuesta por Ecopetrol para la zonificación ambiental, en donde se construyó una matriz con el fin de clasificar los impactos según lo propuesto por Ecopetrol, los resultados de esta matriz fueron clasificados en bajo, medio, alto y muy alto, según lo determinado. Esta matriz se realizó ubicando en la columna izquierda todos los procesos que se evidenciaron en el plan de manejo ambiental y en la fila superior los impactos ambientales propuestos por la metodología de Ecopetrol que fueron de utilidad para el presente proyecto, estos impactos fueron divididos en medio físico, medio biótico y medio abiótico como se muestra a continuación.

Tabla 2. Factores ambientales para la construcción de la matriz de Ecopetrol

Medio Físico						Medio Biótico	Medio Social			
Geotecnia	Susceptibilidad a la erosión	Pendiente del terreno	Densidad hídrica	Oferta hidrogeológica	Inundación	Vegetación	Actividad económica	Conflictos por uso de suelo	Calidad de vida	Tenencia de la tierra

Por otro lado se realizó una matriz de impacto ambiental, teniendo también presente lo obtenido de la lista de chequeo, esta matriz se realizó con la ayuda de la metodología de Vicente Conesa, en donde a cada impacto se otorgó una puntuación a partir de la intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad sinergia, acumulación, efecto, periodicidad y recuperabilidad, para finalmente aplicar la sumatoria evidenciada en la ecuación y así obtener una puntuación que según una escala se clasificaban de bajo, moderado, severo o crítico. Finalmente, con base a los resultados, se determinaron los impactos potenciales directos e indirectos que actúan con los componentes.

$$I = \sum [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

Ecuación. Cálculo de la importancia según metodología Vicente Conesa

Tabla 3. Criterios para la evaluación de impactos metodología Vicente Conesa

Positivo/Negativo	Naturaleza del impacto
I	Importancia del impacto
i	Intensidad
EX	Extensión
MO	Momento
PE	Persistencia
RV	Reversibilidad
SI	Sinergia
AC	Acumulación
EF	Efecto
PR	Periodicidad
MC	Recuperabilidad

A continuación, se establecen los rangos de clasificación según la metodología de Vicente Conesa, los cuales permitieron concretar los valores de importancia de cada impacto evidenciado.

Tabla 4. Rangos de jerarquización según la importancia del efecto.

Valor I	Calificación
<25	Bajo
$25 \geq < 50$	Moderado
$50 \geq < 75$	Severo
≥ 75	Crítico

6.2 Metodología del Objetivo específico dos

Para la realización del presente objetivo se implementaron diversas estrategias de búsqueda de información, estas se desarrollaron de manera remota, como búsqueda bibliográfica, y de manera presencial mediante la visita de campo. Con la información de los diversos componentes ambientales

obtenidos se implementaron las herramientas de los sistemas de información geográfica, en el caso del presente proyecto se implementó la herramienta Qgis versión 3.26, gracias a esta herramienta se pudo acoplar toda la información obtenida y contrastarla, permitiéndonos obtener un modelo digital del terreno con diversas capas cartográficas como, ríos, drenajes, biomas, de cobertura vegetal, uso actual del suelo, elevación del terreno, entre otras.

Cabe recalcar que para el acople de información en la herramienta de Qgis todas las capas obtenidas y descargadas de páginas como el SIGOT y ArcGis se pasaron por una revisión minuciosa con el fin de verificar que la información presente fuera de utilidad en el proyecto, además, todas las capas que se implementaron fueron, primero, corregidas mediante la corrección de geometrías que permite alinear de forma automática los bordes y vértices de una capa vectorial frente a otra y segundo, reconvertidas al sistema de coordenadas WGS 84, el cual permite de manera precisa conectar y traslapar cada una de las diversas capas para obtener los mapas finales.

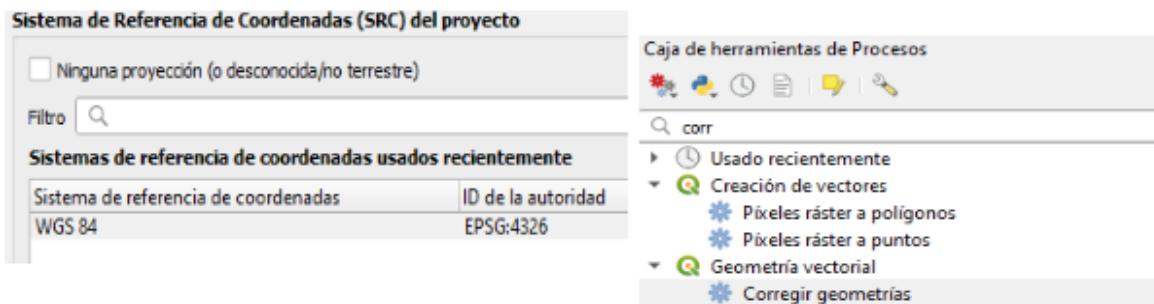


Figura 6. Corrección de geometrías en Qgis

Con la superposición de capas con el sistema de coordenadas adecuado, se procedió a elaborar los mapas para cada tipo de componente, empezando con la delimitación de la zona de estudio, que comprendió la ubicación de la planta de compostaje y 3 km a la redonda de esta, la delimitación se realizó teniendo presente la dispersión de contaminantes y la presencia de diversos componentes claves a ser analizados. Una vez la zona fue delimitada se procedió a la clasificación de la sensibilidad ecosistémica en la zona, esta se realizó siguiendo la guía metodológica de la zonificación ambiental realizada por Ecopetrol, la cual permite clasificar según un puntaje determinado la sensibilidad presente en la zona para cada componente, el puntaje se otorgó gracias a la implementación de las tablas propuestas por Ecopetrol

como se puede observar a continuación, en el caso del componente Físico se puede observar la tabla número 5, para el componente biótico la numero 6 y para el componente socioeconómico la número 7.

Tabla 5. Clasificación de sensibilidad ecosistémica para El medio físico

ZONIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD GEOTÉCNICA		
Zonas de baja estabilidad		6
Zonas de baja a media estabilidad		4
Zonas de media a alta estabilidad		2
Zonas de muy alta estabilidad		1
ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN		
Zonas con severa susceptibilidad a la erosión		4
Zonas con moderada susceptibilidad a la erosión		3
Zonas con leve susceptibilidad a la erosión		2
Zonas con nula susceptibilidad a la erosión		1
ZONIFICACIÓN DEL GRADO DE PENDIENTE DEL TERRENO		
Zonas de muy alta pendiente		6
Zonas de alta pendiente		4
Zonas de moderada pendiente		2
Zonas de baja y muy baja pendiente		1
Oferta Hidrogeológica		
Mayor interés		6
Medio interés		3
Bajo interés		1
RECURSO HIDRICO		
Densidad Hídrica	Alta	3
	Media	2
	Baja	1
Oferta Hídrica	Baja	3
	Media	2
	Alta	1
Susceptibilidad a la Inundación	Alta susceptibilidad	3
	Medio susceptibilidad	2
	Baja susceptibilidad	1
Demanda Hídrica		3
		2
		1
TOTAL		Puntaje Total

Fuente: Ecopetrol

Tabla 6. Clasificación de sensibilidad ecosistémica para El medio Biótico

TIPOS DE COBERTURA VEGETAL <i>ECOPETROL (2003) CORINE (2010)</i>			
ECOPETROL 2003	DESCRIPCIÓN	COBERTURA DE LA TIERRA (CORINE), Colombia (2010)	CALIF.

Cultivos agrícolas <i>Plantaciones o cultivos temporales anuales, semestrales o con periodos de desarrollo inferior a un año.</i>	X	Cultivos permanentes	15
		Áreas agrícolas heterogéneas	
		Cultivos transitorios	

Fuente Ecopetrol

Tabla 7. Clasificación de sensibilidad ecosistémica para El medio socioeconómico

GRADO DE USO	COBERTURA / DEDICACIÓN	P.	DESCRIPCIÓN
ZONAS DE USO INTENSIVO	Zonas urbanas Zonas agrícolas / agroforestales	7 6	Áreas de mayor concentración poblacional, dedicadas a la vivienda o a la producción industrial. Igualmente, zonas de cultivos de uso intensivo, incluye agroforestales.
ZONAS DE USO SEMI INTENSIVO	Actividad pecuaria	4	Áreas dedicadas a la ganadería extensiva.
ZONAS DE BAJO USO	Bosques Rastrojos Z. desnudas	3 2 1	Áreas en las cuales no se obtiene beneficio económico directo significativo o que no están articuladas directamente al mercado.
CALIDAD DE VIDA	CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
	BAJO	1	Los servicios domiciliarios de acueducto, manejo de excretas, energía eléctrica y gas; más el acceso a telefonía y educación primaria poseen coberturas inferiores al 50%.
	MEDIO	3	Los servicios domiciliarios de acueducto, manejo de excretas, energía eléctrica y gas; más el acceso a telefonía y educación primaria poseen coberturas entre el 50 % y el 80%.
	ALTO	6	Los servicios domiciliarios de acueducto, manejo de excretas, energía eléctrica y gas; más el acceso a telefonía y educación primaria poseen coberturas superiores al 80%.
ORGANIZACIÓN COMUNITARIA	CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
	BAJO	1	Unidad donde no existen o son escasas las organizaciones comunitarias y ejercen presencia en uno o dos ámbitos de participación.
	MEDIO	3	Unidad donde se encuentran dos o más organizaciones comunitarias que ejercen participación en por lo menos dos de los ámbitos.
	ALTO	5	Unidad donde hay diversidad de organizaciones sociales, incluyendo las que representan asociaciones y que se involucran o ejercen participación en los tres ámbitos
TENENCIA DE LA TIERRA	CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
	LATIFUNDIO	2	Propiedades cuyo tamaño dominante es superior 100 ha.
	MEDIANA PROPIEDAD	4	Propiedades tamaño dominante oscila entre 20-100 ha
	MINIFUNDIO	6	Propiedades cuyo tamaño dominante es inferior a 20 Ha.
CONFLICTOS USO SUELO	CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
	ADECUADO	1	Usos del suelo apropiados a la capacidad de oferta natural.
	DEFICIENTE	2	Subutilización de la oferta natural de los suelos.

	<i>INADECUADO</i>	3	Sobreexplotación del suelo por sistemas agrícola y ganadero.
ARQUEOLOGÍA	CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
	<i>BAJO</i>	1	Zonas con Potencial Arqueológico Bajo.
	<i>MODERADO</i>	3	Zonas con Potencial Arqueológico Moderado.
	<i>ALTO</i>	6	Zonas con Potencial Arqueológico Alto.

Fuente Ecopetrol.

Ya obteniendo los diversos puntajes por cada componente, se procedió a otorgar la clasificación de la sensibilidad ecosistémica, esta sensibilidad fue definida siguiendo los lineamientos propuestos por Ecopetrol, lineamientos que clasifican la sensibilidad de muy alta a muy baja como se puede ver en la figura 7, dependiendo de la sumatoria dada por la siguiente ecuación, en donde se suman los puntajes totales obtenidos de la tabla número 5, 6 y 7.

$$S = f \{ (\sum F, B, SC) \}$$

Donde:

F= Variables del medio físico, materializadas en la estabilidad general del terreno

B= Variables del medio Biótico, materializadas en la calificación destinada a cada sitio, con base en la cobertura vegetal identificada en el levantamiento de la línea base del área de estudio

S= Variables del medio socioeconómico y cultural, materializadas en la calificación definida para los aspectos de actividad económica, calidad de vida, organización y ámbitos de participación, tenencia de la tierra y potencial arqueológico.

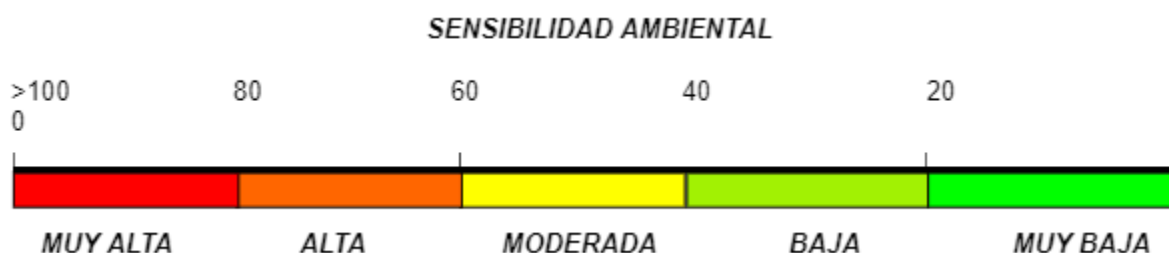
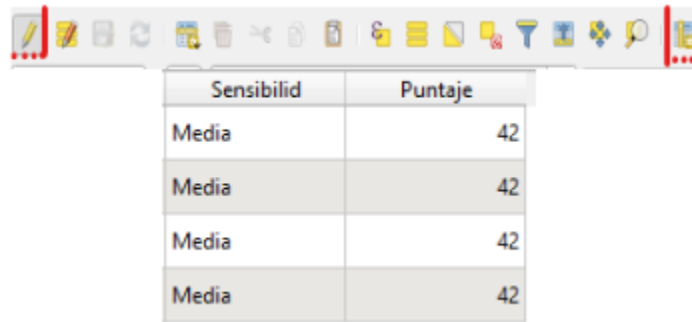


Figura 7. Clasificación de sensibilidad ambiental

Fuente Ecopetrol

Para la elaboración de los mapas finales se tuvo en cuenta el resultado obtenido de sensibilidad ambiental junto con la identificación de las áreas de exclusión en la zona, que son propuestas por la metodología de Ecopetrol. Con la finalidad de identificar en el mapa la sensibilidad ambiental, en la herramienta Qgis se integraron las calificaciones mediante la adición del puntaje a la tabla de atributos con la creación y modificación de campos dentro de estas, lo cual permitió otorgar los colores correspondientes al puntaje obtenido a cada elemento que se encontraba dentro de las diversas capas implementadas.



Sensibilidad	Puntaje
Media	42
Media	42
Media	42
Media	42

Figura 8. Adición y modificación de campos en la tabla de atributos

Con los mapas realizados se procedió a hacer el análisis de cada éstos con ayuda de búsqueda bibliográfica y comparación con instrumentos de referencia, el cual permite comprobar y corroborar la información obtenida además de poder evidenciar el aumento de contaminación y deterioro ambiental con el paso del tiempo.

6.3 Metodología del Objetivo Especifico tres.

Para el cumplimiento de este objetivo se realizaron tres diversas fichas denominadas programa de manejo con las cuales se pretenden dar las soluciones a las problemáticas encontradas dentro de la empresa.

Tabla 8. Programa de manejo de Propuestas a implementar

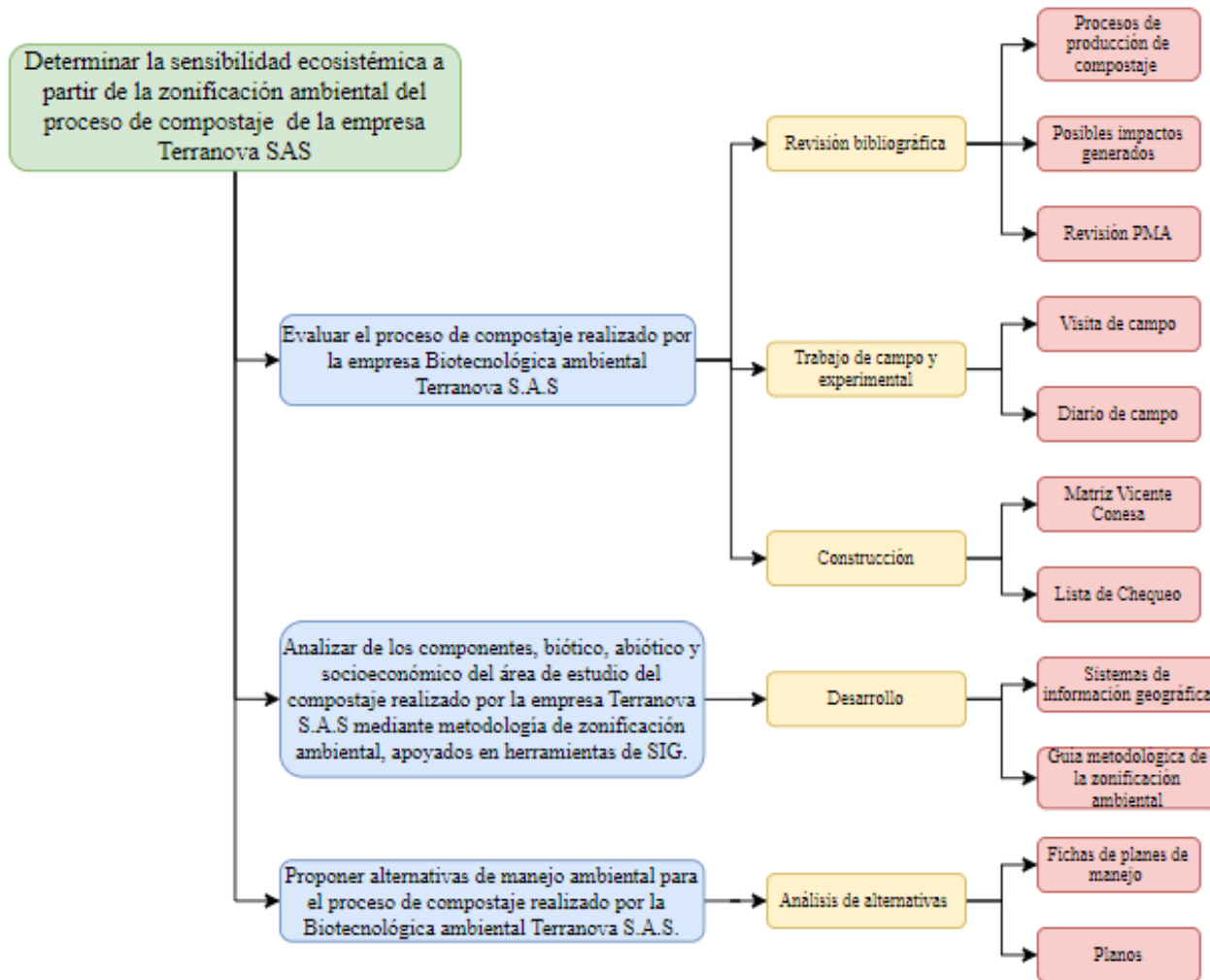
PROGRAMA DE MANEJO	
PM#	
1. OBJETIVOS	
2. METAS	
3. ETAPA	

PROGRAMA DE MANEJO						
PM#						
Pre constructiva		Constructiva		Operativa		
4. IMPACTOS A CONTROLAR						
5. TIPO DE MEDIDA						
Prevención		Corrección		Mitigación		Compensación
6. ACCIONES A DESARROLLAR						
7. LUGAR DE APLICACIÓN						
8. INDICADORES						
9. RESPONSABLES DE LA EJECUCIÓN						
10. COSTOS						

Como se puede evidenciar en la anterior Tabla 8 la ficha se divide en 10 diversos aspectos, todos estos con la finalidad de guiar a la empresa para que cumpla el desarrollo completo de cada una de las propuestas y por ende reducir, mitigar o prevenir los diversos impactos ambientales causados durante el desarrollo de la actividad productiva de compostaje. Además, se proveen diversos planos que ayuden al entendimiento de la propuesta de una manera espacial.

Para la completa realización de las diversas propuestas se tuvo en cuenta todo lo obtenido de los anteriores objetivos como lo es la lista de chequeo, matriz de impacto ambiental, la sensibilidad en la zona dada por la actividad productiva, entre otros, además de una búsqueda bibliográfica con el fin de contrastar y consolidar las propuestas elegidas.

Figura 9 Etapas metodológicas en el desarrollo del proyecto.



Fuente: Elaboración propia

7. Aspectos Éticos

Durante el desarrollo del presente documento se tuvo en cuenta información privada suministrada por la empresa Biotecnología Ambiental Terranova S.A.S, la cual no fue anexada al documento debido a la confidencialidad, sin embargo gracias a la información del plan de manejo ambiental desarrollado en el año 2016 se logró completar diversas etapas dentro del proyecto, por otro lado la empresa dio su consentimiento para la elaboración del presente documento teniendo en cuenta una visita de campo a las instalaciones, donde accedieron a la toma de registro fotográfico. De igual manera este documento puede ser tomado como referencia para demás proyectos de manera directa o indirecta sin mencionar a la empresa Biotecnología Ambiental Terranova S.A.S sin un previo consentimiento.

8. Resultados, Análisis y discusión

A continuación, se presentan los resultados para cada uno de los objetivos propuestos en el presente proyecto “*Evaluación ambiental del proceso de compostaje de la empresa Biotecnológica Ambiental Terranova S.A.S a partir de la zonificación ambiental y determinantes de sensibilidad ecosistémica*”.

8.1 Objetivo específico número uno

La evaluación del proceso de compostaje realizado por la empresa Biotecnología Ambiental está conformado primeramente por una lista de chequeo, la cual con ayuda de una visita de campo y el plan de manejo ambiental elaborado por la empresa nos permitió identificar el grado de cumplimiento, (cumple, no cumple, cumple parcialmente) que se da en los procesos e instalaciones del lugar. Esta lista de chequeo se encuentra como Anexo 2, sin embargo, a continuación se presenta una tabla resumen donde se identifican aspectos que presentan algún grado de incumplimiento.

Tabla 9. Resumen lista de Chequeo

INSTALACIONES Y PROCEDIMIENTOS	OBJETIVO	Cumplimiento
Limpieza de los canales de aguas lluvias	Retirar los residuos sólidos como plásticos, madera, botellas entre otros que no permitan el paso de aguas lluvias	Cumple parcialmente con alrededor de un 60%
Geomembrana	Garantizar la total impermeabilidad del área.	Cumple parcialmente con alrededor de un 50%
Barreras móviles en las actividades de movimiento del material	Reducir olores ofensivos	Cumple parcialmente con alrededor de un 70%
Piscinas impermeabilizadas para control de lixiviados	Control sobre el exceso de humedad	Cumple parcialmente con alrededor de un 60%
Adecuación de un espacio para almacenamiento temporal de los residuos	Control de residuos sólidos para posterior entrega a la empresa	Cumple parcialmente con alrededor de un 70%

INSTALACIONES Y PROCEDIMIENTOS	OBJETIVO	Cumplimiento
	“Promotora ambiental de Colombia S.A.S ”	
Control biológico con avispas	Estas ponen sus huevos en la pupa de la mosca, impidiendo su crecimiento"	No cumple

Fuente: Elaboración propia

Como se evidencia en la tabla 9, se muestra el grado de cumplimiento de la empresa respecto a las acciones presentadas en el PMA donde especialmente no cumple con el control biológico y cumple parcialmente ciertos procedimientos, pese a que cuentan con todas las instalaciones algunas de estas no están siendo implementadas de una manera adecuada o no pueden ser implementadas a causa de factores externos como la meteorología presente en la zona, esto se explica más a detalle en el anexo 1 denominado bitácora de Campo.

Posterior a la evaluación del proceso de compostaje junto con la visita a la planta de producción, se identificaron y clasificaron con ayuda de la metodología de Vicente Conesa diversos impactos ambientales según su magnitud, los cuales son causados de manera directa e indirecta por las actividades antrópicas identificada en la lista de chequeo, que corresponden a procesos realizados dentro del área de la empresa, los impactos identificados corresponden a los medios físicos, bióticos y socioeconómico. A continuación, de manera sintetizada se muestran en la tabla 10, 11 y 12 los impactos ambientales que presentaron mayor magnitud según la metodología realizada.

Tabla 10. Resumen de Impactos ambientales en medio Físico determinada por metodología Vicente Conesa.

<i>Etapa</i>	<i>Proceso</i>	<i>Impacto</i>	<i>Importancia</i>
Compostaje	Armado de pilas	Contaminación al suelo	45
Declaración y caracterización del material	Secado de materia prima	Contaminación al recurso hídrico	40
Transporte y carga	Llegada de materia prima	Emisión de olores y material particulado	60

<i>Etapa</i>	<i>Proceso</i>	<i>Impacto</i>	<i>Importancia</i>
Mantenimiento de planta	Limpieza de canales de agua lluvia	Demanda hídrica	18
Construcción	Geomembrana	Contaminación al suelo	42
Control ambiental	Fumigación	Contaminación al recurso hídrico	16

Fuente: elaboración propia

Tabla 11. Resumen de Impactos ambientales en medio Biótico determinada por metodología Vicente Conesa.

<i>Etapa</i>	<i>Proceso</i>	<i>Impacto</i>	<i>Importancia</i>
Compostaje	Armado de pilas	Desarticulación de paisaje rural	54
Declaración y caracterización del material	Disposición en pilas para proceso de compostaje	Desarticulación de paisaje rural	54
Transporte y carga	Almacenamiento de productos	Desarticulación de paisaje rural	54
Mantenimiento de planta	Mantenimiento periódico de vehículos	Desarticulación de paisaje rural	18
Construcción	Placa de Recepción	Desarticulación de paisaje rural	46
Control ambiental	Fumigación	Pérdida de hábitats	32

Fuente: elaboración propia

Tabla 12. Resumen de Impactos ambientales en medio Socioeconómico determinada por metodología Vicente Conesa

<i>Etapa</i>	<i>Proceso</i>	<i>Impacto</i>	<i>Importancia</i>
Compostaje	Retiro de residuos contaminantes	Generación de residuos sólidos convencionales	18

<i>Etapa</i>	<i>Proceso</i>	<i>Impacto</i>	<i>Importancia</i>
Declaración y caracterización del material	Aplicación de caldo de microorganismos	Generación residuos peligrosos	28
Transporte y carga	Almacenamiento de productos	Generación de residuos sólidos convencionales	18
Mantenimiento de planta	Mantenimiento periódico de vehículos	Generación residuos peligrosos	15
Control ambiental	Fumigación	Generación residuos peligrosos	18

Fuente: elaboración propia

La realización de la matriz de impactos ambientales bajo la metodología de Vicente Conesa, guiada por la lista de chequeo e identificación en campo, mostró que la zona donde se lleva a cabo el proceso de compostaje cuenta con diversos impactos ambientales visibles como contaminación al suelo, contaminación al recurso hídrico, emisión de olores, desarticulación del paisaje rural y generación de residuos sólidos convencionales, entre otros.

En cuanto al medio físico dentro de la matriz de impacto ambiental se evidenció que el impacto de mayor magnitud fue el de Emisiones de olores y material particulado que se da durante la etapa de transporte y carga en el proceso de llegada de la materia prima, este impacto fue clasificado como “severo” dado a su alta intensidad, efecto sobre la zona y al cumplimiento parcial de ubicación de barreras móviles, esto puede provocar en las zonas aledañas destinadas a otro tipo de industria una aparición de enfermedades en los trabajadores, desde las más leves como dolores de cabeza, náuseas y estrés hasta las más preocupantes como reacciones neurotóxicas, donde se distingue la pérdida de memoria (Minsalud, 2012). Otro impacto de gran importancia evidenciado por medio de la matriz fue el de contaminación del suelo clasificado como “moderado”, ligado a dos diversas etapas; el armado de pilas en un suelo sin geomembrana y el desarrollo de actividades de compostaje en lugares con constantes precipitaciones y niveles freáticos altos, esto genera demasiada humedad en las pilas de compostaje causando la producción de lixiviados, cargados de nutrientes que llegan directamente al suelo ocasionando un “Nutrient lockout” en cualquier vegetación que desee ser desarrollada en la zona (Gallardo Kelsy, 2021)

Cabe recalcar que dentro de esta matriz de Vicente Conesa en el medio físico también se obtuvo un impacto asociado a la contaminación al recurso hídrico subterráneo, debido a que el nivel freático donde se encuentra ubicado la planta de compostaje es considerada de alto riesgo, lo que conlleva a dar una contaminación por sobrecarga de nutrientes proveniente de la descomposición de material orgánico, como lo explica la Fundación centro internacional de hidrología subterránea en su publicación sobre la contaminación y la oscilación del nivel freático de un suelo, al describir la contaminación diversa local por "lavado" piezométrico de un suelo, donde la movilización de sustancias normalmente de origen antrópico situadas en los suelos, retenidas en los mismos por procesos de origen, debido a un ascenso de niveles piezométrico cambian de condiciones secas a húmedas, incorporando los contaminantes presentes en el suelo al agua subterránea. (FCIHS, 2012)

Para el medio Biótico se obtuvo una desarticulación del paisaje rural, siendo un impacto clasificado como "severo" dado a que en la mayoría de los procesos en la realización del compostaje se encuentran en una zona sin ningún tipo de cobertura vegetal, por ende, al limitar con varias plantaciones de hortalizas y zonas arboladas se evidencia una superposición de la estructura urbana y la natural, superposición que se genera debido al proceso orgánico de crecimiento de las ciudades sin la debida planificación, detonando en espacio urbanos que no responden a los elementos naturales y que tienden a generar su desaparición a través del tiempo.(Gomez Krish, 2020)

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente es claro que el proceso de compostaje realizado por la empresa Biotecnología Ambiental Terranova S.A.S, genera impactos en los ámbitos bióticos, abióticos y socioeconómicos en diversas magnitudes, sin embargo estos impactos no son un caso en específico, pues como se evidencia en la comparación de la figura 10, en un estudio que evalúa los impactos ambientales de la instalación de una planta de compostaje en la ciudad de Qaen ubicada al sur de Irán (Mahmouei et al., 2015), existen impactos ambientales en los diversos medios, como contaminación aérea causada por olores, contaminación al suelo, contaminación al recurso hídrico, una desarticulación del paisaje y la generación de residuos tanto solidos como peligrosos; aunque en ambos lugares se evidencia algunos impactos en común, estos no son de la misma magnitud ya que estos están ligados a las condiciones de la zona de estudio, por ejemplo, la desarticulación del paisaje presenta diferencias en la clasificación puesto que la empresa evaluada en este proyecto obtiene una magnitud mas alta que la tomada como comparación, esto dado a la diferencia de ubicaciones, mientras que la empresa actual desarrolla sus actividades en sectores rurales, en Qaen se desarrolla en lugares urbanos. Sin embargo,

este proceso de compostaje realizado por la empresa Terranova esta más ligado a su finalidad, al hacerse un mejor aprovechamiento de los recursos, pues esta genera menos residuos que la ubicada en Iran.

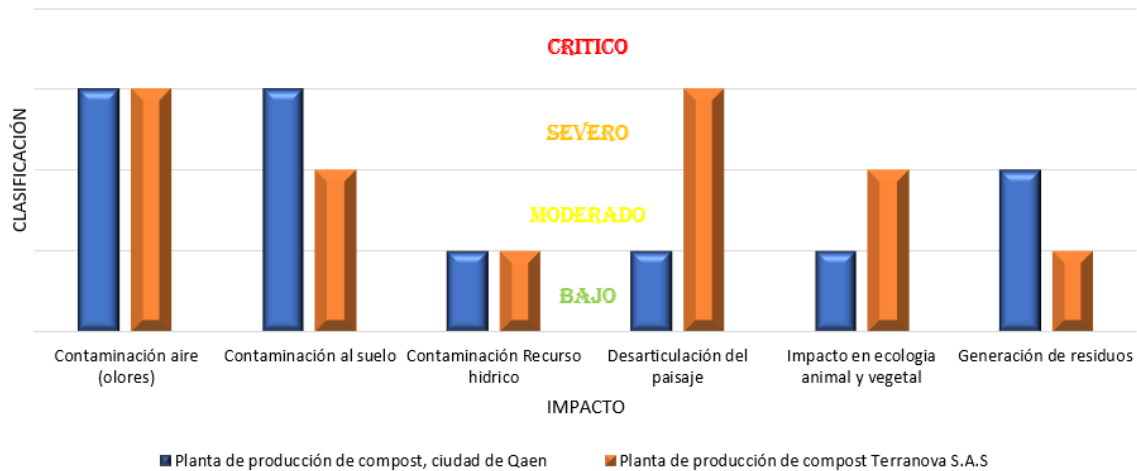


Figura 10. Impactos producidos por la producción de compostaje entre empresa Biotecnología Ambiental Terranova S.A.S y Planta de producción en la ciudad de Qaen.

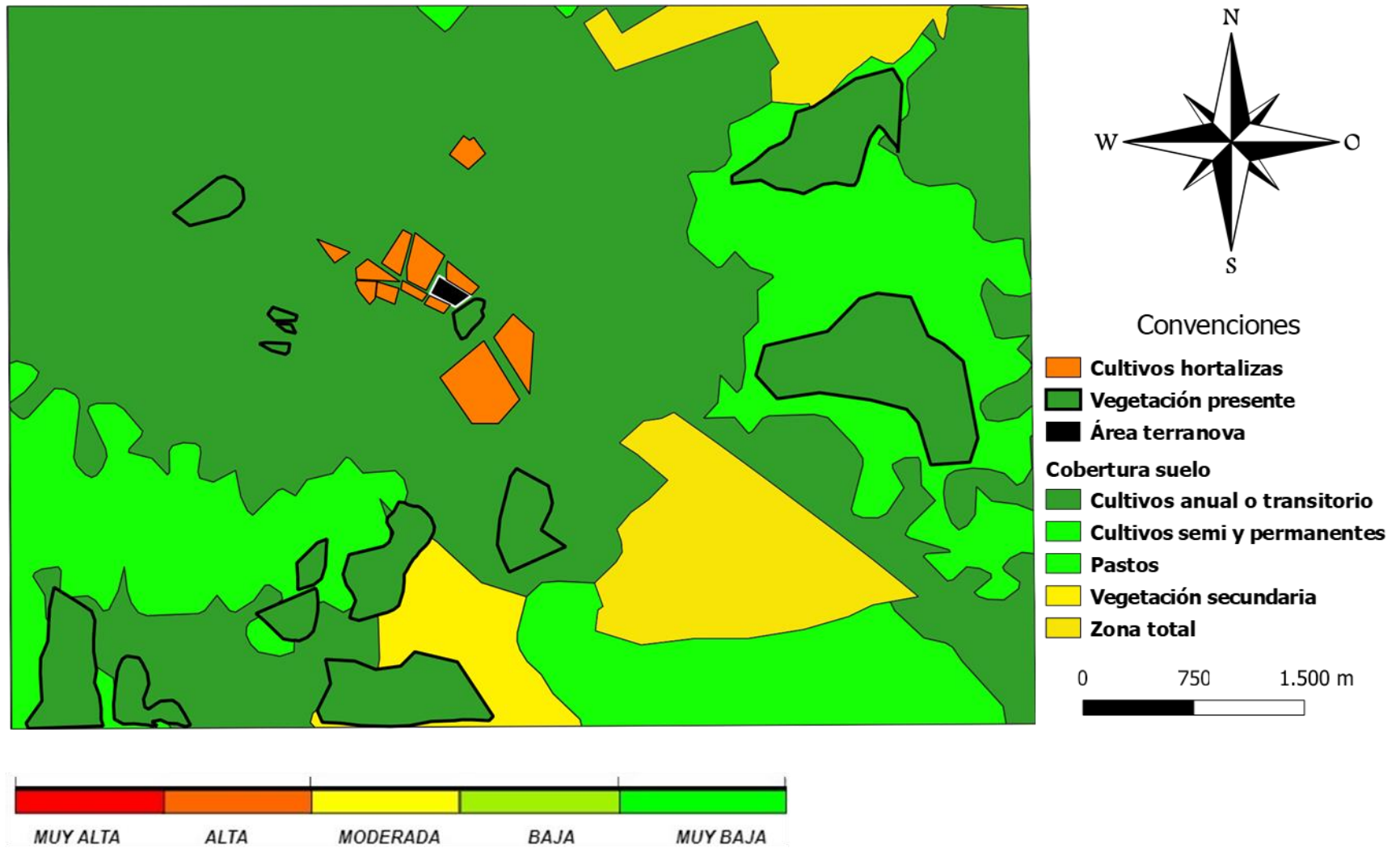
Fuente: elaboración propia

8.2 Objetivo específico número dos

Mediante la búsqueda bibliográfica, implementación de las herramientas cartográficas como los sistemas de información geográfica, comparación con imágenes satelitales y visita de campo, se obtuvo un mapa por cada componente ambiental en donde se identificó la sensibilidad que permitió clasificar los grados de afectación ambiental siguiendo la metodología de Ecopetrol; estos tres mapas se acoplaron para finalmente obtener un mapa final que abarca los tres componentes identificados en la zona. Cabe recalcar que para el desarrollo del presente objetivo se implementaron todas las herramientas mencionadas anteriormente a causa de la escasa información cartográfica de la zona estudiada.

8.2.1 Componente biótico.

Figura 11 Mapa de sensibilidad ecosistémica determinada mediante factores bióticos



Fuente: Elaboración propia

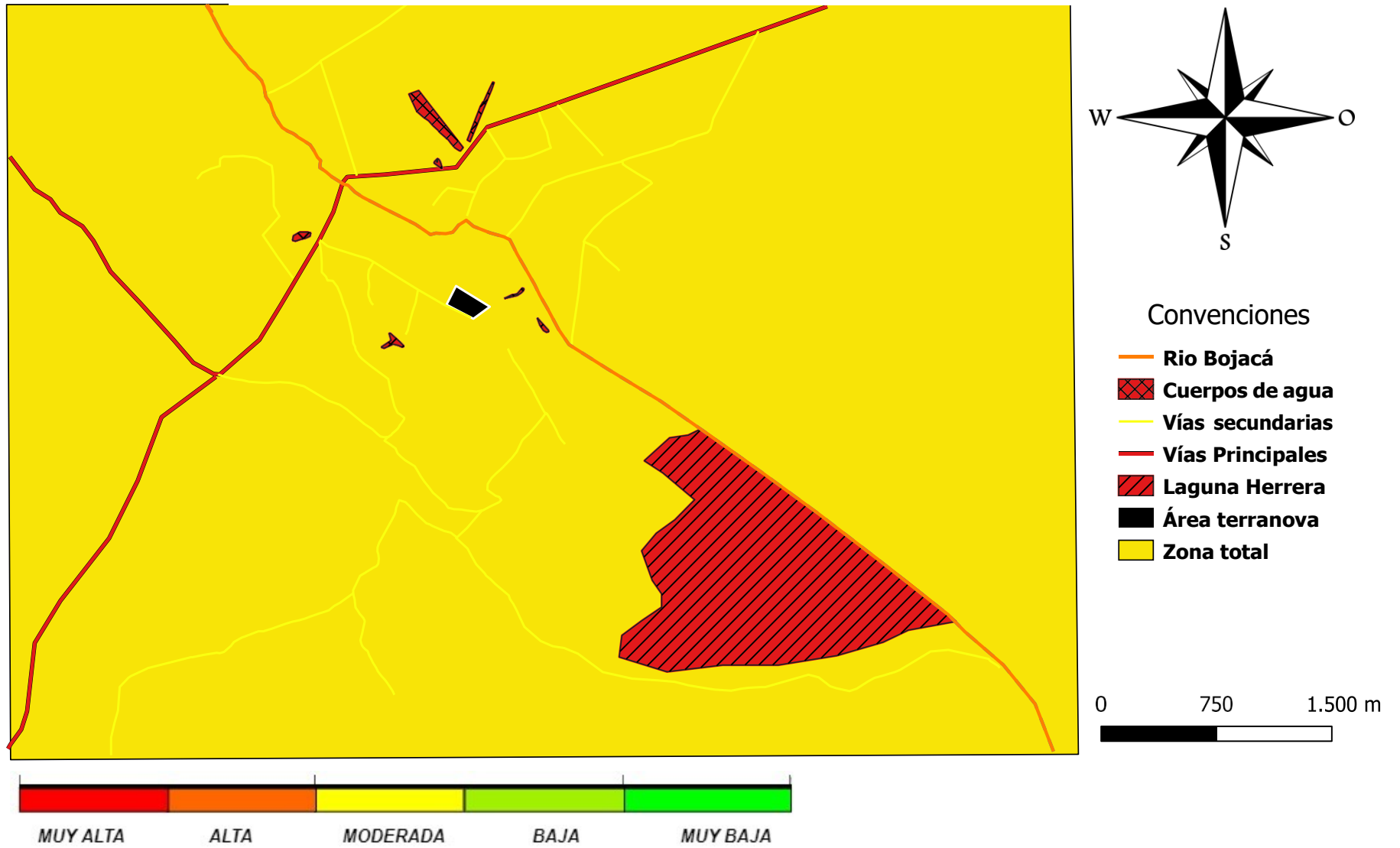
En este componente se tuvieron en cuenta diferentes capas de uso del suelo, que están siendo implementados en procesos industriales; cultivos de hortaliza, o suelos que estén sin ninguna intervención antrópica. La zona aledaña a la empresa de compostaje denominada como “área terranova” en el presente mapa comprende zonas destinadas a producción agrícola, específicamente cultivos de hortalizas, la cual posee una sensibilidad ecosistémica alta, determinada por el impacto que puede generar la escorrentía de lixiviados dada por la pendiente de la planta de compostaje en relación a estos cultivos, pendiente que se puede identificar en los mapas de cobertura del suelo ubicados en el anexo 4. Esta problemática causada por la escorrentía superficial la menciona Veiga & Wildner en su explicación acerca de procesos erosivos del suelo (Wildner & Veiga, 2006) en el cual se menciona que la escorrentía superficial es el principal agente de transporte presente en un suelo, el cual sumado a las pendientes de una zona en específico genera un arrastre de sedimentos que se pueden encontrar partículas de suelo y material presente en el suelo, el cual para el caso del presente proyecto son los lixiviados.

Por otra parte se evidencia en la capa de vegetación secundaria una sensibilidad ecosistémica moderada, es importante recalcar que en la zona se encuentra un cuerpo hídrico llamado Río Bojacá que parte de la zona norte del mapa hacia la zona sur, recorriendo el costado derecho la planta de compostaje y finalmente alimentando el humedal situado en la zona sur del mapa, este río puede llegar a transportar los lixiviados de la planta de compostaje hasta la vegetación secundaria presente en el humedal generando impactos negativos directos en el ecosistema. Esta dinámica la explica Torrente en su estudio “Transporte y difusión de contaminantes en las aguas superficiales” (Torrente, 2017) en el cual evidencia que la introducción de un material en una masa de agua puede ocasionar un traslado de un punto a otro del mismo cuerpo de agua, o bien mezclarse y disponerse en el seno del cuerpo de agua, generando la contaminación de este.

Por último, se obtuvo diversas zonas de baja y muy baja sensibilidad debido a que son zonas con cultivos transitorios que no se encuentran implementados en varias épocas del año, como épocas de lluvia, por tal motivo pese a que se presenta un poco de contaminación proveniente de la planta de compostaje por la dispersión de contaminantes, estos no se ven afectados a una gran escala.

8.2.2 Componente abiótico.

Figura 12 Mapa de Sensibilidad ecosistémica determinada mediante factores abióticos



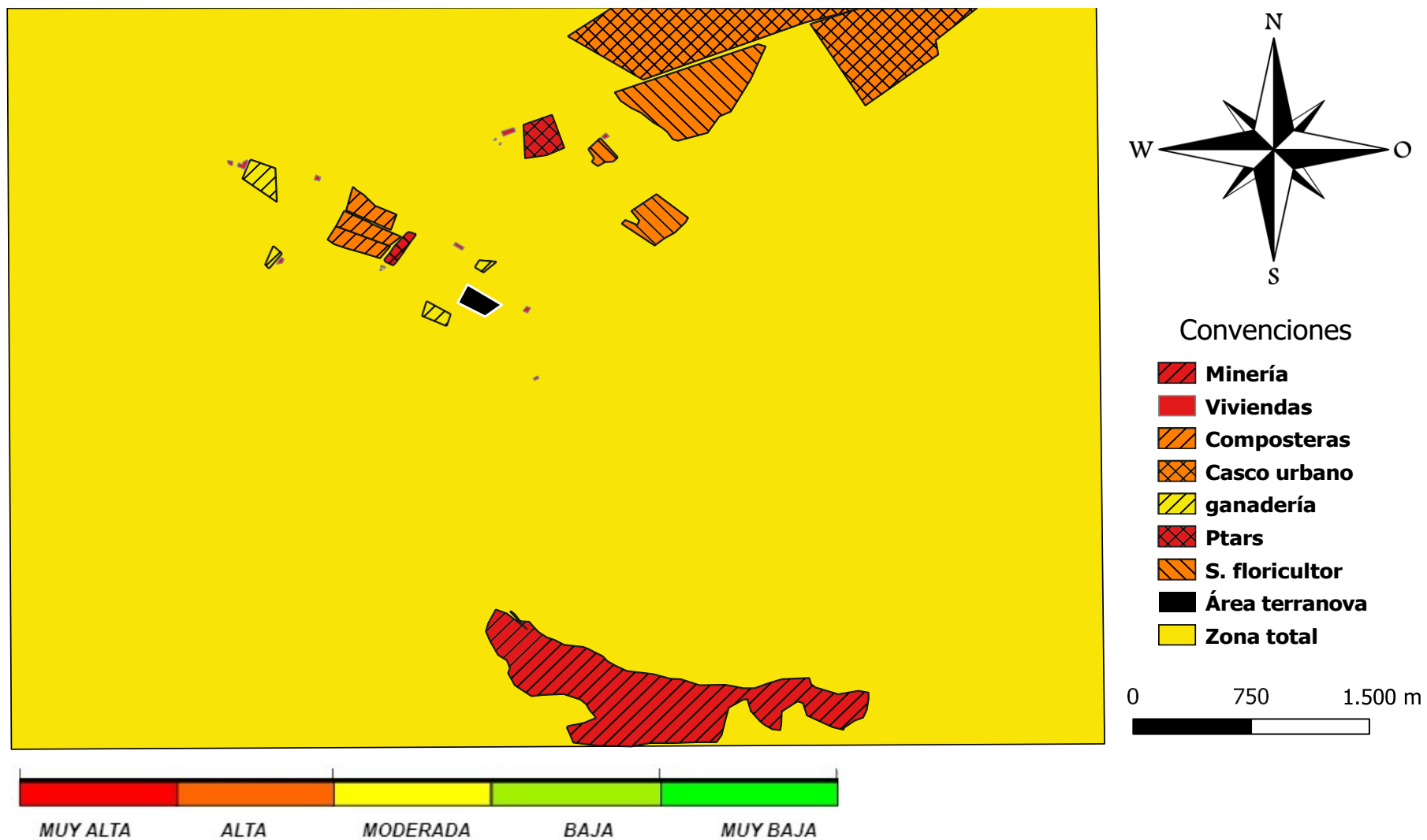
Fuente: Elaboración propia

En cuanto al componente abiótico se calificó como muy alto todos los cuerpos hídricos de la zona, esta ponderación se da por los impactos de lixiviados que se filtran en el suelo y se dirigen hacia estos cuerpos de agua como se explicó en el anterior componente. Según Miranda, la contaminación en cuerpos hídricos por transporte de gran cantidad de materia orgánica genera eutrofización que consiste en una concentración alta de nutrientes en el agua principalmente nitrógeno y fósforo, causando una proliferación de vegetación y microorganismos, durante este proceso se consume gran cantidad de oxígeno causando que los cuerpos de agua adquieren un olor nauseabundo.(Goretti & Miranda, 2018)

Se puede observar que las vías tanto secundarias como principales presentan una sensibilidad moderada y alta respectivamente, esta clasificación fue determinada debido a la importancia para la sociedad en la zona de estudio y no por la contaminación de la actividad de compostaje, pues estas zonas al hacer parte de la infraestructura básica deben de considerarse como zonas de alta importancia y por ende zonas de exclusión para el desarrollo y funcionamiento de cualquier proyecto, como lo explica Guía metodológica para la zonificación ambiental desarrollada por Ecopetrol, la cual fue implementada como guía para la realización del presente proyecto.

8.2.3 Componente Socioeconómico

Figura 13 Mapa de sensibilidad ecosistémica determinada mediante factores socioeconómicos



Fuente: Elaboración propia

En el mapa del componente socioeconómico se clasificó la capa de minería con una sensibilidad muy alta ya que esta zona es definida como zona de exclusión donde no se puede ver afectada por ningún tipo de actividad antrópica externa a la destinada, esta definición también es aplicada para la capa denominada PTAR (planta de tratamiento de aguas residuales) debido a la importancia social que representan para la comunidad de los municipios de Mosquera y Madrid en Cundinamarca.

Las viviendas ubicadas en la zona de estudio están clasificadas como zonas de muy alta sensibilidad, esto responde a dos diversas razones, la primera debido a que de la misma manera que las Ptars, la zona minera y las vías, están constituidas como zonas de exclusión que no deben verse afectadas por los procesos productivos, la segunda razón es a causa de la contaminación aérea que se da por los diversos olores que se originan de la producción de compostaje. La presencia de olores fuertes en el día a día puede ocasionar una disminución de la calidad de vida en la población, pese a que pueden existir diversas fuentes de malos olores, la planta de compostaje es considerada una de estas, pues como lo afirma el Medico Gonzales, el mal olor se genera porque distintas sustancias, al entrar en contacto unas con otras, son descompuestas por microbios de la materia orgánica, lo que puede llegar a originar en la población (viviendas identificadas en la zona estudiada) dolores de cabeza, insomnio, náuseas, vómito, problemas respiratorios y estado de ánimo negativo, síntomas que pueden agravarse debido a la saturación del sistema respiratorio ocasionada a la prolongada exposición de malos olores. (Gonzales, 2021)

En cuanto a la capa de composteras se clasificaron con una sensibilidad alta debido a dos motivos principales, la primera es que es una zona de exclusión y como se mencionó anteriormente este lugar no puede verse afectado por ningún tipo de actividad antrópica externa a la destinada. La segunda razón por la cual se clasificó con sensibilidad alta está relacionada con los procesos de filtración de lixiviados contribuyendo así a la contaminación del recurso hídrico y suelo, este mismo fenómeno se da en el sector floricultor el cual está clasificado con una sensibilidad alta teniendo una gran similitud con los procesos de cultivos de hortalizas ya explicados.

La capa de ganadería se ponderó con una sensibilidad moderada debido a que contribuye a cambios negativos como lo es la aridez del suelo ya sea como resultado de la deforestación para la creación de pastizales o bien por el pisoteo del ganado, provocando graves impactos como la erosión y escasez de nutrientes como lo expresa Sadeghian. (Sadeghian, 2007) Adicional a estos impactos ocasionadas por la ganadería se suman los impactos originados por el proceso productivo de compostaje, que por las pendientes de la zona llegan gracias a la escorrentía, generando una contaminación de aguas subterráneas

con mayor carga orgánica, debido al proceso explicado anteriormente denominado “lavado” piezométrico.

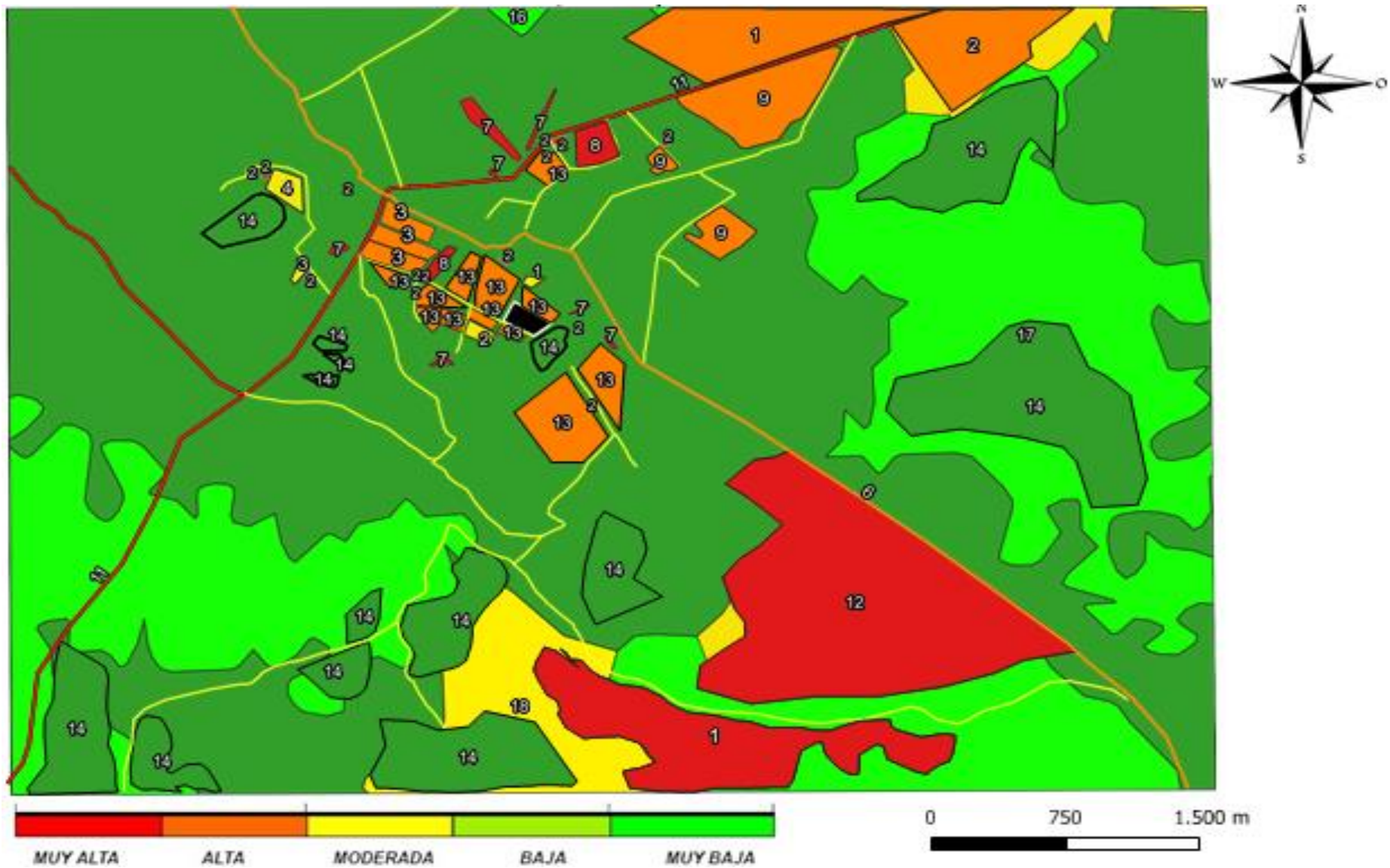
8.2.3 Unificación de componentes ambientales

A continuación, se evidencia las convenciones del mapa denominado “Sensibilidad ecosistémica integrada por los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos.” Cada elemento del mapa posee un numero con el objetivo de que pueda relacionarse con su convención y así evitar alguna duda para el entendimiento de este.



Figura 14. Convenciones del mapa de sensibilidad ecosistémica dad por los componentes ambientales

Figura 15 Mapa de sensibilidad ecosistémica integrada por los componentes bióticos, físicos y socioeconómicos



Fuente: Elaboración propia

Como lo expone el mapa y cada uno de los mapas por cada componente ambiental, la capa denominada como “zona total” fue clasificada con una sensibilidad moderada, esto debido a que siguiendo los lineamientos de la Guía metodológica para la zonificación ambiental se obtuvo una sumatoria de 54 como se observa en la ecuación complementada con las tabla número 13, 14 y 15. Esta sumatoria está dada por los componentes evidenciados dentro de la zona total, que corresponden a la clasificación e identificación por elementos en cada componente ambiental tanto biótico, abiótico y socioeconómico.

Tabla 13 Puntaje determinado para el componente abiótico dentro de la zona total

ZONIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD GEOTÉCNICA		
Zonas de muy alta estabilidad		1
ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN		
Zonas con moderada susceptibilidad a la erosión		3
ZONIFICACIÓN DEL GRADO DE PENDIENTE DEL TERRENO		
Zonas de baja y muy baja pendiente		1
Oferta Hidrogeológica		
Mayor interés		6
RECURSO HIDRICO		
Densidad Hídrica	Media	2
Oferta Hídrica	Baja	3
Susceptibilidad a la Inundación	Alta susceptibilidad	3
Demanda Hídrica	Baja	1
TOTAL		20

Fuente. Elaboración propia

Tabla 14 Puntaje determinado para el componente biótico dentro de la zona total

TIPOS DE COBERTURA VEGETAL <i>ECOPETROL (2003) CORINE (2010)</i>			
ECOPETROL 2003	DESCRIPCIÓN	COBERTURA DE LA TIERRA (CORINE), Colombia (2010)	CALIF.
Cultivos agrícolas <i>Plantaciones o cultivos temporales anuales, semestrales o con períodos de desarrollo inferior a un año.</i>	X	Cultivos permanentes	15
		Áreas agrícolas heterogéneas	
		Cultivos transitorios	

Fuente. Elaboración propia

Tabla 15 Puntaje determinado para el componente Socioeconómico dentro de la zona total

GRADO DE USO	COBERTURA / DEDICACIÓN	P.	DESCRIPCIÓN
ZONAS DE USO INTENSIVO	Zonas agrícolas / agroforestales	6	Áreas de mayor concentración poblacional, dedicadas a la vivienda o a la producción industrial. Igualmente, zonas de cultivos de uso intensivo, incluye agroforestales.
CALIDAD DE VIDA	CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
	BAJO	1	Los servicios domiciliarios de acueducto, manejo de excretas, energía eléctrica y gas; más el acceso a telefonía y educación primaria poseen coberturas inferiores al 50%.
ORGANIZACIÓN COMUNITARIA	CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
	MEDIO	3	Unidad donde se encuentran dos o más organizaciones comunitarias que ejercen participación en por lo menos dos de los ámbitos.
TENENCIA DE LA TIERRA	CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
	MINIFUNDIO	6	Propiedades cuyo tamaño dominante es inferior a 20 Ha.
CONFLICTOS USO SUELO	CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
	DEFICIENTE	2	Subutilización de la oferta natural de los suelos.
ARQUEOLOGÍA	CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
	BAJO	1	Zonas con Potencial Arqueológico Bajo.

Fuente. Elaboración propia

Superposición Y homologación de la sectorización obtenida según criterios y variables físicas, bióticas, sociales y culturales en la definición de la sensibilidad ambiental de las áreas

$$S = \int \{(\sum F, B, S, C)\}$$

Donde=**F**= Variables del medio físico

Donde=**B**= Variables del medio Biótico

S= Variables del medio socioeconómico y cultural

$$S = \int \{(\sum 20, 15, 19)\}$$

=54

Con la determinación de la sensibilidad ecosistémica en la zona aledaña a la planta de compostaje queda claro que la acción de esta actividad productiva genera contaminación e influye a un deterioro progresivo

del ambiente sumado a todas las demás actividades antrópicas presentes en la zona, entre las cuales se encuentran, ganadería, producción intensiva de hortalizas, entre otros. Por este motivo se realizaron dos mapas, los cuales permitieron comparar y comprobar la acción degradante que surge a partir de la suma de las actividades productivas causantes de contaminación en el área. Estos mapas que se ubican como anexo 4, muestran como la cobertura del suelo ha cambiado con el paso de los años, para ser más preciso de 2017 a 2021, solo de cuatro años. Con el fin de simplificar la información que se puede observar en los mapas del año 2017 y de 2021 se realizaron unos gráficos evidenciados en la figura 16, mediante el cual se representa a manera de gráfico circular los porcentajes de cobertura del suelo presentes en el área y cómo estos han variado a lo largo de los cuatro años, en donde se demuestra que la acción antrópica presente en la zona la cual abarca a la empresa Biotecnología ambiental Terranova S.A.S genera graves afectaciones al ambiente, pues la disminución de fuentes hídricas, suelos desnudos y del humedal que se evidencia en los gráficos está estrechamente relacionada con el aumento del sector urbano y con el aumento de los cultivos en el área.

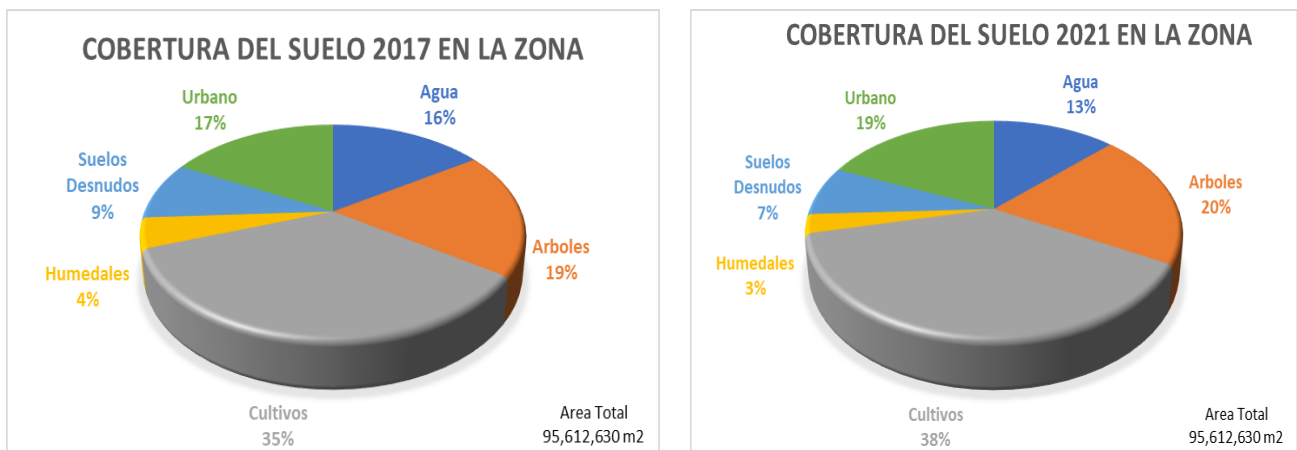


Figura 16 Comparativa de cobertura del suelo entre los años 2017 y 2021

Fuente: Elaboración Propia

8.3 Objetivo número tres

Cómo alternativas de manejo ambiental se proponen 3 distintas alternativas presentadas en un formato de plan de manejo con el fin de guiar a la empresa para que se lleven a cabo en un tiempo determinado, cada una de estas alternativas se presentan ya sea como estrategias de mitigación, reducción o para

resarcir los impactos ambientales generados por la producción de compostaje en la zona de realización de dicha actividad; impactos que fueron evidenciados durante el desarrollo del presente proyecto.

8.3.1 Programa de manejo de lixiviados

Para el desarrollo de la primer alternativa se tuvo en cuenta la problemática de afectación al suelo y al recurso hídrico tanto subterráneo como superficial, dadas por la dinámica productiva que posee la empresa, en donde la generación de lixiviados por la descomposición de residuos orgánicos al estar en contacto directo con el suelo ocasiona la problemática denominada “nutrient lockout”, una problemática donde las plantas detienen su crecimiento por el exceso de nutrientes a la cual esta se ve expuesta. (Advanced nutrients, 2018). Por otro lado, esta carga de nutrientes provenientes de los lixiviados llega a las aguas subterráneas por el anteriormente descrito "lavado" piezométrico del suelo, en donde influyen dos factores claves identificados en la zona, la oscilación del nivel freático y la carga de lixiviados que se disponen en el suelo. La primera alternativa identificada está ligada a una corrección y prevención de la contaminación por lixiviados mediante la colocación de una geomembrana de polietileno de alta densidad.

PROGRAMA DE MANEJO DEL RECURSO SUELO							
PM1		MANEJO DE LIXIVIADOS					
1. OBJETIVOS							
Prevenir y mitigar los posibles impactos ambientales por la generación de lixiviados proveniente de la descomposición de materia orgánica de las pilas de compostaje desarrolladas por le empresa Terranova S.A.S.							
2. METAS							
Capturar, tratar y disponer el 100% los lixiviados provenientes de las pilas de compostaje durante la etapa operativa.							
3. ETAPA							
Pre constructiva		Constructiva	x	Operativa		x	
4. IMPACTOS A CONTROLAR							
Generación de lixiviados, Alteración al recurso hídrico (calidad) por vertimiento de lixiviados Alteración propiedades suelo (calidad) por vertimiento de lixiviados							
5. TIPO DE MEDIDA							
Prevención	X	Corrección	X	Mitigación		Compensación	
6. ACCIONES A DESARROLLAR							

PROGRAMA DE MANEJO DEL RECURSO SUELO

PM1

MANEJO DE LIXIVIADOS

Para evitar los impactos ambientales causados al suelo y al recurso hídrico originados por la generación de lixiviados provenientes de la descomposición de materia orgánica, la implementación de una geomembrana se convierte en una estrategia correctiva de necesaria implementación. Con la implementación de la geomembrana se asegurará que no se produzcan vertimientos de lixiviados al suelo o al recurso hídrico, además de que permitirá que los lixiviados puedan recogerse y almacenarse ya sea, para dar una adecuada disposición de estos o para implementarlos dentro del proceso de producción de compostaje como un agente humectante.

Etapa de construcción

La vida útil de una geomembrana depende también de cómo se prepara el soporte donde va a ser dispuesta está, para una correcta preparación del terreno es necesario que este se realice a forma de vertedero, en este caso es fundamental que no se busque una gran profundidad, simplemente lo necesario para que los lixiviados provenientes de las pilas de compostaje no sean esparcidos por el área y que todos ellos queden dentro del vertedero, además de permitir el paso de maquinaria sin ningún problema.

Aparte de la forma que debe llevar el área de preparación, esta también debe estar correctamente compactada y debe ser verificada de la manera en que no quede ninguna superficie elevada o algún elemento punzante que pueda perforar la geomembrana

Una vez compactado el suelo y realizado la forma de vertedero se procede a colocar y soldar la geomembrana verificando que no se generan malformaciones y huecos dentro de esta, los cuales permitan el paso de lixiviados al suelo y a las aguas subterráneas, además de que se evita de esta manera acortar la vida útil de la misma.

Con la geomembrana instalada se procede a colocar la red de tuberías que se encargan de recolectar estos lixiviados, las cuales están conectados entre sí para poder transportarlos hacia los tanques de almacenamientos de lixiviados con ayuda de pequeñas pendientes, con el fin de que estos puedan ser medidos, dispuestos o implementados según se amerite.

Por último, como capa superior se debe colocar una capa de suelo filtrante que cumple dos funciones importantes, la de protección de geomembrana y del sistema de recolección y también como agente que permite el paso de los lixiviados manteniendo los residuos sólidos estables en la parte superior.

7. LUGAR DE APLICACIÓN

Las medidas se aplicarán en el suelo donde son dispuestas las pilas de compostaje para su respectivo secado.

8. INDICADORES

Indicador

$$\text{Volumen lixiviados} * \text{Semana} / \text{Tonelada residuos} * \text{Semana} = \text{Volumen lixiviados por tonelada de residuos generados}$$

9. RESPONSABLES DE LA EJECUCIÓN

Empresa Biotecnología ambiental Terranova S.A.S

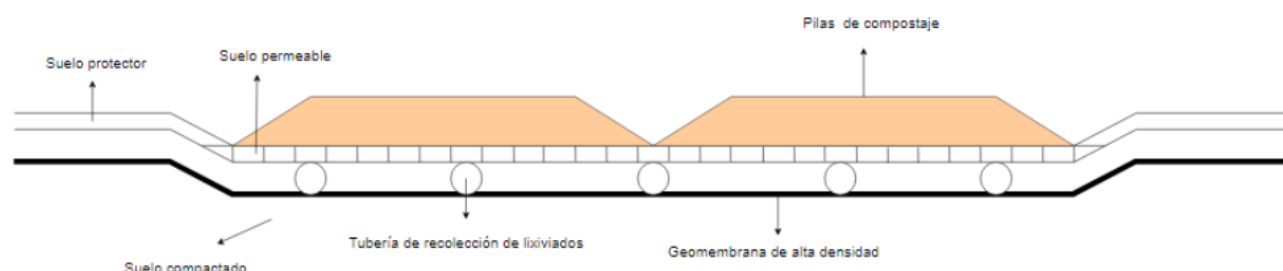
10. COSTOS

Nombre	Unidad	Precio x unidad	Cantidad	TOTAL
--------	--------	-----------------	----------	-------

PROGRAMA DE MANEJO DEL RECURSO SUELO

PM1	MANEJO DE LIXIVIADOS			
Polietileno de alta densidad (40 milímetros)	m2	\$10000	9600m2	\$96.000.000
Tubo sanitario PVC de 2" para la recolección de lixiviados	m	\$6.000	294m	\$1.764.000
Empresa externa	contrato	\$7.500.000	1	\$7.500.000
Total				\$105.264.000 COP (21.100 USD)

11. Planos



Fuente: elaboración propia

La implementación de una geomembrana de polietileno de alta densidad dentro del área productiva de compostaje como respuesta a la problemática de la contaminación de lixiviados está apoyada en la confiabilidad como material para recubrir zonas como túneles, reservorios, tanques de almacenamiento de líquidos de una manera muy efectiva, además de que estos alcanzan mayor duración que otros polímeros cuando se encuentran expuestos a condiciones ambientales, rayos ultravioletas y ataques químicos. Así se evidencia en la actualidad según Portallupi al informar que este tipo de geomembrana son las de mayor implementación en obras destinadas para la protección del medio ambiente, siendo aptas para el recubrimiento de rellenos sanitarios, piscinas de lixiviados entre otros. (Portallupi, 2014)

8.3.2 Programa de manejo de vectores

La empresa Terranova S.A.S tiene un problema con el control de vectores, especialmente la especie de ave *Coragyps atratus* conocida coloquialmente como “gallinazo”, esta especie se ve atraída en la zona por los olores de material orgánico en descomposición provocando dificultades en el desarrollo de las actividades por parte de los operarios. Pero la problemática más grave es que estas aves según el grupo de investigación de J. Gaskin, son portadores de enfermedades zoonóticas, estas son enfermedades infecciosas de animales que pueden ser transmitidas a humanos, siendo esto un gran problema para la salud pública de los operarios de la planta como para los habitantes aledaños a la zona, por esto a continuación se muestra una propuesta para el control de este vector.(Gaskin et al., 2018)

PROGRAMA DE MANEJO DE CALIDAD DEL AIRE							
PM2		Control de Vectores (<i>Coragyps atratus</i>)					
1. OBJETIVOS							
Prevenir y mitigar los posibles impactos ambientales por la generación de vectores en la empresa de compostaje Terranova S.A.S							
2. METAS							
Mitigar el 70% de los vectores en la empresa de compostaje producidos durante la etapa operativa							
3. ETAPA							
Pre constructiva		Constructiva	x	Operativa			x
4. IMPACTOS A CONTROLAR							
Disminución de Vectores							
5. TIPO DE MEDIDA							
Prevención	X	Corrección	X	Mitigación	X	Compensación	
6. ACCIONES A DESARROLLAR							
<p>Como propuesta para poder mitigar el tema de vectores y olores en la empresa se plantea realizar el método de compostaje mediante sistema cerrado o en recipiente, estos sistemas evitan la acumulación de lluvia, protege al material de vientos fuerte, facilita las labores de volteo, facilita la extracción de lixiviado, controla la invasión de vectores (ratones, aves), y evita el acceso al material en descomposición por personal no autorizado y animales de la finca según la FAO (Roman et al., 2013).</p> <p>Etapa de Construcción:</p> <p>Para realizar esta fase se necesita primero nivelar el terreno donde se forman las pilas de compostaje, una vez nivelado el terreno se realiza desbroce y explanación que consiste en una limpieza y adecuación del terreno. Una vez el terreno está preparado se instalan los soportes de madera que son los encargados de dar soporte y forma a la zona cubierta luego se pondrán respectivamente los cimientos y sus respectivas vigas, una vez ya está construido toda la estructura se cubrirá sólo la zona superior con agrolene para que permita una fácil accesibilidad para el volteo y control de temperatura del compost.</p>							

PROGRAMA DE MANEJO DE CALIDAD DEL AIRE

PM2

Control de Vectores (*Coragyps atratus*)

7. LUGAR DE APLICACIÓN

Las medidas se aplicarán en la zona de arrastre y volteo de la empresa de compostaje

8. INDICADORES

(Cantidad de *Coragyps atratus* * Area) / unidad de tiempo.

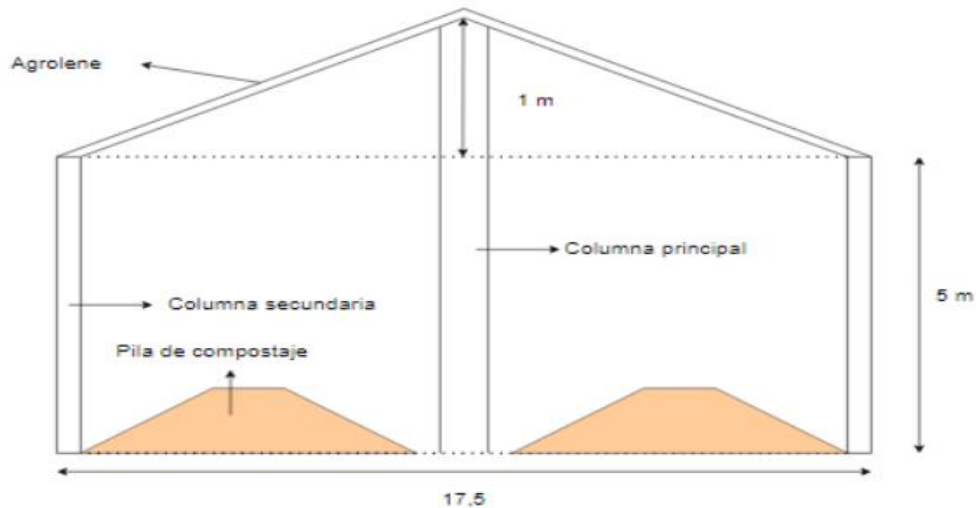
9. RESPONSABLES DE LA EJECUCIÓN

Empresa Biotecnológica Terranova S.A.S responsable en ejecutar y documentar las medidas contempladas.

10. COSTOS

Nombre	Unidad	Precio	Cantidad	Total
Agrolene	m2	\$3.000	9600	\$28.800.000
Columnas madera	1	\$55.000	60	\$3.300.000
Puntillas	500g	\$6.000	40	\$240.000
Empresa Externa	Contrato	\$4.500.000	1	\$4.500.000
TOTAL				\$36.840.000 COP (7.382 USD)

11. Planos



Fuente: elaboración propia

Cuando se realizó la visita de campo se evidencio que en una zona de la empresa tenían techado 4 pilas de compostaje con una especie de vivero, el guía explicaba que al techar estas pilas de compostaje ayudaba a espantar a los gallinazos (*Coragyps atratus*). Esto llamó la atención porque efectivamente estas aves se alejaban de las pilas techadas y preferían agruparse en las zonas abiertas donde no estaba esta estructura. Al realizar una búsqueda bibliográfica de la razón de este fenómeno se encontró que según la FAO al realizar prácticas de compostaje en lugares cerrados ayudaba a la disminución de vectores como mamíferos pequeños y aves.

8.3.3 Programa de manejo de olores

Como se ha venido mencionando la empresa cuenta con diversas problemáticas ambientales, una de estas es la producción de olores contaminantes que pueden afectar tanto a trabajadores de la misma empresa, trabajadores de las diversas actividades industriales en la zona y también a personas que viven dentro del área cercana. Se han evidenciado diversos estudios en la ciencia que la producción de olores y la permanencia de estos pueden llegar a generar afectaciones a la salud y por ende reducción en la calidad de vida de una comunidad, de esta manera con este programa de manejo se pretende reducir estos diversos impactos asociados a los olores y así no afectar de manera negativa a la población aledaña de la zona.

PROGRAMA DE MANEJO DE CONTROL DE OLORES							
PM3		Barreras vivas para el control de olores					
1. OBJETIVOS							
Mitigar los olores generados por la producción de compostaje mediante barreras vivas de plantas nativas del municipio de Mosquera Cundinamarca							
2. METAS							
Controlar la propagación de olores de un 60% que se producen por la descomposición de materia orgánica.							
3. ETAPA							
Pre constructiva		Constructiva	x	Operativa			
4. IMPACTOS A CONTROLAR							
Generación de olores por descomposición de materia orgánica							
5. TIPO DE MEDIDA							
Prevención	X	Corrección		Mitigación		Compensación	
6. ACCIONES A DESARROLLAR							

PROGRAMA DE MANEJO DE CONTROL DE OLORES

PM3

Barreras vivas para el control de olores

Como propuesta para la mitigación de olores se tuvo en cuenta que estos olores no solo eran de la planta de compostaje Terranova S.A.S sino también de las composteras aledañas y la ptar de Madrid que se encuentra a 30 m de la planta, por esto se plantea la construcción cercas vivas, estas consisten en una conformación de hileras de árboles nativos que deben ser sembrados alrededor de la fuente productora de olores ofensivos, para ayudar a mitigar los impactos generados.

Etapas de Construcción:

El desarrollo de las semillas del sauco debe darse en un vivero dentro de bolsas plásticas que alberguen una profundidad de hasta 5kg de tierra, con el fin de que se logre un correcto desarrollo para que posteriormente puedan ser transportadas sin ningún problema al sitio de plantación. Esta fase puede durar alrededor de 4 a 6 meses.

Durante la siembra de árboles estas deben estar distanciadas alrededor de 2.5 metros con el propósito de que no se vea interrumpido su crecimiento y puedan ocupar el espacio adecuado para retener los olores.

El sauco debe alcanzar una altura mínima de 60cm para poder prestar la función de romper vientos y proporcionar olores aromáticos. (Corpoboyacá, 2009)

7. LUGAR DE APLICACIÓN

Perímetro de la planta de compostaje.

8. INDICADORES

Indicador
Presencia o ausencia de olores * distancia de la planta de compostaje

9. RESPONSABLES DE LA EJECUCIÓN

Empresa Biotecnología ambiental Terranova S.A.S

10. COSTOS

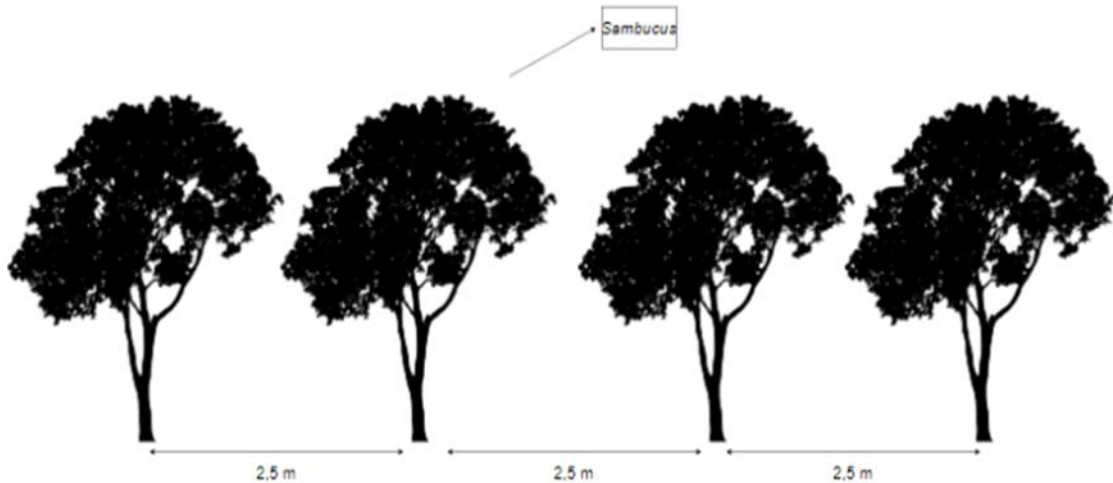
Nombre	Unidad	Precio	Cantidad	Total
Semillas de sauco	15 semillas x paquete	\$4.500	17	\$76.500
Implementos para siembra	1	\$60.000	1	\$60.000
Regadera para siembra	1	\$40.000	1	\$40.000
TOTAL				\$176.500 COP (36 USD)

11. Planos

PROGRAMA DE MANEJO DE CONTROL DE OLORES

PM3

Barreras vivas para el control de olores



Fuente: elaboración propia

Los suelos en la empresa presentan una gran carga orgánica por todos los procesos del compostaje, por esto escoger la especie que se utilizara como cerca viva se debe hacer de una manera minuciosa; al realizar la visita de campo el operario mencionaba que muchas de las especies cercanas a la planta no se desarrollaban por un exceso de nutrientes, pero al ser el saúco una especie resistente en estos tipos de suelos era la única vegetación presente en la zona.

El Sauco es un árbol nativo en América desde México hasta Argentina, en Colombia se encuentra en los departamentos de Boyacá, Caldas, Putumayo, Quindío, Antioquia, Cauca y Cundinamarca en latitudes que varían entre 1400 y 2600 msnm. Esta es una especie arbustiva de 4 a 6 metros de altura, su copa es redondeada, baja y densa, además es un arbusto de crecimiento rápido, por ende, es importante resaltar que según estas características es un ejemplar perfecto para la construcción de cercas vivas y mitigación de olores. (Sánchez Matta & Amado Saavedra, 2010) Además posee diversas propiedades que lo convierten en una especie que se enmarca en esta solución de manera excepcional, debido su alta tolerancia a diversos factores ambientales, como suelos con alta carga orgánica, lugares con demasiada humedad y su tolerancia a las heladas fuertes. Según Cifuentes, los saucos son una especie muy poca exigente con los suelos, pues esta se crece en diversas altitudes dentro de las cuales se encuentran desde grandes pendientes con suelos erosionados, hasta mesetas y planicies con niveles freáticos altos. (Cifuentes, 2010).

9. Conclusiones

- Con la información recolectada dentro del proceso de producción de compostaje realizado por la empresa se evidencian diversos impactos ambientales sobre la zona, los cual tienen un efecto sobre las zonas aledañas destinadas a otro tipo de actividades productivas, sin embargo, estos impactos no son de un carácter severo pues el proceso productivo de compostaje tiene esta ventaja, donde la recuperación del suelo y el recurso hídrico se puede hacer de manera natural.
- El método de la matriz realizada mediante la metodología de Vicente Conesa es una herramienta que a simple vista parece sencilla, teniendo en cuenta que la evaluación desarrollada es subjetiva, pero esta es de gran utilidad para poder evaluar procesos y proyectos que generan impactos en el ambiente al permitir la implementación y la concatenación de diversas herramientas como, observación en campo, listas de chequeo, registro fotográfico, imágenes satelitales y búsqueda bibliográfica destinadas a obtener, comparar y verificar los impactos ambientales de manera que complementan el análisis espacial del territorio donde se desarrolla la actividad.
- La Sensibilidad ecosistémica dividida por los componentes ambientales permite evidenciar la afectación que puede tener la comunidad dentro del área de estudio además es una metodología la cual facilita a los evaluadores lograr una diferenciación y clasificación a manera detallada de los diversos impactos ambientales encontrados.
- Las zonas evidenciadas de sensibilidad ecosistémica alta dentro de la zonificación ambiental obtenidas en los resultados del estudio destacan por ser lugares denominados como zonas de exclusión los cuales debido a su importancia en los rubros sociales, económicos y políticos no pueden verse afectados por el esparcimiento de contaminantes provenientes de la planta de compostaje.
- El desarrollo de las propuestas destinadas a la prevención, corrección, mitigación y compensación de los impactos ambientales evidenciados por la actividad productiva dentro de la zona, están diseñadas para atacar las problemáticas de manera directa con el fin de librar a la empresa de posibles problemáticas con la comunidad aledaña y de sanciones emitidas por las autoridades ambientales.

10. Recomendaciones

- Las herramientas metodológicas realizadas en campo son fundamentales para poder evidenciar la realidad que se vive en un proceso productivo, por ende, estas metodologías sumadas a las búsquedas de información secundaria ayudan a la construcción e identificación de problemáticas ambientales dentro del campo que se quiera analizar.
- La aplicación de las propuestas genera cambios positivos en el entorno por lo cual se recomienda que estas estén ligadas a actualizaciones tecnológicas, mantenimientos constantes y mejoras en dado caso que se necesiten.
- Es pertinente realizar la debida presentación del presente documento a la empresa para informar de los impactos que esta actividad productiva genera en la zona, de igual manera para que puedan llevar a cabo los diversos planes de manejo desarrollados en el presente documento con el fin de conservar el ambiente.
- Para lograr una correcta identificación de elementos presentes en el área de estudio, además de ver y comparar la cartografía base mediante herramientas SIG se deben agregar a las capas elementos identificados mediante la visita de campo que no se encuentren dentro de la información base.
- En cuanto a la implementación de las propuestas entregadas en el plan de manejo denominado “barreras vivas para control de olores” se debe tener en cuenta que una vez sembradas la planta, esta conlleva una dedicación de tiempo, trabajo y cuidado, los cuales de no hacerse de correcta manera el plan no se desarrolla adecuadamente.

11. Referencias Bibliográficas.

- Advanced nutrients. (2018). *Nutrient lockout*. <https://www.advancednutrients.com/articles/nutrient-lockout-prevent-diagnose/#>
- Banco De La República. (2018). *La industria colombiana en el siglo XXI*.
- Biología Ambiental Terranova, S. (2016). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL TERRANOVA S. A. S.*
- Campos, E., Palatsi, J., Alibés, J., Mauri, F., Aloy, A., & Ripoll, X. (2004). *Guide to the treatment of livestock injections*. 30.
- CAR. (2017). Manual protocolo de atención y servicio al ciudadano. *Gobierno de Colombia*, 42.
- Cardona, J. J., & Castro, J. (2019). *Estudio de impacto ambiental para la línea de conexión subestación nueva colonia-puerto Antioquia*.
- Cifuentes, E. (2010). *Los beneficios del sauco para ganaderías en clima frío*. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/los-beneficios-del-saucu-para-ganaderias-en-clima-frio>
- Congreso de la República de Colombia. (2012). Ley 1549 de 2012. *Diario Oficial*, 2.
- Corpoboyacá. (2009). *Recomendaciones para la implementación de cercas vivas y barreras rompevientos*. https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2016/01/CAPITULO_III_RECOMENDACIONES_PARA_LA_IMPLEMENTACION_DE_CERCAS_VIVAS_Y_BARRERAS_ROMPEVIENTOS.pdf
- Cristóbal, S. (2006). *Geoenseñanza: Los Sistemas de Información Geográfica*.
- Educarex. (2018). *Acción humana sobre los ecosistemas La contaminación*.
- Elizabeth, Valenzuela., Alejandro Silva, E., & Carlos, H. (2012). Zonificación ambiental. *Franco*, 3, 34.
- Esquivel Frías, Leonora. (2006). Responsabilidad y sostenibilidad ecológica una ética para la vida. *Tdx*, 307.
- European Commission. (2010). Bienes y servicios ecosistémicos. *Environments*, 4.
- Fallas Conejo, D. (2016). *Caracterización del proceso de compostaje y aprovechamiento del calor generado en un reactor bajo aireación forzada*. 1–111.
- FCIHS. (2012). *Relación entre contaminación y oscilaciones del nivel freático*. <https://docplayer.es/75384094-Relacion-entre-contaminacion-y-oscilaciones-del-nivel-freatico.html>
- Gallardo Kelsy. (2021). *Elaboración del compostaje a nivel sostenible de proyectos mineros en fase de exploración*.

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10544/1/IV_FIN_107_TSP_Gallardo_Minaya_2021.pdf.

- Gaskin, J., Wilson, H., Mather, F., Jacob, C., & García, L. (2018). *Enfermedades de las Aves Transmisibles a los Humanos 1*. <http://edis.ifas.ufl.edu>
- Gomez Krish. (2020). *De los paisajes invisibles a los paisajes habitables: articulación espacial de los paisajes del río Fucha en el tramo urbano de la localidad de San Cristóbal, Bogotá*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79006>
- Gonzales. (2021). *Malos olores, una contaminación invisible*. <https://ciencia.unam.mx/leer/1130/malos-olores-una-contaminacion-invisible>
- Goretti, F., & Miranda, V. (2018). *EUTROFIZACIÓN, UNA AMENAZA PARA EL RECURSO HÍDRICO*. http://ru.iiec.unam.mx/4269/1/2-Vol2_Parte1_Eje3_Cap5-177-Garc%C3%ADa-Miranda.pdf
- Gutiérrez, I. (2017). Descripción de la Línea Base Ambiental. *Bioingeniería Especializada*, 3(993), 6.
- Lhomme, P., Michez, D., Christmann, S., Scheuchl, E., Abdouni, I. El, Hamroud, L., Ihsane, O., Sentil, A., Smaili, M. C., Schwarz, M., Dathe, H. H., Straka, J., Pauly, A., Schmid-Egger, C., Patiny, S., Terzo, M., Müller, A., Praz, C., Risch, S., ... Rasmont, P. (2005). Ecosystems and Human Well-being. En *Millennium Ecosystem Assessment* (Vol. 4892, Issue 1). <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4892.1.1>
- Luz, C. (2007). *Evaluación de Impactos Ambientales*. 579–607.
- Mahmouei, A. R., Rezaee, M., & Arjmand, M. (2015). *Environmental Impact Assessment of Compost Production Facility, Qaen City* (Vol. 8, Issue 4). https://serialsjournals.com/abstract/12602_03-ali_rezvani.pdf
- Márquez, K., Delgado, F., Pérez, J., & Ochoa, J. (2013). *Sensibilidad Ambiental: Una aproximación metodológica para validar Estudios de Impacto Ambiental. Caso de estudio: San Felipe II, estado Trujillo, Venezuela*. 28, 77–106.
- MINAN. (2018). *Contaminación ambiental causada por los residuos sólidos Conocimientos científicos básicos*. 1–6.
- Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible. (2011). *Decreto 3570 De 2011*. 27.
- Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible. (2019). Plan estrategico institucional. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*.
- Minsalud. (2012). *Propuesta de 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*.
- Ospina, F. (2012). Construcción de un modelo de zonificación ambiental para estudios ambientales de proyectos de exploración sísmica terrestre. *Tesis*.
- Palomino, M. (2017). Importancia del sector industrial. *Universidad de Chile*, 5(0), 139–156.

- Portaluppi, Luis. (2014). *Geomembranas de PVC y HDPE*.
https://erp.iestbellavista.edu.pe/upload/docweb/fls_20210812101919-356.pdf
- Roman, Pilar., Martínez, M. M., & Pantoja, Alberto. (2013). *Manual de compostaje del agricultor: experiencias en América Latina*. FAO.
- Sadeghian, S. (2007). *Impacto de la ganadería sobre el suelo alternativas sostenible de manejo*.
https://silo.tips/queue/impacto-de-la-ganaderia-sobre-el-suelo-alternativas-sostenible-de-manejo?&queue_id=-1&v=1665420331&u=MTgxLjIzNC4yMDguMjIy
- Sánchez Matta, Leonardo., & Amado Saavedra, G. Marcela. (2010). *El Sauco (Sambucus nigra) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto colombiano*. Corpoica.
- Sandia, L., & Vásquez, A. (2016). *Sensibilidad ambiental y sistemas de información geográfica*.
- Torrente. (2017). *Transporte y difusión de contaminantes en las aguas naturales*.
https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/42/42250/tema_4v1.pdf
- Vanegas, L. F. (2005). Identificación de impactos ambientales del proceso de compostaje de materiales orgánicos del sector floricultor. *Journal of Materials Processing Technology*, 1(1), 1–8.
- Wildner, L., & Veiga, M. (2006). *Erosión y pérdida de fertilidad del Suelo*.
<https://www.fao.org/3/t2351s/T2351S06.htm>
- Wolf, A. (1967). La Salud Como Internacional. *Boletín De La Oficina Sanitaria Panamericana*, 98(1020–4989), 289–294.
- Zavala Guillen, A. K. (2018). Documento de apoyo: Medio Ambiente. *International Strategy for Disaster Reduction*, 38.

Anexos

1. Bitácora de campo

BITÁCORA DE TRABAJO DE CAMPO

“Evaluación ambiental del proceso de compostaje de la empresa Biotecnológica Ambiental Terranova S.A.S a partir de la zonificación ambiental y determinantes de sensibilidad ecosistémica”

Autores	-
Lugar de Visita de campo	Empresa Biotecnología Ambiental Terranova S.A.S, Madrid Cundinamarca
Fecha de visita	1/07/2022
Hora de Visita	10:00 am

Recorrido dentro de la empresa.

El día 1 de julio del presente año se realizó la visita a la planta de compostaje Biotecnología Ambiental Terranova S.A.S, Este recorrido inició alrededor de las 10:00 am, con la llegada al Municipio de Madrid Cundinamarca, donde el dueño de la empresa se encargó de trasladarnos del terminal de autobuses hasta la ubicación de la planta de compostaje, durante el recorrido se evidenciaron las diversas zonas aledañas a la empresa donde se identificó una planta de tratamiento de agua residuales, plantaciones de diversas hortalizas como lechugas y espinacas, con el común denominador de poseer un nivel freático alto; pues se evidencio un suelo arcilloso con bastante agua retenida. Al llegar a la planta se nos dio una charla inicial acerca de lo que se realiza dentro de la empresa, dejando de una manera clara que ellos son gestores de residuos sólidos orgánicos de varios lugares ubicados dentro de la ciudad de Bogotá y por ende realizan el compostaje orgánico dentro del lugar visitado.

Posteriormente a la charla inicial, se procedió a dar el recorrido durante toda la planta, empezando por las oficinas, donde se nos presentó diferentes trabajadores y las actividades realizadas por cada uno de

ellos; los cuales mostraron el cronograma y la gestión del recibimiento de los camiones transportadores de los residuos orgánicos, una vez enseñado éste procedimiento, se continuó a caminar hacia la zona de descanso donde se evidenció una problemática dentro de la empresa debido a que esta no posee servicio de alcantarillado ni de acueducto, por lo que se ven en la obligación de traer carro tanques constantemente para suplir con la cantidad de agua necesaria y así transcurrir con las jornadas laborales de manera ininterrumpida.

Acto seguido de identificar la problemática con el alcantarillado y acueducto, se procedió a visitar la zona de parqueo y mantenimiento de la maquinaria, donde disponen de 2 tractores junto con la máquina de volteo, con la cual se realiza el volteo del compostaje, en este lugar se realizan todas las reparaciones y cambios de partes de maquinaria con el fin de no afectar con la producción de compostaje. Una vez enseñado éste lugar, se continuó con las instalaciones destinadas a la producción del compostaje, el primer lugar visitado fue el lugar donde se realiza el descargue y la separación de residuos orgánicos, acá llegan los camiones y en la placa de sacado descargan el material donde es separado y secado, en este mismo lugar, al respaldo se encuentran los tanques de lixiviados, encargados de recolectar por medio de drenajes y con ayuda de las rejillas, todos los residuos líquidos que se generan durante el proceso de secado de los residuos orgánicos, a unos metros de distancia se observaron distintas zonas donde realizan el proceso de compostaje, una zona bajo un invernadero y la otra al aire libre, esta última posee la geomembrana, sin embargo se nos informó de manera muy clara, que por la época de lluvias constantes, la empresa se vio en la obligación de trasladar el proceso de apilado de pilas de compostaje a la zona con invernadero; la cual no dispone de geomembrana, ya que están perdiendo toda la producción de continuar con el proceso de compostaje al aire libre, de igual manera esta zona libre que no está siendo implementada para la realización de compostaje, la implementan como secado de residuos teniendo precaución con las lluvias.

Dentro del lugar donde se realizaba el compostaje se nos explicó claramente el procedimiento de realización de este y de la importancia del control que se le debe hacer, con un termómetro constantemente estaban midiendo la temperatura para lograr el compost correcto, con ayuda de la máquina de volteo se realizan dos volteos a la semana, además de esto de manera muy eficaz la empresa lleva un sistema de medición de los diferentes componentes que van dentro de un compost, pues dependiendo del porcentaje de materia orgánica, de estiércol y demás residuos orgánicos, pueden

lograrse diferentes compostajes para diversas actividades. Una problemática que inició con la puesta en marcha del compostaje dentro de la empresa, fueron los vectores como las moscas y los “gallinazos”, para esto la empresa anteriormente contrataba un servicio especializado el cual implementaba larvas de avispa que se encargaban de reducir la población de moscas, sin embargo este tipo de larvas necesitaba de condiciones climáticas controladas para desarrollarse correctamente, por tal motivo la empresa buscó una solución más eficaz y descubrieron que podían llevar control a este vector, haciendo un volteo periódicamente y adecuado al compostaje; pues con la temperatura interna de cada pila las larvas de moscas no podían desarrollarse. Por otro lado, con el vector de los gallinazos, la empresa sigue teniendo problemas pues con toda la materia orgánica que se maneja en el lugar, la presencia de estos es muy alta, generando demoras en ciertos procesos.

Dentro de la última fase de la producción de compostaje, fuimos trasladados a la parte del tamizado donde mediante una demostración de manera rápida se evidenció como el compostaje pasa por la tamizadora para posteriormente ser empacado y distribuido, este proceso se hace con el fin de eliminar todas las impurezas que pueden quedar en los residuos orgánicos y también para separar los residuos que no se hayan degradado completamente, estos últimos pasan a nuevas pilas de compostaje a ser degradados de nuevo.

Por último, dentro del recorrido en la empresa, nos enseñaron la nueva incursión en compostaje con lombriz californiana, con la cual están logrando un abono de mejor calidad y por ende generar más ingresos, dentro del lugar destinado para el lombricomposta poseen 3 diferentes pilas dentro de la cual una ya estaba por la etapa de trampeo, donde la lombriz mediante unas mallas especiales se desprende del abono para su correspondiente empaquetado y venta.

Registro fotográfico



Oficinas y área de descanso para trabajadores.



Area de estacionamiento y mantenimiento de maquinaria.



Zona de adecuación y producción de microorganismos con melaza aplicados al abono.



Zona de descargue y secado de materia organica.



Rejillas en el area de secada conectadas al tanque de lixiviados de este proceso.



Areas para disposición de pilas de compostaje, no techadas y techadas.



Presencia de gallinazo en la zona.



Pilas de compost y micrororganismos actuando dentro de esta generando el color grisaseo al interior.



Compostadora engragada de hacer el volteo de pilas y dromel para tamizar el abono.



Area de empaquetado y disposición del producto final.



Area de lavado y almacenamiento de canecenas implementadas en la recolección de residuos orgánicos.



Tanque de agua lluvia y estanque de agua con eutrofización presente.



Producción de lombricopost junto a su zona de secado.

2. Lista de chequeo

INSTALACIONES Y PROCEDIMIENTOS	OBJETIVO	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente (%)
Limpieza de los canales de aguas lluvias	Retirar los residuos sólidos como plásticos, madera, botellas entre otros que no permitan el paso de aguas lluvias			60
Depósitos impermeabilizados	Uno de ellos impermeabilizados con bentonita y geomembrana con capacidad para 200 m3 cada uno con el fin de almacenar los lixiviados provenientes de la deshidratación de los sólidos, y que posteriormente serán utilizados mediante un equipo de bombeo en la hidratación de las pilas de compost, una vez cumplidas las primeras fases del proceso	X		
Zona de recepción	Clasificación de los residuos orgánicos	X		
Placa de recepción	De unos 42 m2 construida en concreto reforzada con leve inclinación y barreras laterales en superficie constituida por el terreno natural con adición de material de préstamo mejorado que confieran las características de impermeabilización y resistencia al terreno; que a la vez permitan retirar los excesos de líquido, con el fin de garantizar que durante el tiempo de escurrimiento no se presenten derrames de lixiviados.	X		
Sistema de mallas	Impiden el paso de sólidos a las piscinas	X		
Geomembrana	Con igual pendiente con el fin de garantizar la total impermeabilidad de esta área. Este espacio de recepción tendrá un área de aproximadamente 100m2			50

Tanques de lixiviados	Tanques por medio de excavación, revestidos con geomembrana, posteriormente un tercer depósito de reserva con contingencia en el tratamiento	X		
Microorganismos	Se aplica un caldo compuesto de microorganismos que aceleran el proceso de degradación controlada, los microorganismos son inoculados en unos caldos de cultivo donde se facilita la reproducción. Estos son almacenados en tanques plásticos los cuales tendrán una capacidad de 1000 litros cada uno y se descarga en las pilas por aspersión.	X		
Barreras móviles en las actividades de movimiento del material	Reducir olores ofensivos			70
Cerramiento perimetral del predio	inicio artificial para posteriormente sembrar árboles para construir barrera viva	X		
Piscinas impermeabilizadas control de lixiviados	Control sobre el exceso de humedad			60
Construcción y adecuación de cuneta y/o canales perimetrales en las áreas de proceso	Donde se recolectan las aguas lluvias y se llevan al drenaje de la zona,	X		
Membranas con una característica especial	Que impide el ingreso de aguas lluvias no impide la transpiración y oxigenación de las pilas	X		
Adecuación de un espacio para almacenamiento temporal de los residuos	Control de residuos sólidos y se entrega a empresa PROMOTORA AMBIENTAL DE COLOMBIA SAS ESP			70
Residuos peligrosos	Empresa externa contratada para gestión de estos	X		
Control biológico con avispas	Estas ponen sus huevos en la pupa de la mosca, impidiendo su crecimiento		X	

<p>Contrato con Fumigaciones Ocampo SAS</p>	<p>Control de la mosca adulta y roedores mediante hacen fumigaciones y control permanente con aceite de citronela, que es un repelente natural, que no afecta la población de microorganismos involucrados en el proceso de degradación</p>	<p>X</p>		
<p>Mantenimientos periódicos a vehículos</p>	<p>Para reducir emisiones atmosféricas producidas por estos</p>	<p>X</p>		

3. Matriz de impacto ambiental Vicente Concesa

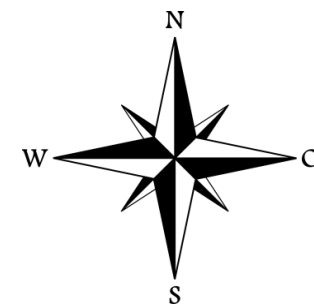
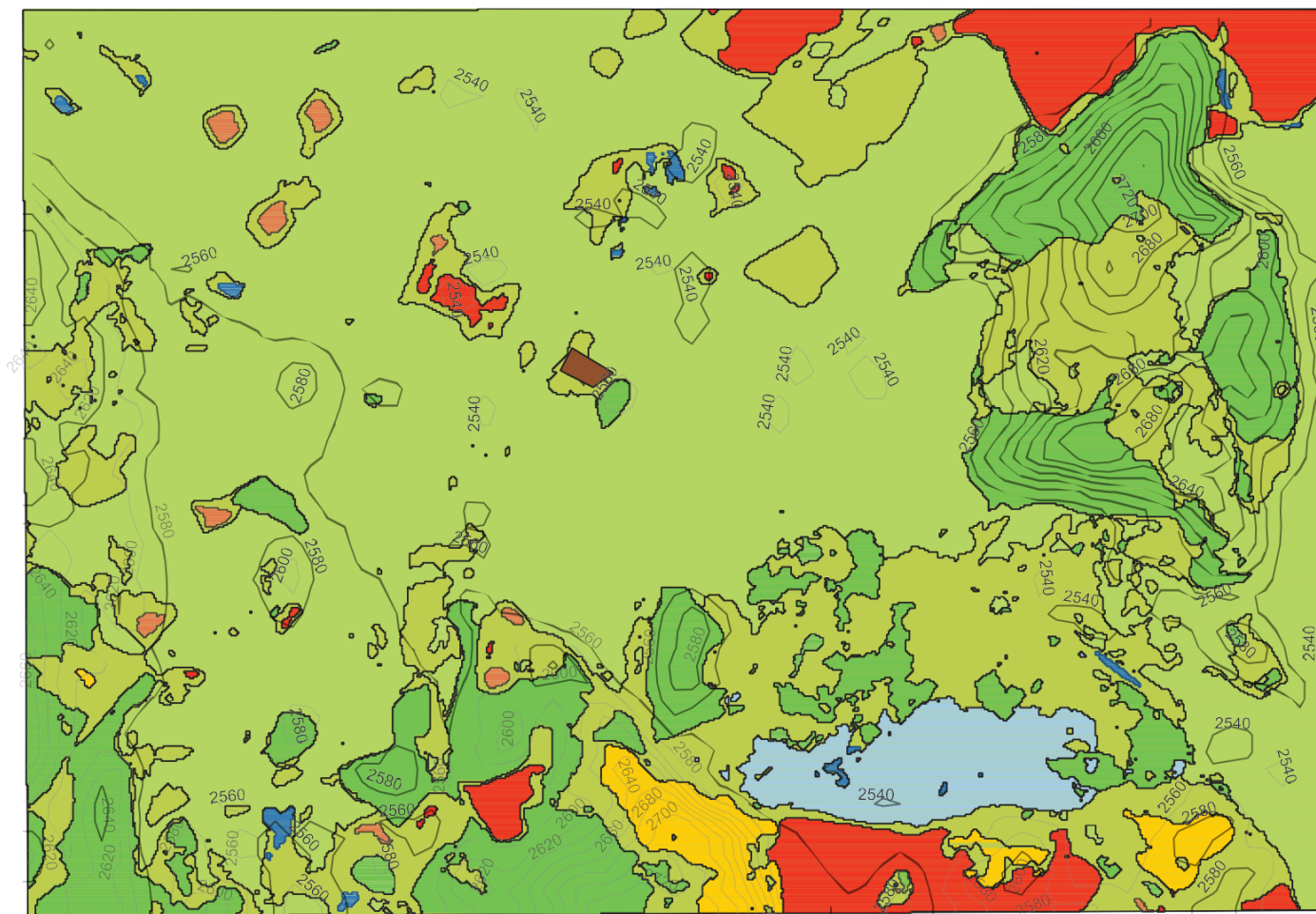
Etapa	Procesos	Medio Físico						Medio Biótico			Medio socioeconómico		
		Erosión	Deforestación	Contaminación al recurso hídrico	Contaminación al suelo	Perturbación auditiva	Demanda hídrica	Emisión de olores y material particulado	Pérdida de cobertura vegetal	Pérdida de hábitats	Desarticulación de paisaje rural	Generación de residuos sólidos convencionales	Generación de residuos peligrosos
Compostaje	Retiro de residuos contaminantes							21				18	
	Deshidratación en placa							21	30	30			
	Mezcla de residuos y balance de masas	24		35	45		17	27					
	Armado de pilas	26		35	45	26		27	40	40	54		
	Volteo de pilas	26		35	22	26		27	40	40	54		
	Control de parámetros												
	Movimiento del material	26			21	26		21			54	15	
	Fase de curado	21											
	Tamizado de material	18			21	26			32	32	24	15	
Empaque	16							32	32	24	18		

Declaración y caracterización del material	Clasificación de materia prima						21			24		
	Secado de materia prima			40			21			24		
	Recolección de lixiviados											
	Aplicación de caldo de microorganismos			26	20							28
	Disposición en pilas para proceso de compostaje	26		35						54		
Transporte y carga	Llegada de materia prima	21			48	17		60			16	18
	Transporte para productos de distribución	23			48	17		21		18	16	
	Almacenamiento de productos				21				32	32	54	18
Mantenimiento de planta	Limpieza de canales de agua lluvia			15			18					
	Mantenimiento periódico de vehículos			16	15							15
Construcción	Depósitos permeabilizados		29		22				30	30	44	
	Placa de recepción		29		22				30	30	46	
	Sistema de mallas		29		22				32	32	44	

	Geomembrana		35		42				40	40	45		
	Tanques de lixiviados		29		22			19	30	30	30		
	Instalación de barreras móviles		-60						-29	30	-32		
	Piscinas impermeabilizadas para el control de lixiviados		29		22				30	30	30		
	Cunetas cercanas al área de los procesos		29	16	22			15		32	30		
Control ambiental	Control biológico con avispas												
	Fumigación	16		16	15					32		18	15
	Control y gestión de residuos peligrosos											-15	-15

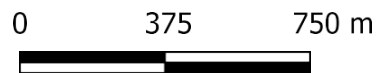
4. Mapas de cobertura del suelo para los años 2017 y 2021

Cobertura del suelo en el año 2017

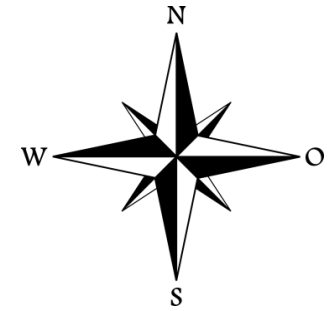
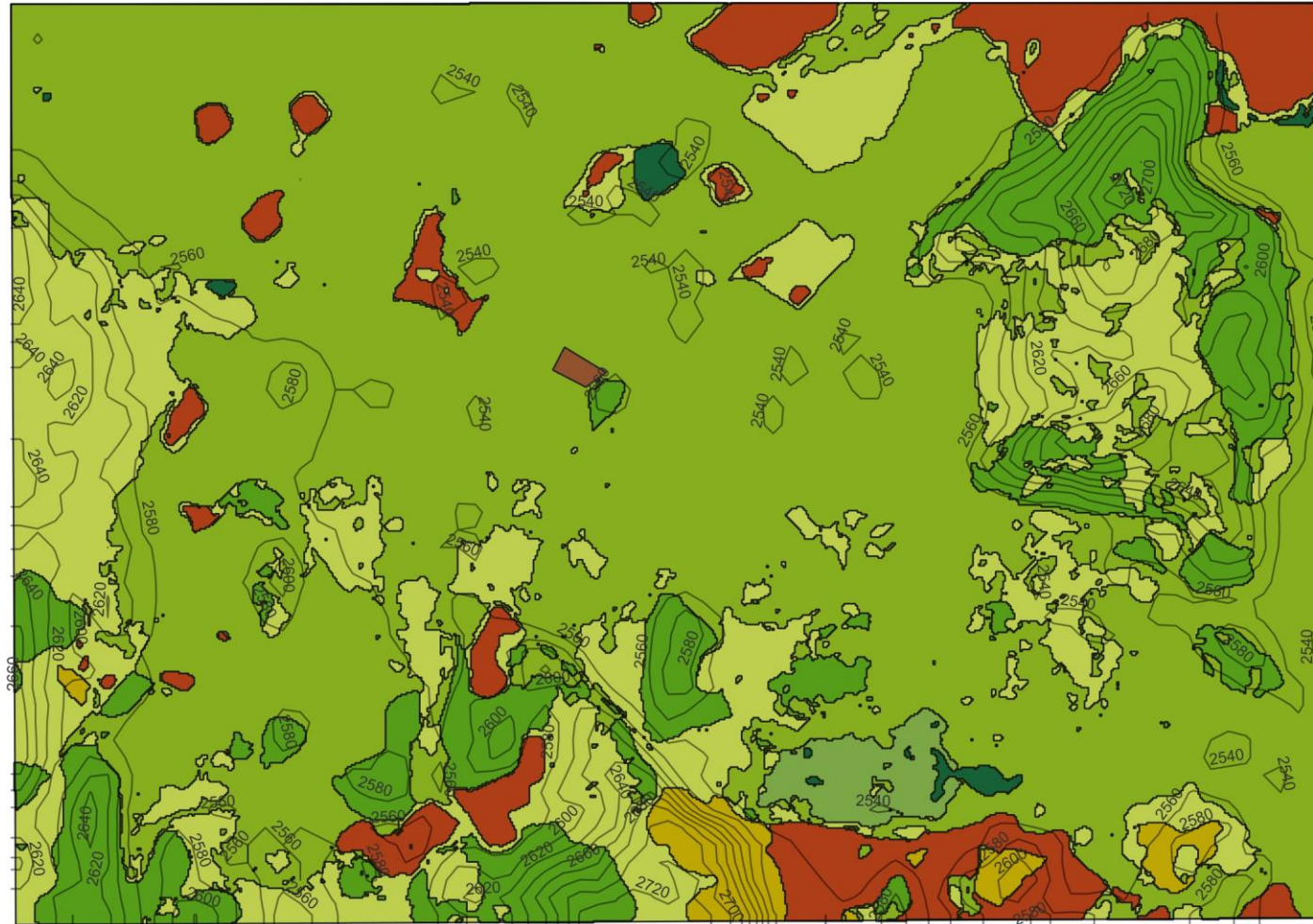


Convenciones

-  Área terranova
-  Curvas de nivel
- Cobertura 2017**
-  Agua
-  Arboles
-  Cultivos
-  Humedales
-  Suelo desnudo
-  Urbana

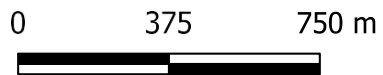


Cobertura del suelo en el año 2021



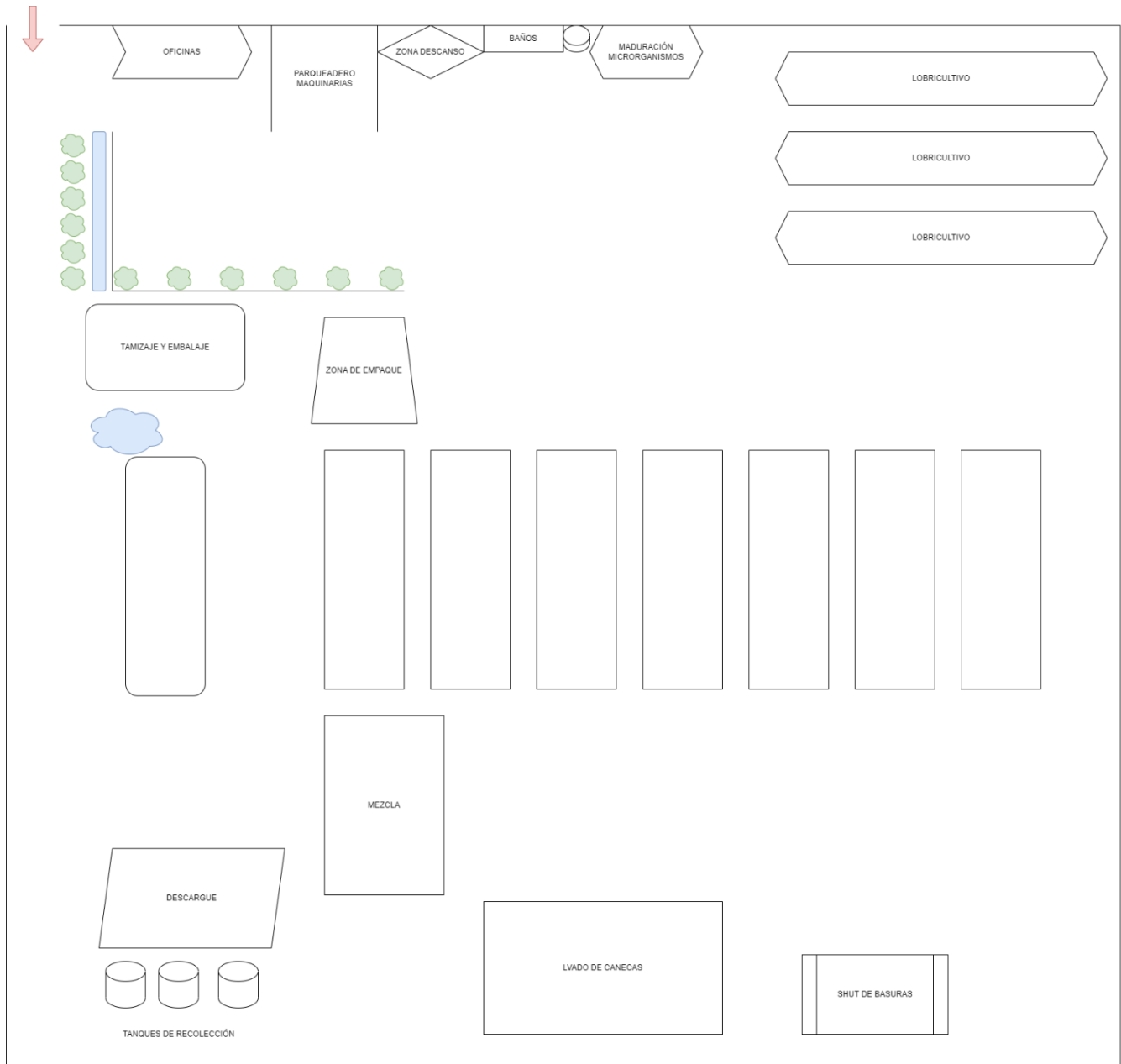
Convenciones

- Área terranova
- Curvas de nivel
- Cobertura 2021.**
 - Agua
 - Arboles
 - Cultivos
 - Humedales
 - Suelo desnudo
 - Urban



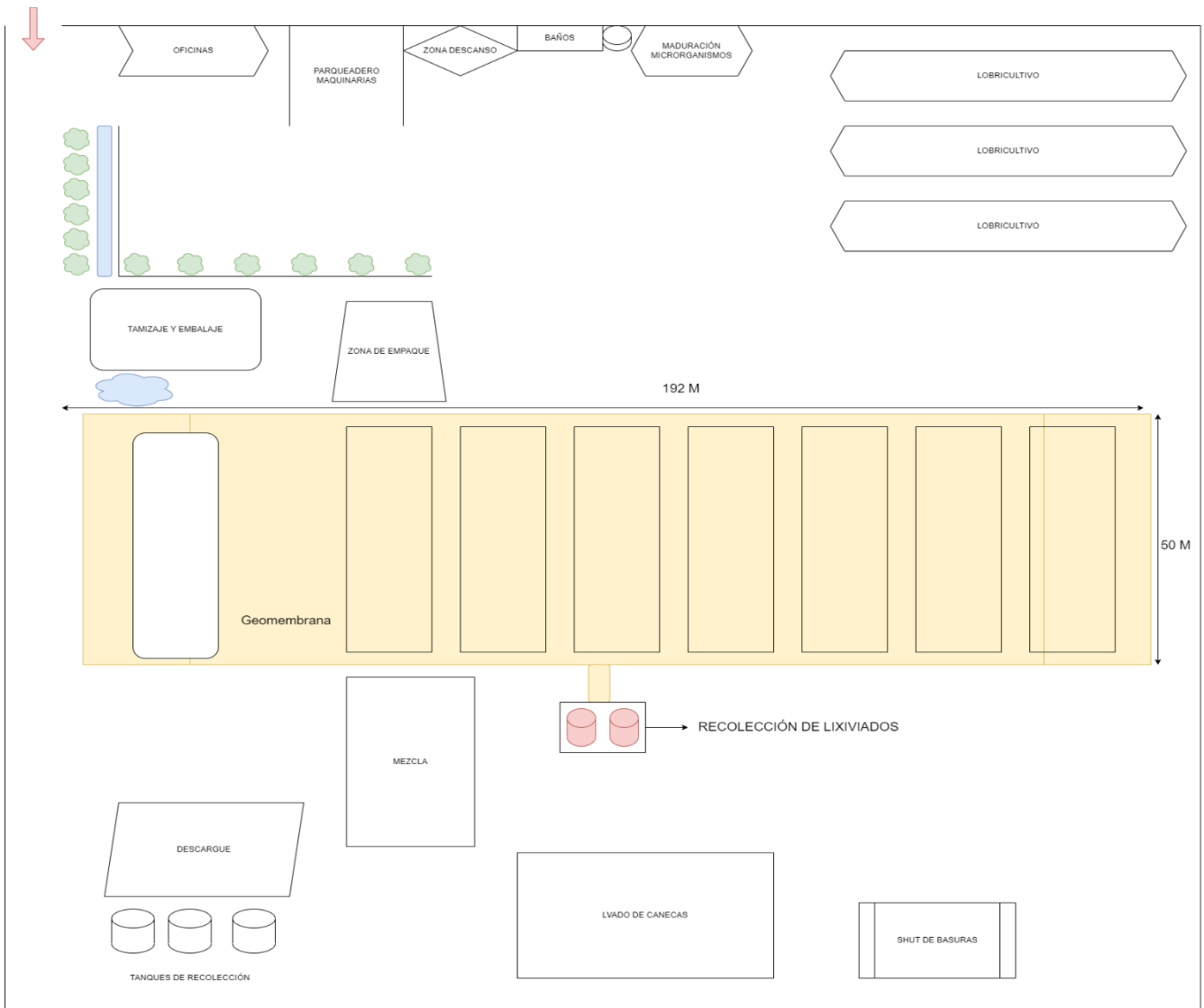
5. Planos de las propuestas realizadas

Plano general

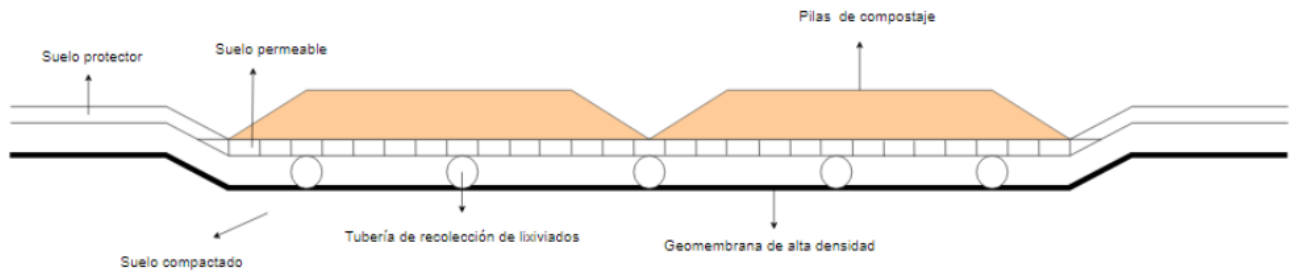


Plano propuesta de manejo de lixiviados

Vista aérea

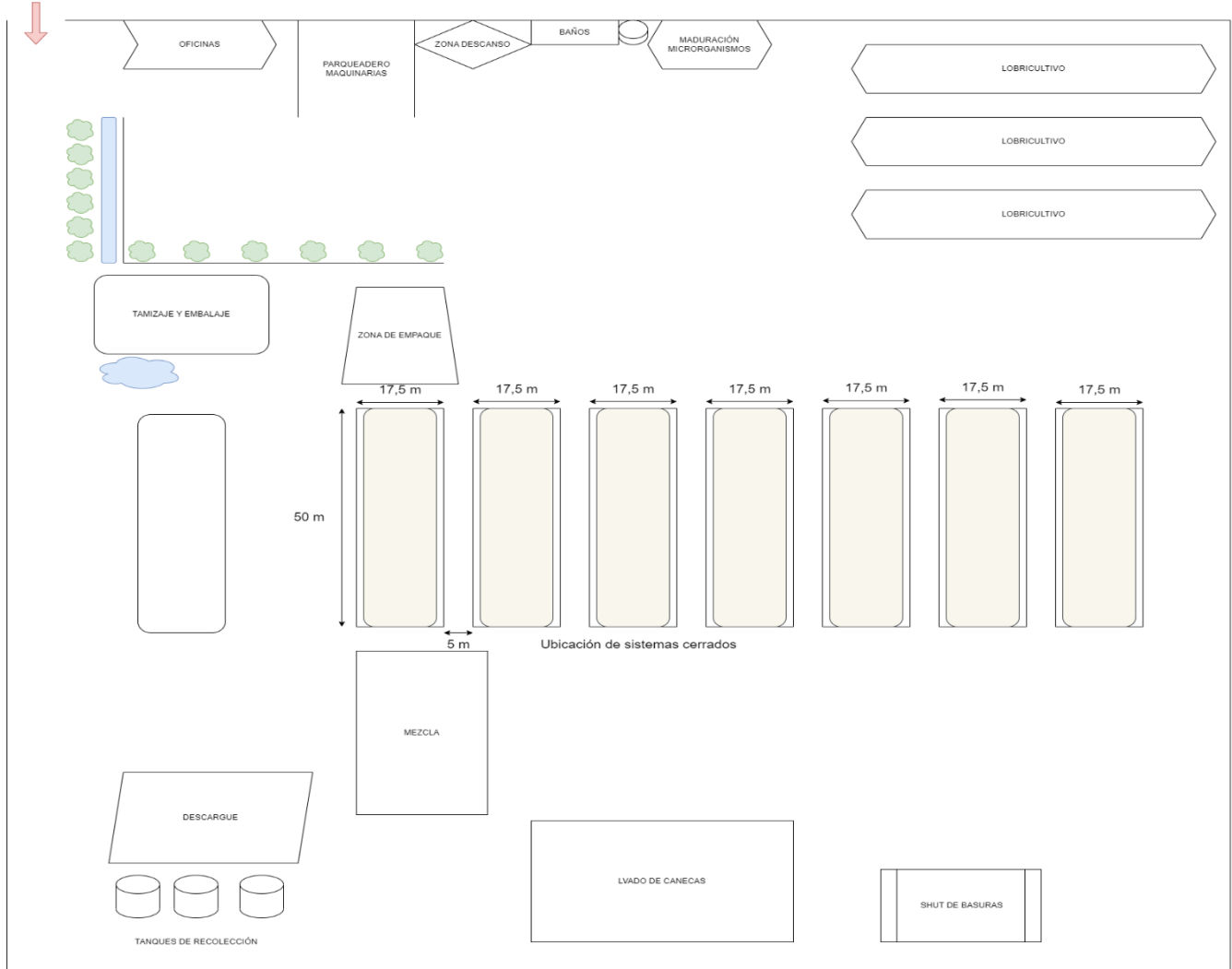


Vista horizontal

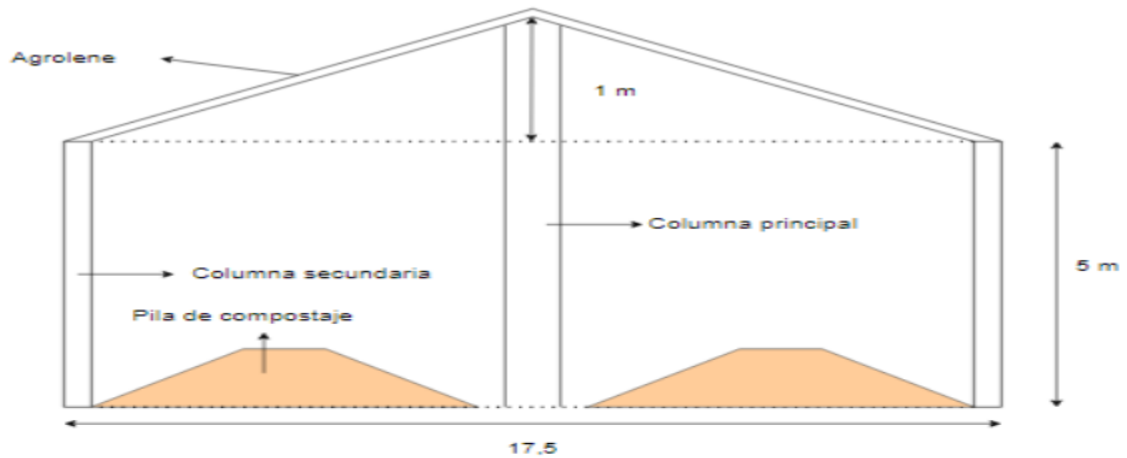


Plano propuesta de manejo de vectores

Vista aérea

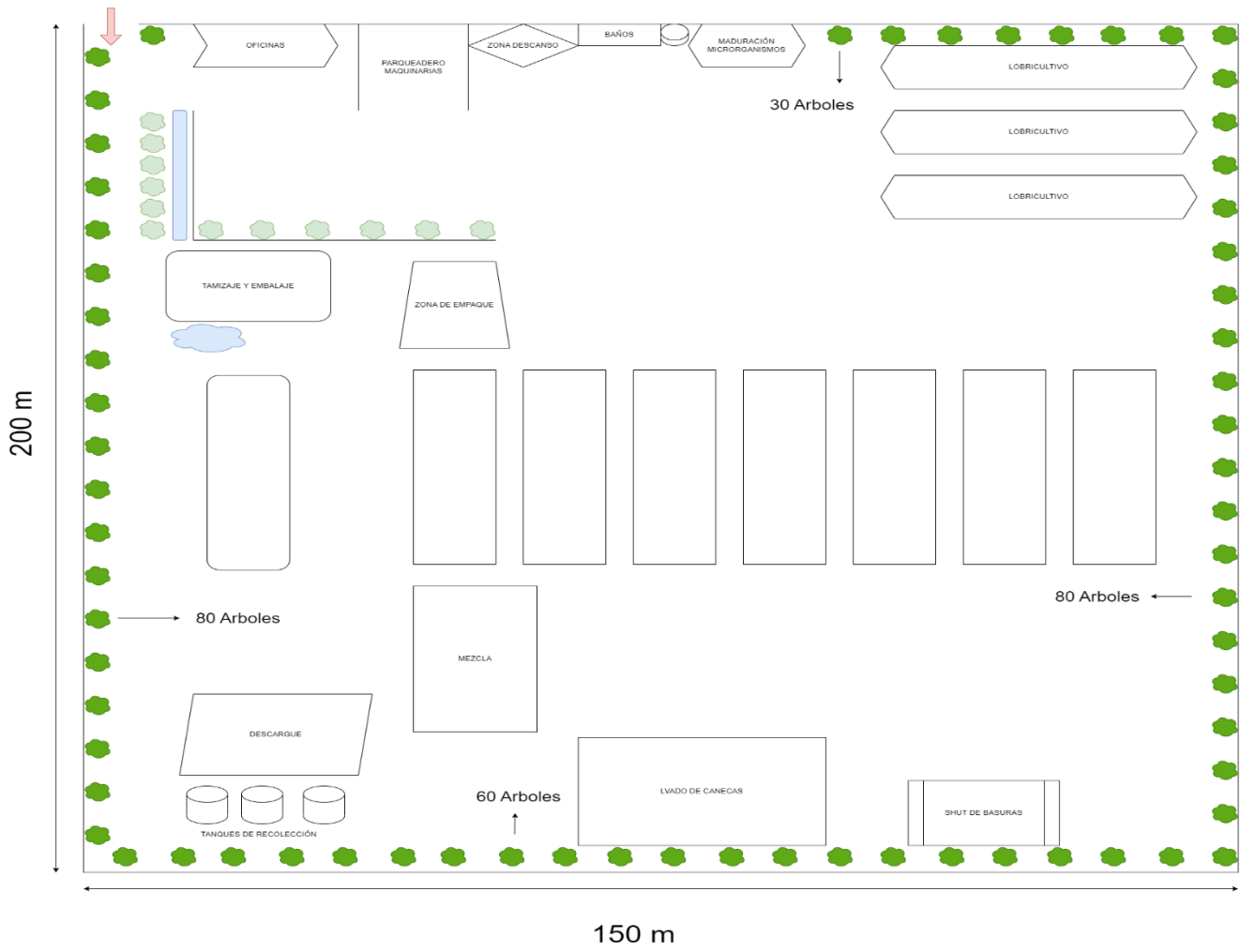


Vista Horizontal



Plano propuesta de manejo de olores

Vista aérea



Vista horizontal

