



# **FORMULACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA FINCA EL FRANCO EN GARAGOA, BOYACÁ**

**Maria Alejandra Castelblanco Ossa**

**Angie Paola Lozano Buitrago**

Universidad El Bosque  
Facultad de Ingeniería  
Programa Ingeniería Ambiental  
Bogotá D.C., 2019

**FORMULACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LOS RESIDUOS  
SÓLIDOS EN LA FINCA EL FRANCO EN GARAGOA, BOYACÁ**

**Maria Alejandra Castelblanco Ossa**

**Angie Paola Lozano Buitrago**

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

**Directora:**

Milena M. Fuentes Cotes

**Línea de Investigación:**

Gestión para el Desarrollo Urbano y Rural Sostenible

Universidad El Bosque

Facultad de Ingeniería

Programa Ingeniería Ambiental

Bogotá, Colombia

2019

## 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.

***Dedicado a:***

*A mi padre*, porque tu disciplina y dedicación son mi modelo a seguir para alcanzar mis sueños.

*A mi madre*, porque tu amor y apoyo incondicional han sido el motor de mi vida.

*A mi hermano*, porque me enseñaste a creer que, a pesar de las adversidades, si es posible superar cualquier obstáculo del camino.

**ALEJANDRA**

*A mi padre*, porque tu dedicación y esfuerzo permitieron que lograra mi formación profesional.

*A mi madre*, porque tu apoyo incondicional y tus consejos fueron el motor y la motivación para continuar con mis sueños.

*A mis hermanos*, porque me brindaron su apoyo y alegría en los momentos difíciles.

**ANGIE**

## **Agradecimientos**

A *Dios* por guiarme al camino correcto y permitirme culminar satisfactoriamente esta etapa de mi vida.

A *mis padres* por ser mi más grande admiración, por el esfuerzo y las palabras de aliento. Sin ustedes no sería lo que soy hoy en día.

A *mi hermano* por ser mi mejor amigo, por compartir tantos momentos y por ser esa fuente de alegría de mi vida.

**ALEJANDRA**

A *Dios* por permitirme culminar esta etapa de mi vida y darme fortaleza en momentos de dificultad

A *mis padres* por confiar y creer en mis capacidades y por haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades que se presentaron.

A *mis hermanos* que con su amor me han enseñado a salir adelante. Gracias por su paciencia y por preocuparse por su hermana mayor.

**ANGIE**

A la finca *El Franco* por su colaboración y permitirnos realizar el proyecto en sus instalaciones.

A la docente *Milena Fuentes* por brindarnos su conocimiento, por su orientación para el desarrollo del proyecto y por enseñarnos que para lograr algo bien hecho se requiere de un constante esfuerzo.

A la *Universidad El Bosque* por la formación adquirida, por permitirnos conocer personas maravillosas y por las experiencias vividas a lo largo de la carrera.

**ALEJANDRA Y ANGIE**

## Tabla de contenido

1. Resumen .....	11
2. Abstract.....	11
3. Introducción .....	12
4. Planteamiento del problema .....	13
5. Justificación .....	14
6. Pregunta de investigación.....	15
7. Hipótesis .....	15
8. Objetivos.....	15
8.1. General .....	15
8.2. Específicos.....	15
9. Marco de referencia .....	16
9.1. Estado del arte .....	16
9.1.1. Planes de Manejo Ambiental en procesos productivos .....	16
9.1.2. Planes de Manejo Ambiental en el marco de los residuos sólidos .....	17
9.1.3. Consecuencias de una mala disposición de residuos sólidos.....	18
9.1.4. Gestión de los residuos sólidos.....	18
9.2. Marco teórico .....	20
9.2.1. Sistema de manejo de los residuos sólidos en Boyacá .....	20
9.2.2. Manejo de los residuos sólidos .....	22
9.2.3. Caracterización de los residuos sólidos .....	23
9.2.4. Técnicas de tratamiento de los residuos .....	25
9.2.5. Métodos de aprovechamiento .....	30
9.2.6. Diagnósticos ambientales .....	31
9.2.7. Evaluación de impacto ambiental.....	32
9.2.8. Plan de Manejo Ambiental .....	33
9.3. Marco conceptual .....	35
9.4. Marco normativo .....	37
9.5. Marco geográfico .....	39
9.6. Marco institucional.....	40
10. Metodología .....	41
10.1. Diseño metodológico.....	41

10.2.	Objetivo específico 1 .....	43
10.3.	Objetivo específico 2 .....	45
10.4.	Objetivo específico 3 .....	49
11.	Plan de trabajo.....	50
11.1.	Cronograma .....	50
11.2.	Presupuesto .....	51
12.	Resultados .....	52
12.1.	Resultados objetivo específico 1 .....	52
12.1.1.	Ubicación geográfica .....	52
12.1.2.	Descripción general de los procesos productivos .....	53
12.1.2.1.	Actividad productiva agrícola.....	53
12.1.2.2.	Actividad productiva ganadera .....	55
12.1.2.3.	Actividad doméstica.....	55
12.1.3.	Cumplimiento de los requisitos legales .....	57
12.1.4.	Descripción general del manejo de residuos sólidos .....	58
12.1.5.	Caracterización de los residuos sólidos .....	58
12.2.	Resultados objetivo específico 2 .....	61
12.2.1.	Identificación de aspectos e impactos ambientales.....	61
12.2.2.	Evaluación de impactos ambientales .....	71
12.3.	Resultados objetivo específico 3 .....	75
13.	Análisis y discusión de resultados .....	86
13.1.	Objetivo específico 1 .....	86
13.2.	Objetivo específico 2 .....	87
13.3.	Objetivo específico 3 .....	89
14.	Conclusiones .....	91
14.1.	Objetivo específico 1 .....	91
14.2.	Objetivo específico 2 .....	91
14.3.	Objetivo específico 3 .....	92
15.	Recomendaciones.....	93
16.	Referencias bibliográficas.....	94
17.	Glosario de términos .....	99
18.	Anexos .....	100

## Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Matriz causa – efecto.</i> .....	13
Tabla 2. <i>Alternativas de aprovechamiento residuos sólidos orgánicos.</i> .....	26
Tabla 3. <i>Marco normativo</i> .....	37
Tabla 4. <i>Valores de calificación</i> .....	46
Tabla 5. <i>Diseño Matriz de Aspectos Ambientales.</i> .....	46
Tabla 6. <i>Importancia ambiental.</i> .....	46
Tabla 7. <i>Diseño matriz de impacto ambiental</i> .....	47
Tabla 8. <i>Valores de calificación de impactos</i> .....	47
Tabla 9. <i>Significancia de evaluación</i> .....	48
Tabla 10. <i>Fichas de programas de manejo ambiental.</i> .....	49
Tabla 11. <i>Cronograma de actividades</i> .....	50
Tabla 12. <i>Presupuesto.</i> .....	51
Tabla 13. <i>Caracterización de procesos.</i> .....	56
Tabla 14. <i>Producción de residuos sólidos producidos por semana</i> .....	59
Tabla 15. <i>Cuarteo de residuos sólidos.</i> .....	59
Tabla 16. <i>Producción de estiércol por semana.</i> .....	60
Tabla 17. <i>Aspectos ambientales por proceso.</i> .....	61
Tabla 18. <i>Matriz de evaluación de aspectos ambientales.</i> .....	68
Tabla 19. <i>Matriz de evaluación de impactos ambientales</i> .....	71
Tabla 20. <i>Impactos críticos y severos</i> .....	74

## Lista de Figuras

Figura 1. <i>Gestión ideal de los residuos sólidos</i> .....	19
Figura 2. <i>Sitios de disposición final en Boyacá</i> .....	22
Figura 3. <i>Mirada global al sistema de manejo de residuos sólidos.</i> .....	23
Figura 4. <i>Caracterización de los residuos sólidos por cuarteo</i> .....	24
Figura 5. <i>Procesos para el aprovechamiento de los residuos</i> .....	25
Figura 6. <i>Aprovechamiento biológico y bioquímico de residuos sólidos orgánicos</i> .....	29
Figura 7. <i>Localización finca El Franco</i> .....	39
Figura 8. <i>Organigrama de Corpochivor</i> .....	40
Figura 9. <i>Metodología del proyecto</i> .....	42
Figura 10. <i>Cuarteo de residuos sólidos</i> .....	43
Figura 11. <i>Diseño de diagrama de redes</i> .....	45
Figura 12. <i>Imagen satelital de la Finca El Franco.</i> .....	52
Figura 13. <i>Finca El Franco.</i> .....	53
Figura 14. <i>Caracterización de residuos sólidos de la finca El Franco</i> .....	60
Figura 15. <i>Diagrama de redes</i> .....	63

## Lista de Ecuaciones

Ecuación 1. <i>Promedio por tipo de residuo</i> .....	44
Ecuación 2. <i>Porcentaje por tipo de residuo</i> .....	44
Ecuación 3. <i>Producción semanal</i> .....	44
Ecuación 4. <i>Índice de calificación ambiental</i> .....	45
Ecuación 5. <i>Valoración de la importancia</i> .....	47

## Lista de Siglas

**PMA:** Plan de Manejo Ambiental

**EIA:** Evaluación de Impacto Ambiental

## **1. Resumen**

La finca El Franco presenta un inadecuado manejo de los residuos sólidos debido a la utilización de modelos convencionales de disposición, a la falta de una educación ambiental en las zonas rurales y a la ausencia de un servicio de recolección y aseo que permita un manejo y disposición ambientalmente seguro de los residuos. Los campesinos realizan la disposición en botaderos a cielo abierto y/o llevan a cabo procesos de incineración sin el respectivo control, poniendo en riesgo la calidad de los recursos naturales y la salud humana. En virtud de mejorar los procesos de producción de la finca y, además, que se efectúe un adecuado manejo de los residuos sólidos para prevenir los impactos negativos sobre el ambiente, se formula un Plan de Manejo Ambiental que proporcione las medidas de prevención y mitigación necesarias para asegurar el correcto manejo de los residuos sólidos y propender por la sostenibilidad.

*Palabras clave: Plan de Manejo Ambiental, residuos sólidos, impactos ambientales.*

## **2. Abstract**

The El Franco farm has an inadequate management of solid waste due to the use of conventional disposal models, the lack of an environmental education in rural areas and the absence of a collection service and cleanliness which allows environmentally safe management and disposal of waste. The farmers make the disposal in open dumps and / or carry out incineration processes without the respective control, putting at risk the quality of natural resources and human health. By virtue of improving the farm production processes and, in addition, carrying out an adequate management of solid waste to prevent negative impacts on the environment, an Environmental Management Plan is formulated which provides the necessary prevention and mitigation measures to ensure proper handling of solid waste and advocate for sustainability.

*Keywords: Environmental Management Plan, solid waste, environmental impacts.*

### 3. Introducción

En los últimos años, el crecimiento poblacional ha ocasionado un aumento de los residuos sólidos en los hogares y en la industria que, al no contar con una gestión ambiental frente al tema, se pone en riesgo la calidad de los recursos naturales. En este sentido, las actividades humanas generan grandes presiones sobre el ambiente, no sólo porque se requieren de dichos recursos como materia prima para su posterior transformación, sino también por lo que queda después de haber elaborado y/o consumido el producto.

La producción de los residuos sólidos se ha constituido como un reto a nivel global por la creciente necesidad de buscar el desarrollo y mejorar la calidad de vida de las personas. El impacto ambiental negativo que genera un manejo inadecuado de este tipo de residuos deja a la vista una contaminación significativa que compromete los recursos de las futuras generaciones.

Aunque los avances que se han dado en materia de residuos sólidos en Colombia han sido acorde al consumo, al crecimiento demográfico y a los modelos de producción económica; estos no logran ser suficientes. Una de las mayores dificultades es la deficiencia en la prestación del servicio de aseo en diferentes municipios del país, que ha dado lugar a una preocupación por establecer nuevos modelos de gestión de los residuos sólidos, constituyéndose como un reto en términos de sostenibilidad.

De acuerdo con el CONPES 3874 de 2016 la mayor composición de los residuos sólidos en el país corresponde a la fracción orgánica y esto supone una gran fuente de emisión de gases de efecto invernadero por los procesos de descomposición. En este sentido, las áreas rurales concentran la mayor producción de alimentos y ganado para el comercio, los cuales generan grandes cantidades de residuos sólidos orgánicos que terminan incinerados o en botaderos a cielo abierto. Lo anterior es el reflejo del modelo lineal que se ha desarrollado en las actividades productivas, perdiendo el potencial de tratamiento y/o aprovechamiento que poseen los residuos sólidos. Entre las consecuencias que se derivan de la falta de esfuerzos por un aprovechamiento, tratamiento y/o disposición final de estos residuos; se destaca la contaminación de los recursos naturales, la pérdida de materiales y la afectación a la salud humana.

La incineración de los residuos sólidos resulta ser una de las técnicas de reducción y eliminación más utilizadas, pues se logran reducciones de más del 90% de los residuos, considerándose como la opción de manejo más viable para disminuir el volumen de estos (Rodríguez, 2011). Sin embargo, además de la producción de cenizas, esta técnica también representa una fuente de emisión de gases tóxicos que pueden afectar la salud humana. De acuerdo con Rodríguez (2011) por cada tonelada de residuos sólidos incinerados se producen 8 kg de partículas, 0,5 kg de SO<sub>2</sub>, 3 kg de NO<sub>x</sub> y 42 kg de CO. Asimismo, los botaderos a cielo abierto representan una gran fuente de contaminación por la producción de lixiviados y la emisión de gases de efecto invernadero.

De esta manera, el manejo de los residuos sólidos en el país y especialmente en las áreas rurales, se constituye como un reto en el que se debe propender por la conservación de los recursos naturales mediante una gestión que involucre a todos los actores e instituciones en pro de la calidad de vida de las personas.

#### 4. Planteamiento del problema

La falta de articulación y consolidación de políticas en el marco de la gestión integral de los residuos sólidos refleja una deficiencia en la cobertura de recolección de residuos sólidos en las zonas rurales del país, que se debe principalmente a la falta de recursos financieros de las empresas prestadoras del servicio de aseo y recolección, a las limitaciones de las vías para llegar a los puntos de generación y al desarrollo de zonas rurales dispersas. Así como lo cita el CONPES 3874, en las áreas urbanas la cobertura de recolección fue de 97.8% y en las rurales del 21.9% para el año 2013. Lo anterior promueve que los campesinos utilicen mecanismos no aptos para la disposición final y/o eliminación de los residuos sólidos, comprometiendo el estado de los recursos naturales. En este sentido, las problemáticas ambientales que se derivan de un manejo inadecuado de los residuos sólidos se ven reflejadas en la generación de contaminantes y en la creación de riesgos de salud pública.

Tabla 1. *Matriz causa – efecto.*

<b>Componente</b>	<b>Causa</b>	<b>Efecto</b>	<b>Consecuencia</b>
Salud	Manejo inadecuado de residuos sólidos	Proliferación de vectores y olores ofensivos	Transmisión de enfermedades
Agua	Manejo inadecuado de residuos sólidos	Diseminación de lixiviados	Contaminación de acuíferos y cuerpos de agua superficiales
Suelo	Manejo inadecuado de residuos sólidos	Degradación estructural del suelo	Pérdida de productividad
Aire	Manejo inadecuado de residuos sólidos	Emisión de gases y olores ofensivos	Calentamiento global
Paisaje	Manejo inadecuado de residuos sólidos	Acumulación de los residuos sólidos	Alteración del paisaje

Fuente: Autores, 2019.

La finca El Franco no realiza un manejo adecuado de los residuos sólidos que genera de sus actividades. La composición física de los residuos sólidos que se generan por parte de la producción agrícola y ganadera corresponde principalmente a los residuos orgánicos por los procesos de producción de alimentos y por las excretas del ganado. La descomposición de este tipo de residuos produce una emisión considerable de gases de efecto invernadero como el metano, dióxido de carbono, hidrógeno y vapor de agua, constituyéndose como una gran fuente de contaminación (CONPES 3874, 2016). El potencial de aprovechamiento que poseen los residuos orgánicos es desperdiciado por falta de estrategias que se enmarquen en la gestión ambiental y por la ausencia de incentivos económicos que impulsen a estos sectores a establecer acciones en materia de sostenibilidad.

## 5. Justificación

La importancia de ahondar en la problemática del inadecuado manejo de los residuos sólidos radica en que los efectos que desencadena la mala disposición generan impactos negativos sobre el ambiente y, en consecuencia, afectaciones a la salud humana por contaminación de los recursos naturales (agua, suelo y aire). Las actividades productivas asociadas a la agricultura y ganadería son responsables de ejercer presiones significativas sobre el entorno por la gran demanda de agua, por la necesidad de deforestar para tener tierras donde cultivar y posicionar al ganado, por la degradación del suelo, así como por la generación de residuos sólidos.

La finca El Franco basa su economía principalmente en el cultivo de granos, así como en la crianza y engorde de bovinos para su comercio. En materia ambiental, no cuenta con un plan de manejo de los residuos sólidos que genera de sus procesos productivos, así como los domésticos, por lo que la disposición de los residuos generalmente se realiza en botaderos a cielo abierto y/o se llevan a cabo prácticas de incineración sin contemplar controles y medidas adecuadas. En este sentido, resulta necesario priorizar los escenarios de mayor generación de residuos sólidos en virtud de disminuir los impactos sobre el entorno y garantizar la salud de las personas.

Entre los efectos que se producen por causa de una falta de manejo adecuado de los residuos sólidos se destaca la proliferación de vectores, un aumento en los índices de morbilidad y una disminución en la calidad de vida de las personas. Una de las técnicas de tratamiento de residuos más comunes es el compostaje, el cual mejora la calidad del suelo por el aporte de nutrientes dados los procesos de descomposición de la materia orgánica (Edwards & Araya, 1996). No obstante, aunque en ocasiones los pequeños agricultores y ganaderos realizan dicho tipo de técnicas de aprovechamiento, también llevan a cabo quemas incontroladas y disposición en suelo directo.

La formulación del presente plan de manejo para los residuos sólidos que se producen en la finca permite establecer acciones con el fin de mitigar y prevenir los impactos ambientales negativos que se originan principalmente de la actividad productiva agrícola y ganadera que, aunque sea a pequeña escala, se verá reflejado en una minimización de contaminación, un control sobre los procesos productivos y un aumento de la eficiencia y competitividad.

## **6. Pregunta de investigación**

¿Cómo puede contribuir el Plan de Manejo Ambiental en la reducción de los impactos ambientales negativos generados por la finca El Franco en Garagoa, Boyacá?

## **7. Hipótesis**

Los impactos ambientales negativos generados por la finca El Franco se podrán reducir mediante la realización del diagnóstico ambiental y la respectiva evaluación ambiental de los diferentes procesos que se llevan a cabo por tipo de actividad productiva.

## **8. Objetivos**

### *8.1.General*

Formular un Plan de Manejo Ambiental para los residuos sólidos en la finca El Franco en Garagoa, Boyacá.

### *8.2.Específicos*

- ✓ Realizar un diagnóstico ambiental de la finca.
- ✓ Identificar los aspectos ambientales y evaluar los impactos.
- ✓ Proponer programas de manejo ambiental de acuerdo a los impactos negativos significativos.

## 9. Marco de referencia

### 9.1. Estado del arte

#### 9.1.1. Planes de Manejo Ambiental en procesos productivos

#### **Estudio Internacional**

*Patil, K. & Salkar, D. (2017). Environmental Management Planning for a textile dyeing industry: A case study. IJERMCE. 2 (4). 33 - 36*

El estudio expone que la industria textil es uno de los mayores sectores que genera contaminación en términos de vertimientos y residuos sólidos. El gran consumo de agua que se usa para el procesamiento de las telas requiere de energía y distintos productos químicos que en gran medida genera impactos negativos sobre el ambiente. Por tanto, la investigación tuvo como objetivo mejorar la gestión ambiental de este tipo de industria, enfocándose en la fase de operación, en donde la continuidad del proceso crea impactos potenciales para el entorno (Patil & Salkar, 2017).

La cantidad de agua que se consume depende de los procesos de producción de cada fábrica, así como los insumos químicos para la fabricación de las telas. Las aguas residuales son puestas en tratamiento primario y luego son descargadas en la planta de tratamiento para aguas secundarias y terciarias, las cuales son usadas para fines agrícolas. Se encontró que el tratamiento primario no cumple con los estándares mínimos de calidad, por lo que resulta necesario mejorarlo y considerar la reutilización de agua en la industria. Además, la contaminación del aire generada por la emisión de gases contaminantes debe controlarse con plantaciones de árboles (más conocido como cinturón verde) que, además de reducir la contaminación del aire, también disminuye los altos niveles de ruido y logra darle una estética al paisaje (Patil & Salkar, 2017).

#### **Estudio Nacional**

*Vallejo, D. (2010). Plan de Manejo Ambiental para una empresa metalmecánica dedicada a la manufactura de remolques para el transporte de carga. Tesis de grado. Universidad Libre. Colombia*

El proyecto muestra la necesidad de mejorar el desempeño ambiental de la empresa dado que no se identifica de manera detallada cada etapa del proceso de fabricación, por lo que los residuos, vertimientos y emisiones que se generan en cada una de las etapas no son cuantificados ni tampoco contemplan mecanismos de tratamiento. La industria metalmecánica es considerada como uno de los sectores que más desconoce el tema ambiental, en donde la falta de una planificación estratégica se ve reflejada en la contaminación y en la falta de optimización de procesos. Por ende, el objetivo consistió en proponer un Plan de Manejo Ambiental que permitiera la identificación de los impactos con el fin de establecer las medidas necesarias para mejorar su relación con el entorno ambiental.

La metodología desarrollada consistió en la identificación de aspectos ambientales y evaluación de impactos ambientales asociados mediante tres etapas: En primer lugar, se seleccionó un levantamiento de información de las actividades relacionadas con la elaboración y ensamble de los remolques y semirremolques. En segundo lugar, se llevó a cabo una identificación de los aspectos ambientales de la

actividad en donde se desarrollaron los diagramas de entradas y salidas de los subprocesos. Por último, se identificaron los impactos ambientales aplicando la matriz de Leopold, la cual es considerada altamente útil para evidenciar las principales actividades que estén afectando el ambiente (Vallejo, 2010).

De esta manera, se obtuvo como resultado la elaboración de cinco programas entre los que se destacan: Manejo para el impacto sobre el aire, control y prevención del ruido, manejo de residuos sólidos, elaboración y ensamble de remolques, y Plan de Manejo Ambiental para empleados y contratistas. No obstante, no pudo lograrse la implementación del PMA debido a que la empresa cuenta con mano de obra no calificada por lo que el desarrollo de las actividades es realizado de forma empírica sin tener en cuenta el componente ambiental. Asimismo, la falta de recursos financieros no hizo posible su implementación (Vallejo, 2010).

### *9.1.2. Planes de Manejo Ambiental en el marco de los residuos sólidos*

#### **Estudio internacional**

***SCRD. (2011). Solid Waste Management Plan – The Foundation for Zero Waste Plan – Final Draft. AECOM Canadá Ltd.***

Los distritos regionales en Columbia Británica por ley están obligados a desarrollar planes de gestión de residuos sólidos para planear la gestión del manejo adecuado de estos mismos, de manera que se actualizan periódicamente, donde la dirección estratégica de los planes se enfoca en cuatro aspectos principales para abordar. El primero consiste en cero desperdicios, el cual se basa en lograr una economía circular que genere nuevas oportunidades de negocio ya que el desperdicio de otra persona puede ser considerado como materia prima de otro. El segundo consiste en establecer una sostenibilidad social y ambiental para no comprometer las necesidades futuras. El tercero consta en obtener una sostenibilidad financiera para mantener los compromisos de servicio público. Y, por último, el cuarto aspecto se enfoca en la reducción de gases de efecto invernadero, el cual debe estar dentro de la implementación del plan de la región.

#### **Estudio nacional**

***Benavides, C. & Josa, D. (2015). Plan de Manejo Ambiental de Residuos Sólidos Orgánicos en las Veredas Anganoy y San Juan de Anganoy Corregimiento de Mapachico Municipio de Pasto. Universidad de Nariño.***

La implementación de este proyecto se realizó a partir de tres etapas: La primera fase del Plan consistió en elaborar un diagnóstico físico natural y socioeconómico para determinar el estado actual de la zona de estudio. En la segunda fase se realizó una identificación de los diferentes impactos ambientales que generan los residuos sólidos (cabe resaltar que en esta fase se implementó la Matriz de Leopold, Matriz de Análisis Estructural y la Matriz de Impacto propuesta por Vicente Conesa). Finalmente, en la tercera fase se proponen medidas en conjunto con los actores sociales que hacen parte del Plan para establecer proyectos de compensación, mitigación y corrección de los impactos ambientales identificados.

Por otro lado, se hace énfasis en el concepto de “geografía social” donde se consideraba como el estudio de la cultura y la comprensión de los cambios provocados por el hombre frente a la naturaleza (Benavides

& Josa, 2015). Por tanto, la geografía toma un papel importante ya que permite estudiar detalladamente los diferentes grados de afectación y el nivel de complejidad que se pueden presentar en el ambiente por el inadecuado manejo de los residuos sólidos (Benavides & Josa, 2015).

### 9.1.3. Consecuencias de una mala disposición de residuos sólidos

#### **Estudio internacional**

**Tariq, M.; Naveed, M.; Irshad, M.; Shiraz, H. & Nauman, A. (2017). *Assessment of Household Solid Waste Generation in Rural Areas. The Journal of Scientific and Engineering Research. 4 (11):27-31***

Investigaciones realizadas en Pakistán, confirman la hipótesis de que existe una relación entre las enfermedades y la mala disposición de los residuos sólidos. Se observó una propagación de diferentes enfermedades que generaban un efecto negativo en la salud de las personas ubicadas en zonas rurales (Tariq et al., 2017). Se concluyó que las comunidades deben tener más conciencia con respecto a los efectos que conlleva una mala disposición de los residuos sólidos junto con la adopción de hábitos de seguridad para mejorar la salud y disminuir las enfermedades relacionados con los desechos sólidos.

#### **Estudio nacional**

**Lopez, N. (2009). *Propuesta de un programa para el manejo de los residuos sólidos en la plaza de mercado de Cerete – Córdoba. Maestría. Universidad Pontificia Javeriana.***

En este trabajo de investigación se enuncian las posibles alteraciones directas e indirectas que se pueden presentar en el ambiente por una mala disposición de los residuos sólidos, entre las que se destacan: La contaminación de fuentes hídricas por vertimiento de residuos y descargas de lixiviados que pueden incrementar la cantidad de nutrientes presentes en los cuerpos hídricos y que dan lugar a una eutrofización. En segundo lugar, la contaminación del aire causada por la generación de botaderos a cielo abierto, los cuales pueden producir infecciones respiratorias. Asimismo, la contaminación del suelo, ya que la acumulación de residuos altera las condiciones fisicoquímicas y puede favorecer la proliferación de vectores que pueden llegar a transmitir enfermedades (Lopez, 2009).

### 9.1.4. Gestión de los residuos sólidos

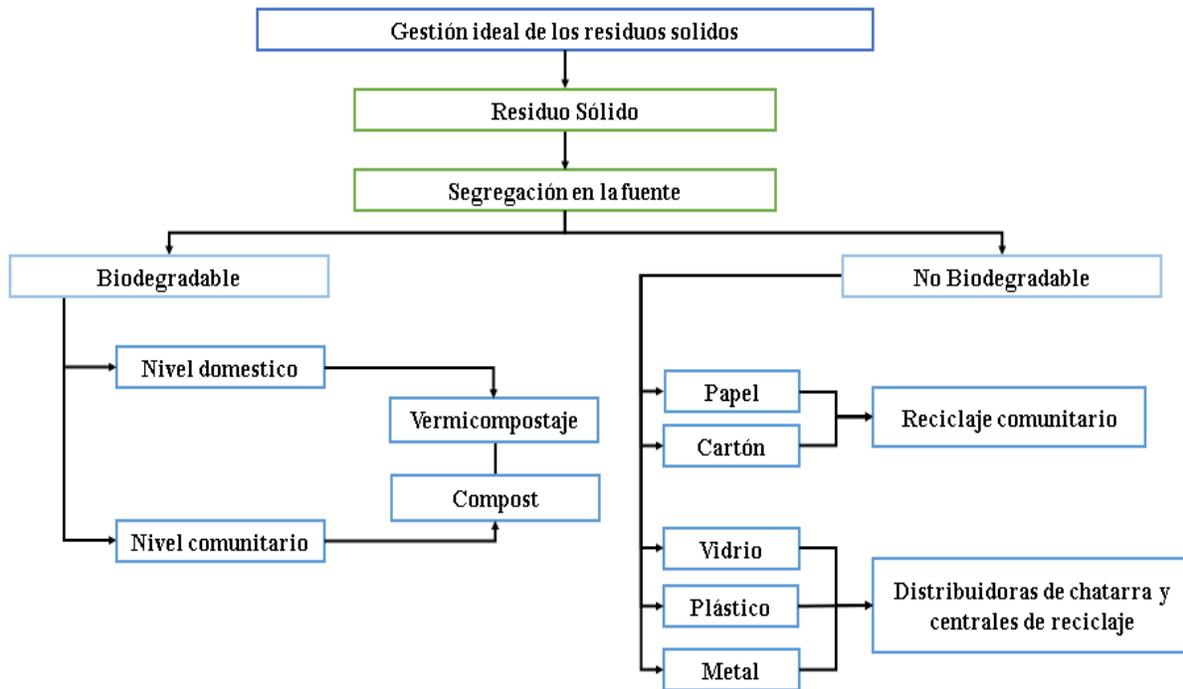
#### **Estudio internacional**

**Moharana, P. (2012). *Rural Solid Waste Management: Issues and Action. Kurukshetra. 60. Pages 30-34.***

En la India persiste una gran amenaza con respecto a la salud pública por desperdicios generados en las zonas rurales, donde predominan los residuos orgánicos y biodegradables. La metodología del estudio consistió en realizar una clasificación, iniciando desde el hogar y a nivel comunitario de los residuos biodegradables y no biodegradables (Moharana, 2012). Los residuos biodegradables se destinarán al proceso de compostaje a partir de dos metodologías como el método de pozo y el vermicompostaje.

El método de pozo consiste en hacer un hoyo cerca del ganado que debe estar cubierto para proteger el compost y el vermicompostaje (conocido también como lombricultura), donde se usa el estiércol de vaca y residuos secos de cultivos cortados (Moharana, 2012). Los residuos no biodegradables serán reciclados y reutilizados dependiendo de su clasificación (papel, plástico, tela, metal, vidrio, entre otros), donde los residuos más acumulados serán vendidos. Estos cambios ayudarán a implementar una gestión más adecuada de los residuos y mejores cambios en el saneamiento e higiene (Moharana, 2012).

Figura 1. *Gestión ideal de los residuos sólidos*



Fuente: Moharana, 2012.

### Estudio nacional

*Castañeda, S. & Rodríguez, J. (2017). Modelo de aprovechamiento sustentable de residuos sólidos orgánicos en Cundinamarca, Colombia. Rev Univ. Salud. 2017;19(1):116-125.*

Esta investigación hace énfasis en los modelos de optimización que se encuentran enfocados en la gestión de los residuos orgánicos, ya que estos son un recurso ilimitado que permiten obtener de diversas formas un aprovechamiento y tratamiento por medio del reciclaje o para la obtención de energía.

En el Departamento de Cundinamarca se identificaron falencias en los sistemas de aprovechamiento de los procesos de lombricultura y compostaje, dado que se presentaron riesgos ambientales y a la salud pública, por lo que se propone un modelo de optimización sustentable para plantas de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos con el propósito de disminuir los impactos ambientales. Este modelo consistió en la aplicación de criterios técnicos matemáticos a partir del uso de una ecuación de

optimización para conocer los ingresos del producto final, costos de inversión y costos de recaudo por disposición final en el relleno (Castañeda & Rodríguez, 2017). Para esto fue necesario calcular la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> de cada Departamento de Cundinamarca a partir de la herramienta de huella de carbono y una proyección poblacional para conocer la cantidad de generación de residuos sólidos orgánicos en los años establecidos por el estudio (Castañeda & Rodríguez, 2017).

De esta manera, se pudo concluir que las técnicas de aprovechamiento de compostaje y lombricultivo presentan beneficios ambientales, económicos y sociales ya que mejoran la fertilidad de los suelos aportando en la captación de carbono y nitrógeno; genera ingresos económicos por la venta del compost y lombricompost; y finalmente, disminuye la construcción de rellenos sanitarios para fomentar una conciencia ambiental que impulse el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos (Castañeda & Rodríguez, 2017).

## 9.2. Marco teórico

### 9.2.1. Sistema de manejo de los residuos sólidos en Boyacá

En las áreas rurales de Colombia viven aproximadamente 11.838.032 personas que corresponden al 26% de la población nacional. El 62,1% de ellos (equivalente a 7.351.418 personas) viven en la pobreza y el 21,5% (equivalente a 2.545.177 personas) viven en condiciones de pobreza extrema o indigencia (Perry, 2010). En este sentido, la pobreza rural se debe principalmente a la falta de acceso a servicios básicos y públicos eficientes (Martínez & Correa, 2002). Al no contar con servicios públicos básicos (como agua, energía eléctrica, gas, cobertura de servicio de recolección de residuos, entre otros), la población rural se ve obligada a pagar costos adicionales para acceder a estos servicios y satisfacer sus necesidades.

En Colombia la recolección de residuos en zonas urbanas presenta una cobertura que casi llega al 100% mientras que en las zonas rurales se presenta una prestación de servicio del 21,9% (Álvarez & Valenzuela, 2016). Esta falta de cobertura de recolección en las zonas rurales se da principalmente por el estado actual de las vías que rodean a la zona rural, por lo general estas se encuentran en forma de “trocha” y presentan altas pendientes que impiden el paso de los vehículos recolectores. Al presentar una cobertura tan pequeña en las zonas rurales se tienden a perder oportunidades de reciclaje, ya que se mezclan los residuos, no existen mercados para comercializar el material reciclado y no se induce una cultura de aprovechamiento y reciclaje en estas zonas (Unicef, 2006). Esto ocasiona que se presenten nuevos métodos de disposición que pueden llegar a agravar la situación de las zonas rurales por la falta de un servicio de recolección como lo son las quemadas, enterramientos, basureros a cielo abierto o disposición en fuentes superficiales, ocasionando una proliferación de enfermedades e infecciones que pueden deteriorar la salud y el ambiente (Unicef, 2006).

Estas diferentes formas de disposición de residuos sólidos presentan diversos impactos ambientales que pueden llegar a ser riesgos potenciales en la salud humana, como la disposición de los residuos en el suelo, la cual aumenta la probabilidad de estar expuesto a varias sustancias tóxicas como compuestos orgánicos y metales pesados que incrementa el riesgo de presentar algún tipo de cáncer, anomalías congénitas, bajo peso al nacer, abortos involuntarios y de mortalidad neonata (Gouveia, 2012). Además, contribuye de manera significativa con el proceso de cambio climático.

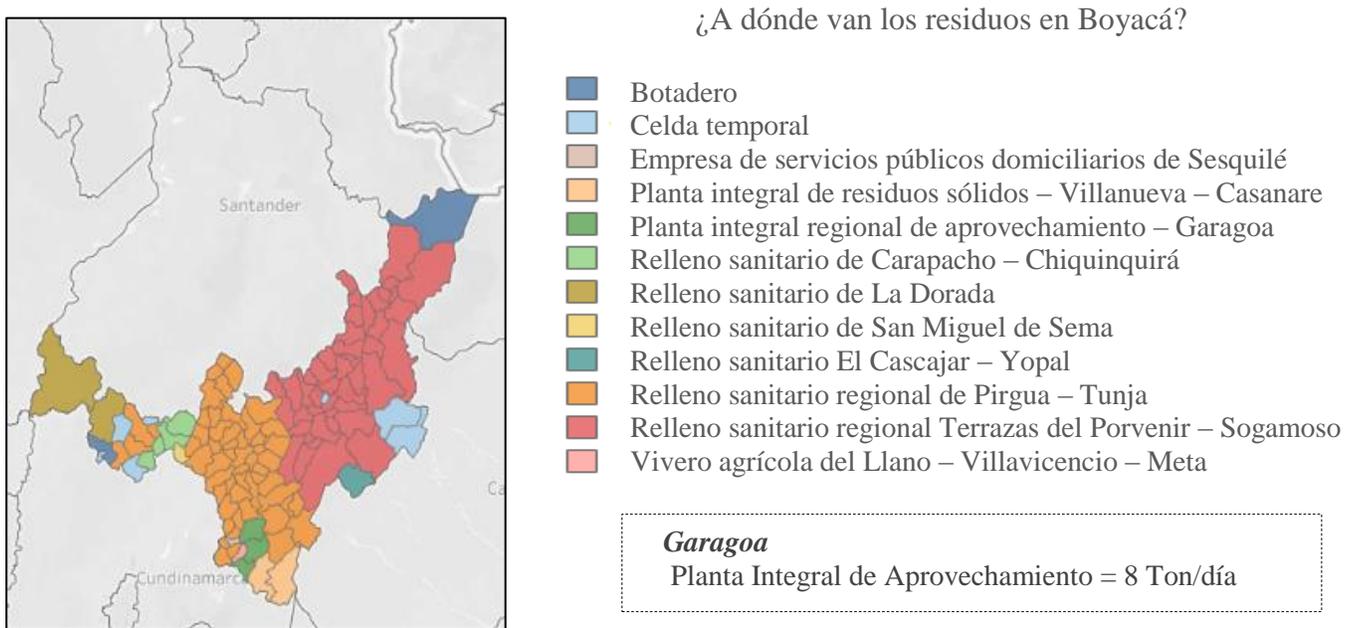
Otro riesgo potencial consiste en el método de incineración que produce diferentes sustancias tóxicas, tales como gases, partículas, metales pesados, compuestos orgánicos, dioxinas y furanos emitidos a la atmósfera (OMS, 2007). Además, se han encontrado más de 130 habitantes rurales que enfrentan multas por incurrir en prácticas de quema, la cual presenta una tarifa de \$15 millones con la CAR por contaminación al ambiente mediante la quema de residuos (Forero, 2018).

En Boyacá se presenta un ambiente preocupante frente al manejo de los residuos sólidos ya que anualmente se producen 162.720 toneladas de residuos sólidos provenientes de los 123 municipios, de los cuales sólo se aprovechan aproximadamente 4.300 toneladas (García, 2017). Esta problemática se ve relacionada con el aumento que se presenta en los rellenos sanitarios de Pírgua en Tunja y el de Terrazas de Porvenir de Sogamoso, donde la descarga de 374 toneladas diarias provenientes de 99 municipios de Boyacá reduce dramáticamente la vida útil de estos sitios de disposición final (García, 2017). En la figura 2 se puede evidenciar los sitios de disposición final que existen en el departamento de Boyacá.

Además, se prevé que el 97% de los municipios presentaran problemas en la prestación de servicios porque no se dispone de una gestión empresarial que se encargue de planificar medidas contra el aumento de residuos sólidos, como tampoco de un presupuesto tarifario que permita financiar los costos de recolección, transporte y disposición final (García, 2017). Otro elemento que influye en esta problemática es la falta de interés por parte de los alcaldes para implementar eficientemente lo que se estableció en los planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) para cada uno de los municipios (García, 2017).

Se han establecido estrategias para la implementación eficiente de procesos de separación en la fuente, no obstante, los resultados encontrados por las autoridades ambientales evidencian que solo 59 municipios de los 123 municipios de Boyacá realizan separación en la fuente, 57 aseguran tener rutas selectivas de recolección y 63 implementaron estrategias de aprovechamiento (García, 2017). Así pues, los intentos por fomentar una cultura con respecto al reciclaje han sido insuficientes.

Figura 2. *Sitios de disposición final en Boyacá*



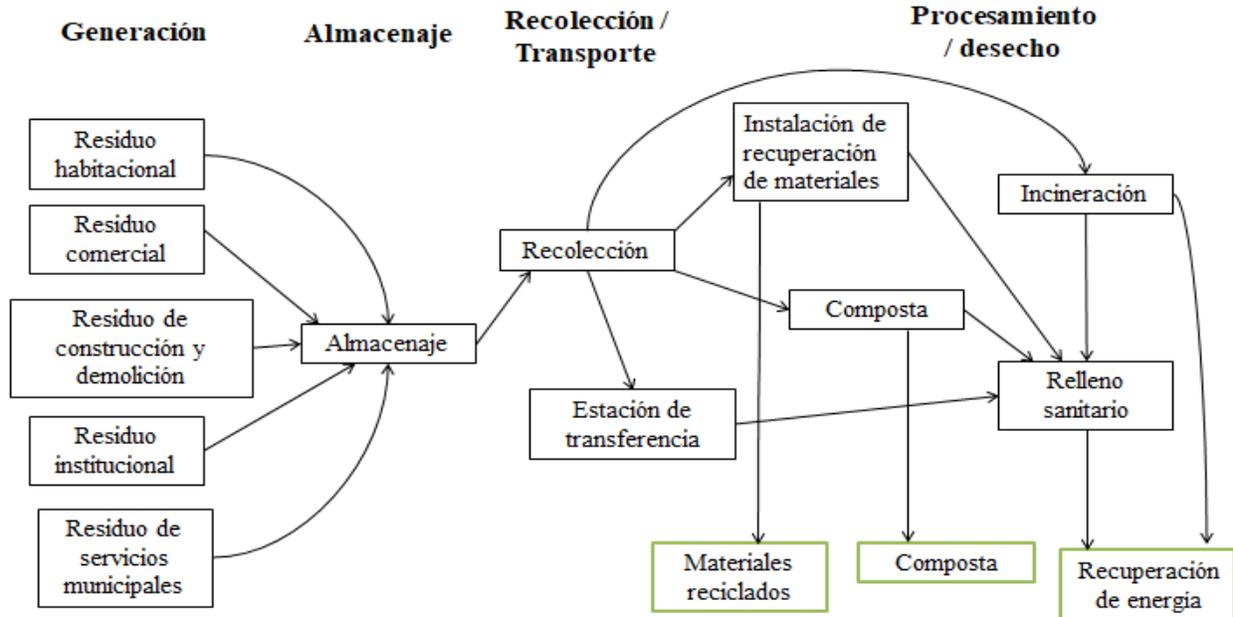
Fuente: Adaptado por los autores. Tomado de García, 2017.

En el municipio de Garagoa existe una planta integral de residuos sólidos la cual recibe residuos de tres municipios: Garagoa, Macanal y Chivor. Allí ingresan en total 8 Ton/día de residuos, donde 7,3 Ton/día corresponden al municipio de Garagoa, 0,4 Ton/día provenientes de Macanal y 0,3 Ton/día del municipio de Chivor (García, 2017). La estructura es de tipo terraza que cuenta con tres celdas; las dos primeras se encuentran llenas y estabilizadas y se estima que la tercera celda presenta un tiempo límite de 4 meses (Prada, 2018).

### 9.2.2. *Manejo de los residuos sólidos*

El manejo de los residuos sólidos se constituye como un reto en términos de gestión ambiental, especialmente en algunas regiones del país donde las dificultades y falencias que posee la prestación del servicio de aseo no hacen posible un manejo ambientalmente sostenible. De acuerdo con Mihelcic & Zimmerman (2012) “el manejo de desperdicios sólidos varía enormemente entre las culturas y los países y ha evolucionado a través del tiempo. Esto requiere de un entendimiento de la generación de desperdicio, almacenaje, recolección, transporte, procesamiento y desecho.”

Figura 3. *Mirada global al sistema de manejo de residuos sólidos*



Fuente: Mihelcic & Zimmerman, 2012.

Un manejo adecuado de los residuos sólidos conlleva a una recuperación de energía, a efectuar procesos de compostaje y a una recuperación de materiales reciclados. Como se puede evidenciar en la figura 3, los componentes del manejo de los residuos deben ser sistémico y verse de una manera holística en virtud de evitar la contaminación y aprovechar los productos para la reincorporación al ciclo económico. En efecto, el manejo adecuado de los residuos sólidos consta de unos objetivos, que de acuerdo con Mihelcic & Zimmerman (2012) se constituyen en:

1. “Proteger la salud pública.
2. Proteger el ambiente (incluye la biodiversidad).
3. Direccional preocupaciones sociales (equidad, justicia ambiental, estética, riesgo, preferencias públicas, reciclaje, energía renovable).
4. Minimizar el costo.”

Los sistemas de manejo exitosos de los residuos sólidos se deben en gran parte por la separación en la fuente, es decir, la actividad de separar los residuos en la fuente de generación para optimizar su aprovechamiento. Los esfuerzos para su logro deben realizarse de manera colectiva, capacitando a las personas y desarrollando estrategias de sensibilización.

### 9.2.3. *Caracterización de los residuos sólidos*

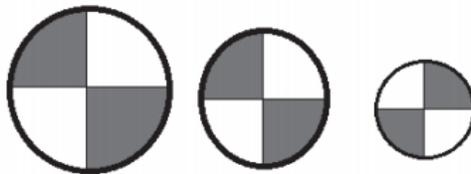
La óptima gestión de los residuos permite llevar a cabo acciones concretas que irán alineadas a las dificultades que se presentan en términos de almacenamiento, recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos. La caracterización de los residuos sólidos constituye una herramienta útil para la

toma de decisiones en relación con el tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los residuos; dado que describe sus propiedades y se llevan a cabo procesos de cuantificación (Montoya, 2012). Por tanto, es necesario tener en cuenta la fuente de generación de los residuos puesto que las características y composición varían según la fuente (como se cita en Armijo de Vega et al., 2008).

Existen diferentes metodologías para efectuar la caracterización de los residuos sólidos las cuales varían según el autor. No obstante, las que más se utilizan son las denominadas como aforo y cuarteo. Montoya (2012) establece tres metodologías representativas:

- *Diferencia de pesos y cuarteo*: Este método es realizado en rellenos sanitarios que cuentan con una báscula especializada para registrar el peso antes y después de que el vehículo realice la recolección de los residuos sólidos. Posteriormente se hace una diferencia de pesos para determinar la cantidad de residuos que entran por día al relleno. Teniendo en cuenta que los vehículos recolectores tienen una ruta establecida, se establece únicamente los residuos que entran al relleno y no los que genera una población en específico, ya que hay ciertos residuos que pueden ser aprovechados por la misma comunidad (Montoya, 2012).

Figura 4. *Caracterización de los residuos sólidos por cuarteo*



Fuente: Montoya, 2012.

El cuarteo consiste en determinar la composición de los residuos sólidos, así como la cantidad de los componentes orgánicos y/o inorgánicos que se generan. En la figura 4 se aprecia este método, en el que se esparcen los residuos en el piso haciendo un círculo y se divide en cuartos, se toman dos de los cuartos y se vuelve a realizar otro círculo; se repite el procedimiento y los cuartos de color blanco se discriminan (Montoya, 2012). Finalmente se separa lo aprovechable y lo no aprovechable, y se realiza un pesaje.

- *Recolección selectiva*: Consta de recolectar una muestra de residuos sólidos antes de que el vehículo recolector realice la ruta. Dicha muestra debe ser significativa para poder determinar la cantidad de residuos que se generan por vivienda conociendo los habitantes que residen allí (Montoya, 2012). Esto se estima mediante unas ecuaciones para establecer la cantidad de residuos sólidos por habitante/día así como la producción per cápita. Este método resulta muy útil para determinar la producción en un barrio determinado.

- *Caracterización en viviendas*: Este método se usa principalmente para determinar la producción de residuos sólidos por vivienda o en una institución. Se considera la más exacta dado que la producción se divide por el número de personas para establecer la producción per cápita, no obstante, resulta compleja a la hora de hacer la caracterización en grandes barrios o municipios (Montoya, 2012).

#### 9.2.4. Técnicas de tratamiento de los residuos

##### **Residuos sólidos inorgánicos**

Desde el hogar se puede generar una reducción y control de la generación los residuos sólidos inorgánicos. Para esto es necesario inculcar hábitos de consumo responsable, evitando un mayor volumen de residuos.

La regla de las 3R (reducción, reutilización y reciclaje) es una propuesta que buscan formar una sociedad encaminada en adoptar técnicas de reciclaje y en reducir los residuos generados (Bonilla, 2018). El término “reducción” hace énfasis en realizar cambios para disminuir el consumo excesivo; el término “reutilización” consiste en proporcionar la mayor utilidad a las cosas dándole otros usos para alargar su tiempo de vida útil y evitar desecharlos o destruirlos; y el término “reciclaje” se basa en usar el mismo material y transformarlo en el mismo producto o uno similar para volverse a usar (Ruíz, 2005).

Figura 5. *Procesos para el aprovechamiento de los residuos*



Fuente: Adaptado por los autores. Tomado de Ruíz, 2005.

## ***Residuos sólidos orgánicos***

Para establecer un método de aprovechamiento óptimo se deben conocer las características físicas y químicas del residuo orgánico, ya que a partir de estas se define el tipo de tratamiento al que se debe someter por procesos biológicos y/o bioquímicos, termoquímicos, físicos y/o fisicoquímicos (ICONTEC, 2006). La Norma técnica GTC 53-7 clasifica los residuos sólidos orgánicos según su origen, procedencia y tipo de generador junto con la propuesta de posibles métodos de aprovechamiento (Tabla 2).

Tabla 2. *Alternativas de aprovechamiento residuos sólidos orgánicos.*

<b>Tipo de generador</b>	<b>Tipo de residuo</b>	<b>Descripción</b>		<b>Método posible de aprovechamiento</b>
Naturales		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Residuos de leña</li> <li>✓ Ramaje</li> <li>✓ Follaje</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Compostaje</li> <li>✓ Lombricultura</li> <li>✓ Combustión</li> </ul>
Agrícolas	Actividades pecuarias	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Residuos generados por el manejo de animales</li> <li>✓ Estiércol</li> <li>✓ Mortalidad natural</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Digestión anaeróbica</li> <li>✓ Compostaje</li> <li>✓ Lombricultura</li> <li>✓ Alimentación animal</li> <li>✓ Lecho hidropónico</li> <li>✓ Fermentación alcohólica</li> <li>✓ Gasificación</li> <li>✓ Pirólisis</li> <li>✓ Licuefacción</li> </ul>
	Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Residuos vegetales</li> </ul>		
Forestal		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Residuos de leña</li> <li>✓ Ramaje</li> <li>✓ Follaje</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Compostaje</li> <li>✓ Lombricultura</li> <li>✓ Combustión</li> </ul>
		Cárnicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Salas de beneficio: plumas, escamas, estiércol, sangre, despojos</li> <li>✓ Salas de corral: estiércol, tamos</li> <li>✓ Producto deteriorado</li> <li>✓ Desechos y excedentes de proceso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Digestión anaeróbica</li> <li>✓ Compostaje</li> <li>✓ Lombricultura</li> <li>✓ Alimentación animal</li> </ul>
		Lácteos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Grasas</li> <li>✓ Producto deteriorado (devoluciones)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Compostaje</li> <li>✓ Lombricultura</li> </ul>

Tipo de generador	Tipo de residuo	Descripción		Método posible de aprovechamiento
Industrial	Industrias procesadoras de alimentos		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Desechos y excedentes de procesos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alimentación animal</li> </ul>
		Bebidas alcohólicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cascarilla</li> <li>✓ Afrecho</li> <li>✓ Pulpa de papel</li> <li>✓ Levaduras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Compostaje</li> <li>✓ Lombricultura</li> <li>✓ Alimentación animal</li> <li>✓ Gasificación</li> <li>✓ Pirólisis</li> <li>✓ Licuefacción</li> </ul>
		Frutas y verduras	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bagazo</li> <li>✓ Cáscara o semilla</li> <li>✓ Residuos provenientes de las barreduras</li> <li>✓ Residuos orgánicos excedentes de proceso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Digestión anaeróbica</li> <li>✓ Compostaje</li> <li>✓ Lombricultura</li> <li>✓ Alimentación animal</li> <li>✓ Fermentación alcohólica</li> <li>✓ Gasificación</li> <li>✓ Pirólisis</li> <li>✓ Licuefacción</li> </ul>
		Grasas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Grasa</li> <li>✓ Tortas de oleaginosas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fabricación de jabones</li> <li>✓ Alimentación animal</li> <li>✓ Gasificación</li> <li>✓ Pirólisis</li> <li>✓ Licuefacción</li> </ul>
		Cereales y otros granos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Afrecho</li> <li>✓ Almidones</li> <li>✓ Bagazo</li> <li>✓ Borra de café</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Digestión anaeróbica</li> <li>✓ Compostaje</li> <li>✓ Lombricultura</li> <li>✓ Alimentación animal</li> <li>✓ Combustión</li> <li>✓ Elaboración de papel</li> <li>✓ Fermentación alcohólica</li> <li>✓ Gasificación</li> <li>✓ Pirólisis</li> <li>✓ Licuefacción</li> </ul>

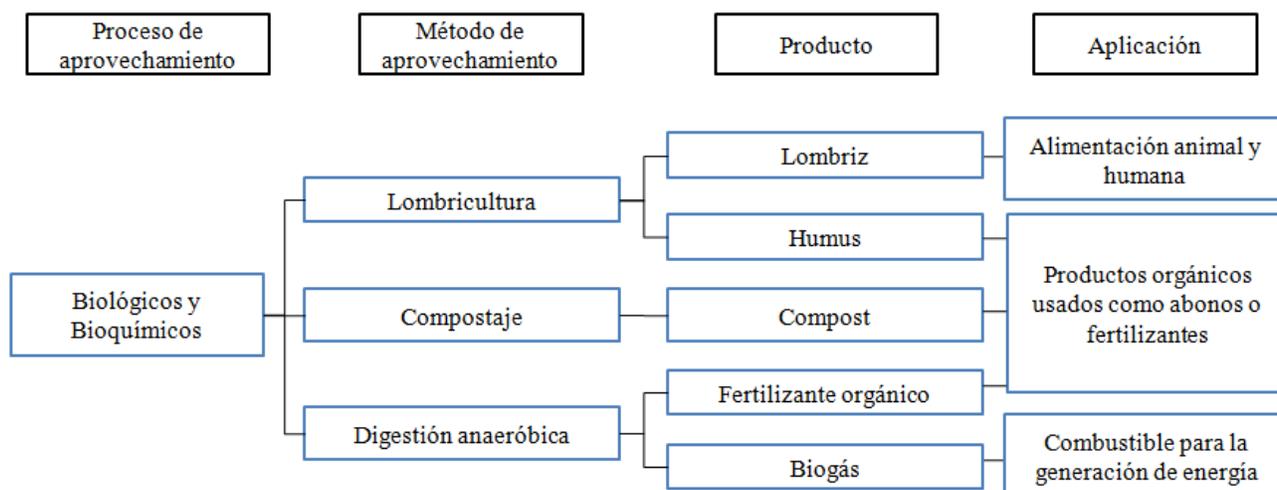
Tipo de generador	Tipo de residuo	Descripción		Método posible de aprovechamiento
		Azúcar	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bagazo</li> <li>✓ Subproductos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Compostaje</li> <li>✓ Lombricultura</li> <li>✓ Alimentación animal</li> <li>✓ Combustión</li> <li>✓ Elaboración de papel</li> <li>✓ Fermentación alcohólica</li> <li>✓ Gasificación</li> <li>✓ Pirólisis</li> <li>✓ Licuefacción</li> </ul>
	Curtiembres	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Proceso de pelambre: grasa, pelo y carnaza</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fabricación de jabones</li> <li>✓ Alimentación animal</li> <li>✓ Elaboración de pinceles y cepillos(pelo)</li> </ul>
	Madera y pulpa de papel	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Viruta y aserrín</li> <li>✓ Almidón</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aglomerados (viruta aserrín)</li> <li>✓ Compostaje</li> <li>✓ Lombricultura</li> <li>✓ Alimentación animal</li> <li>✓ Gasificación</li> <li>✓ Pirólisis</li> <li>✓ Licuefacción</li> </ul>
	Otras industrias	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lodos orgánicos provenientes de plantas de tratamiento (incluye aguas provenientes de aguas domésticas)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Digestión anaeróbica</li> <li>✓ Compostaje</li> <li>✓ Lombricultura</li> </ul>
Institucional y Comercial	Plazas de mercado, actividades turísticas, recreacionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Residuos orgánicos frescos y procesados</li> <li>✓ Residuos de poda de jardinería</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Digestión anaeróbica</li> <li>✓ Compostaje</li> <li>✓ Lombricultura</li> <li>✓ Alimentación animal</li> <li>✓ Aprovechamiento de aceites vegetales</li> </ul>

Tipo de generador	Tipo de residuo	Descripción	Método posible de aprovechamiento
Domésticos	Hogar	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Residuos orgánicos frescos y procesados</li> <li>✓ Residuos de poda de jardinería</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Digestión anaeróbica</li> <li>✓ Compostaje</li> <li>✓ Lombricultura</li> <li>✓ Alimentación animal</li> <li>✓ Elaboración de papel</li> <li>✓ Aprovechamiento de aceites vegetales</li> </ul>

Fuente: ICONTEC, 2006. Norma Técnica Colombiana GTC 53-7.

Los residuos sólidos orgánicos más comunes generados en zonas rurales se dan principalmente por actividades agrícolas puesto que es su principal sustento económico. Por lo cual, los procesos de aprovechamiento biológicos y bioquímicos son los más pertinentes para tratar estos residuos sólidos orgánicos provenientes de dichos tipos de actividades productivas, ya que estos procesos implementados en técnicas tales como la lombricultura, el compostaje o la digestión anaeróbica generan una mayor autonomía para los agricultores puesto que la inversión inicial que se necesita no es de alto costo, se presenta una reducción de los gastos, genera ingresos y la oferta de materia orgánica que se necesita es casi ilimitada. Además, los procesos de descomposición natural permiten que los residuos puedan ser transformados fácilmente en materia orgánica, los cuales traen consigo beneficios económicos, ambientales y sociales (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

Figura 6. *Aprovechamiento biológico y bioquímico de residuos sólidos orgánicos*



Fuente: ICONTEC, 2006. Norma Técnica Colombiana GTC 53-7.

### 9.2.5. *Métodos de aprovechamiento*

#### ***Lombricultura***

Es la técnica que tiene como objetivo la transformación de los residuos orgánicos en abonos orgánicos. Esta actividad se caracteriza por hacer uso de lombrices como instrumento de trabajo, ya que en su proceso natural participa en la fertilización, aireación y formación del suelo (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014). El método consiste en un proceso aerobio en donde las lombrices transforman la materia orgánica obteniendo como resultado un humus sólido y líquido, conocido como “humus de lombriz” el cual es una sustancia que contiene 5 veces más de nutrientes en comparación con la urea, pues es un fertilizante rico en nitrógeno, fósforo, potasio y calcio; y su uso puede llegar a mejorar las condiciones del suelo físicas, químicas y biológicas (Díaz, 2002).

Entre los residuos orgánicos más utilizados para la alimentación de las lombrices se encuentran los residuos agrícolas, residuos sólidos, desechos domésticos, aguas negras y el estiércol de vaca (Flores, 2010). Este método es uno de los más eficientes y rápidos para la recuperación de los suelos en zonas rurales por sus grandes cantidades de residuos orgánicos, convirtiéndolos en productos útiles para implementar una idea de negocio (Morales et al., 2009).

#### ***Compostaje***

Es un proceso que se da en condiciones aeróbicas para la degradación de la acumulación de material orgánico como estiércol, residuos de animales, virutas de madera, residuos vegetales y residuos de comida; los cuales proporcionan los nutrientes para el crecimiento microbiano (ICONTEC, 2006). Por lo cual, se puede interpretar como la interacción de diferentes microorganismos que al estar en presencia de oxígeno aprovechan el carbono y el nitrógeno para elaborar su propia biomasa, produciendo calor y un sustrato sólido estable llamado compost (Román et al., 2013).

El compost puede llegar a mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo ya que aumenta la retención de nutrientes, aumenta la capa vegetal, mejora la estructura del suelo y retiene la humedad para un crecimiento óptimo de las plantas (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014).

#### ***Digestión anaeróbica***

Es el proceso mediante el cual los residuos sólidos orgánicos se descomponen con el uso de microorganismos metanogénicos anaerobios para la producción de biogás y fertilizante orgánico (ICONTEC, 2006). Este aprovechamiento de la biomasa residual se hace a través de plantas y/o sistemas conocidos como biodigestores, los cuales resultan ser uno de los mecanismos de generación de energía limpia.

Para poder realizar un aprovechamiento de la biomasa residual agrícola y bovina es necesario establecer un sistema que sea óptimo, fácil de instalar y principalmente que genere costos mínimos de operación. El biodigestor en forma de balón de plástico son los más utilizados puesto que su instalación es la más sencilla, óptima y menos costosa. Además, este sistema se puede implementar sin tener conocimientos

de construcción ya que su diseño consiste principalmente de un plástico el cual sea resistente a los rayos UV (Olaya & Gonzáles, 2009).

La utilización de biomasa para fines energéticos trae muchas ventajas ambientales. Una de ellas es la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> respecto a otros combustibles fósiles, no emite contaminantes sulfurados o nitrogenados, disminuye los residuos y evita la erosión y la degradación del suelo (Herguedas et al., 2012).

#### 9.2.6. *Diagnósticos ambientales*

Los diagnósticos ambientales son herramientas que ayudan a establecer la posición ambiental en la que se encuentra un proyecto, el cual recolecta y analiza la información de aspectos como el entorno natural, el entorno social, los recursos y servicios ambientales (Ayuntamiento de Mairena del Alcor, s.f.). Esto con el propósito de conocer el estado actual de la zona de estudio. Por tanto, existen diferentes metodologías para el desarrollo de diagnósticos, entre las que se resaltan:

##### ***GTC 93***

Es una guía para la elaboración de una Revisión Ambiental Inicial (RAI) la cual detalla el estado actual y el deseado de una organización, con el objeto de definir planes de acción y posibles mejoras en cada uno de los procesos identificados (ICONTEC, 2007). Esta actividad posibilita caracterizar la relación entre el ambiente y las operaciones de una organización y debería abarcar los siguientes aspectos:

- ✓ “Ubicación geográfica de la zona de estudio
- ✓ Identificación de aspectos e impactos ambientales
- ✓ Identificación de procedimientos de manejo ambiental existentes
- ✓ Determinación de los requisitos legales ambientales
- ✓ Retroalimentación de accidentes previos.
- ✓ Conocimiento de las opiniones de las partes interesadas con respecto al manejo ambiental de la organización”.

##### ***Ciclo PHVA***

El modelo Planificar, Hacer, Verificar y Actuar es una metodología establecida en la NTC ISO 14001 de 2015 la cual se constituye como una herramienta que le permite a una organización un mejoramiento continuo aplicando las cuatro fases definidas en la NTC (Alfonso & Soto, 2017). Según la ISO 14001 estas consisten en:

- ✓ “*Planificar*: establecer los objetivos ambientales y los procesos necesarios para proporcionar resultados.
- ✓ *Hacer*: implementar los procesos según lo planificado.
- ✓ *Verificar*: hacer el seguimiento y medir los procesos respecto a la política ambiental.
- ✓ *Actuar*: emprender acciones para mejorar continuamente”.

Esta metodología permite conocer la situación actual de una organización y a la que se quiere llegar, ya que se conocen las diferentes acciones correctivas que se deben realizar para dar cumplimiento a las metas y objetivos establecidos para mejorar los procesos de una organización.

### ***Matriz DOFA***

La matriz DOFA es una herramienta objetiva y práctica para realizar diagnósticos empresariales a partir de una planeación estratégica, se caracteriza como un método de análisis colectivo para tratar una problemática desde diferentes perspectivas (Correa, 2010). Según Gürel & Tat (2017) la matriz DOFA está conformada por cuatro componentes en dos dimensiones:

#### Factores internos

- ✓ Fortalezas: Características positivas, favorables y creativas de la organización.
- ✓ Debilidades: Característica negativa y desfavorable.

#### Factores externos

- ✓ Oportunidades: Condición adecuada y favorable para desarrollar una actividad.
- ✓ Amenazas: Situación o condición que pone en peligro el desarrollo de una actividad.

### *9.2.7. Evaluación de impacto ambiental*

Las acciones humanas repercuten sobre el ambiente degradando los recursos naturales, que son la fuente para satisfacer nuestras necesidades y, además, constituyen un determinante clave para la calidad de vida de las personas. La gestión ambiental como mecanismo para tener un equilibrio entre las actividades económicas y ecológicas, plantea una herramienta fundamental para atenuar los impactos que tiene una obra o actividad sobre el entorno denominada como evaluación de impacto ambiental, la cual pretende reconocer y valorar los impactos ambientales. De acuerdo con Conesa (2011) la EIA es un instrumento esencial porque contribuye a perfeccionar el proyecto a ejecutar, evita problemas ecológicos, mejoran el entorno y la calidad de vida, y frena el proceso degenerativo.

De esta manera, es importante realizar una identificación y valoración de los impactos ambientales y para ello existen diferentes metodologías de evaluación que son integrales para identificar, cuantificar y valorar las alteraciones que se generan por actividades antrópicas, permitiendo conocer las variables físicas, químicas, biológicas y socioculturales que se verían afectadas (Mijangos & López, 2013). Entre dichas metodologías para la valoración e identificación de impactos, se destacan:

#### ***Metodología de Leopold***

Este método consiste en establecer relaciones causa-efecto a partir de una matriz que presenta en las columnas las acciones de la actividad que pueden causar impactos y en las filas los factores ambientales que pueden ser afectados (Coria, 2008). En esta metodología se utilizan dos tipos de matrices según su etapa de análisis, donde la primera consiste en realizar una matriz de identificación de impactos ambientales de los factores a evaluar y posteriormente se realiza una matriz de importancia para valorar la magnitud del impacto y su grado de consecuencia (Coria, 2008).

Este método es de carácter cualitativo y uno de los más utilizados ya que es apto para casi todo tipo de proyecto y permite una estimación subjetiva de los impactos a partir de una escala numérica. Sin embargo, este grado de subjetividad puede ser una desventaja ya que no se toman en cuenta los impactos indirectos (Mijangos & López, 2013).

### ***Metodología de Conesa***

La metodología propuesta por Vicente Conesa Fernández se basa en el método de las matrices causa efecto, involucrando las metodologías de Leopold y Batelle-Columbus, la cual busca identificar los impactos significativos que se puedan presentar en un proyecto o actividad a partir del análisis de diez parámetros, que al plasmarlos en la ecuación propuesta por el autor arrojan un resultado numérico el cual determina la importancia del impacto los cuales establecen el nivel del rango (moderado, crítico o severo) junto con su colorimetría (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2013).

### ***Metodología de Gomez Oreda***

El método de Domingo Gómez Orea es una evaluación semicuantitativa que permite a partir de una matriz establecer una valoración cualitativa de la importancia del impacto, donde se disponen en las columnas las acciones o factores que se traducen en impactos para poder ser evaluados, y en las filas las fuerzas motrices encontradas de la actividad o proyecto. Para esto se establecen siete atributos que serán sintetizados mediante una expresión matemática que definirá la importancia del impacto. Además, esta expresión permite establecer una valoración cualitativa que permite realizar una primera interpretación acerca de los impactos ambientales, resaltando los impactos más relevantes (León, s.f.).

### ***Metodología de EPM***

Es un método mixto que permite la identificación y evaluación de los impactos ambientales. Fue desarrollado por la empresa de Unidad de Planeación de Recursos Naturales de las Empresas públicas de Medellín, principalmente para proyectos hidroeléctricos. Sin embargo, su empleo permite aplicarlo para cualquier tipo de proyecto (Celis, 2017). Su desarrollo consiste en tres pasos: Desagregación del proyecto en componentes, la identificación de los impactos a partir de un diagrama de redes y la posterior evaluación.

#### ***9.2.8. Plan de Manejo Ambiental***

Dentro de la gestión ambiental, los PMA constituyen una herramienta fundamental para realizar un control a los proyectos o actividades en materia ambiental y, a su vez, contribuye al cumplimiento de los requerimientos legales que exige la autoridad ambiental. En los planes de manejo ambiental se establecen las medidas necesarias orientadas a mitigar, prevenir, corregir o compensar el impacto ambiental que se pueda generar por actividades humanas (Calderón, 2017). Es un documento en donde se definen las bases para realizar una gestión óptima de las actividades que puedan generar contaminantes que perjudiquen al entorno o a una comunidad por la ejecución de cualquier proyecto. En este sentido, se considera un instrumento fundamental para formular estrategias e implementar mejores prácticas de producción (Giraldo, 2015).

Los objetivos de los PMA están alineados para asegurar que la ejecución de cualquier proyecto, obra o actividad minimicen los impactos adversos sobre el ambiente. Hill (2000), citado por Lochner (2005), establece que los objetivos de un PMA deben:

- ✓ Asegurar el cumplimiento de las directrices de las autoridades reguladoras.
- ✓ Asegurar que los recursos del proyecto sean asignados adecuadamente en virtud de poder ejercer las acciones necesarias de los impactos del proyecto.
- ✓ Verificar el desempeño ambiental analizando la información de los impactos.
- ✓ Responder a eventos imprevistos.

### 9.3. Marco conceptual

**Aprovechamiento en el marco de la gestión integral de residuos sólidos:** “Es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos” (ICONTEC, 2009).

**Aspecto ambiental:** “Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que interactúa o puede interactuar con el medio ambiente” (ISO 14001, 2015).

**Contaminación:** “Es la alteración del medio ambiente por sustancias o formas de energía puestas allí por la actividad humana o de la naturaleza en cantidades, concentraciones o niveles capaces de interferir con el bienestar y la salud de las personas, atentar contra la flora y/o la fauna, degradar la calidad del medio ambiente o afectar los recursos de la Nación o de los particulares” (Decreto 1713 de 2002).

**Disposición final de residuos:** “Es el proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, y los daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente” (Decreto 1713 de 2002).

**Diagnóstico ambiental:** “Descripción del estado de situación ambiental de un área sobre la base de la utilización integradora de indicadores con origen en las ciencias sociales, exactas y naturales” (CAR, 2018).

**Efecto:** “Proceso físico, biótico, social, económico o cultural que puede ser activado, suspendido o modificado por una determinada acción del proyecto y que puede producir cambio o alteraciones en las regulaciones que gobiernan la dinámica de los ecosistemas” (Arboleda, 2008).

**Gestión integral de los residuos:** “Conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos de tratamiento, posibilidades de recuperación, comercialización y disposición final” (Decreto 1713 de 2002).

**Impacto ambiental:** “Cambio neto o resultado final que se produce en alguno de los elementos ambientales por causa de los cambios generados por una determinada acción del proyecto” (Arboleda, 2008).

**Impacto ambiental significativo:** “Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales” (Congreso de la Unión, 2014).

**Manejo:** “Es el conjunto de actividades que se realizan desde la generación hasta la eliminación del residuo o desecho sólido. Comprende las actividades de separación en la fuente, presentación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y/o la eliminación de los residuos o desechos sólidos” (Decreto 1713 de 2002).

**Medio ambiente:** “Entorno en el cual una organización opera, incluidos el aire, el agua, el suelo, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones” (ISO 14001, 2015).

**Plan de manejo ambiental:** “Es el conjunto detallado de actividades, que producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia, y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad” (Decreto 1220 de 2005).

**Proceso:** “Conjunto de actividades interrelacionadas o que interactúan, que transforman las entradas en salidas” (ISO 14001, 2015).

**Programas:** “Conjunto coherente de proyectos y otras medidas que afectan a un territorio concreto y pretenden un objetivo concreto a alcanzar en un plazo también concreto; están, por tanto, cohesionados por un tema específico y por una relación temporal” (Gómez Orea y Gómez Villarino, 2007).

**Residuo sólido o desecho:** “Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos sólidos, aquellos provenientes del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles.” (Decreto 1713 de 2002).

**Residuos sólidos inorgánicos o no biodegradables:** “Todo desecho de origen no biológico, de origen industrial o de algún otro proceso no natural, por ejemplo: plástico, telas sintéticas, entre otros” (Castrillón, 2018).

**Residuos sólidos orgánicos o biodegradables:** “Son aquellos residuos que pueden ser descompuestos por la acción natural de organismos vivos como lombrices, hongos y bacterias principalmente” (Ruíz, 2005).

**Revisión ambiental inicial:** “Actividad en la que se identifican los aspectos, los requisitos legales aplicables y otros que la organización suscriba, así como sus prácticas de gestión relacionadas, a fin de consolidar una base para implementar o mejorar un sistema de gestión ambiental” (ICONTEC, 2007).

**Tratamiento:** “Es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos sólidos incrementando sus posibilidades de reutilización, aprovechamiento o ambos para minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana” (ICONTEC, 2009).

#### 9.4. Marco normativo

La normatividad constituye una línea base para que las acciones a desarrollar estén encaminadas a lograr una mejora en el desempeño ambiental de cualquier organización. En este sentido, las diferentes normas, decretos y leyes propenden por la conservación, preservación y protección del ambiente. En la tabla 3 se destaca la normatividad que está relacionada con el desarrollo de la investigación y que sirve como soporte para llevar a cabo un adecuado manejo de los residuos sólidos de la finca El Franco.

Tabla 3. *Marco normativo*

<b>Normas Generales</b>		
<b>Norma</b>	<b>Expide</b>	<b>Descripción</b>
Constitución Política de Colombia de 1991	Congreso de la República	Es la norma de normas, en donde se define la organización del Estado y se establecen los derechos y deberes de los ciudadanos. El capítulo III referente de los derechos colectivos y del ambiente, en el artículo 79 define que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano.
Ley 99 de 1993	Congreso de Colombia	Por medio del cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente para la gestión de los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental SINA en virtud de garantizar el cumplimiento de los derechos y deberes del Estado en relación con el ambiente.
Decreto 1076 de 2015	Presidencia de la República de Colombia	Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Constituye una simplificación y compilación las normas de carácter ambiental. En la sección 15 referente a las prohibiciones, señala que no debe arrojarse o depositar residuos en lugares no habilitados.
<b>Residuos Sólidos</b>		
Decreto 2811 de 1974	Presidencia de la República	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Los artículos 34 a 38 del Título III referente a los residuos, basuras, desechos y desperdicios; señalan las prohibiciones, obligaciones y manejo de los residuos.

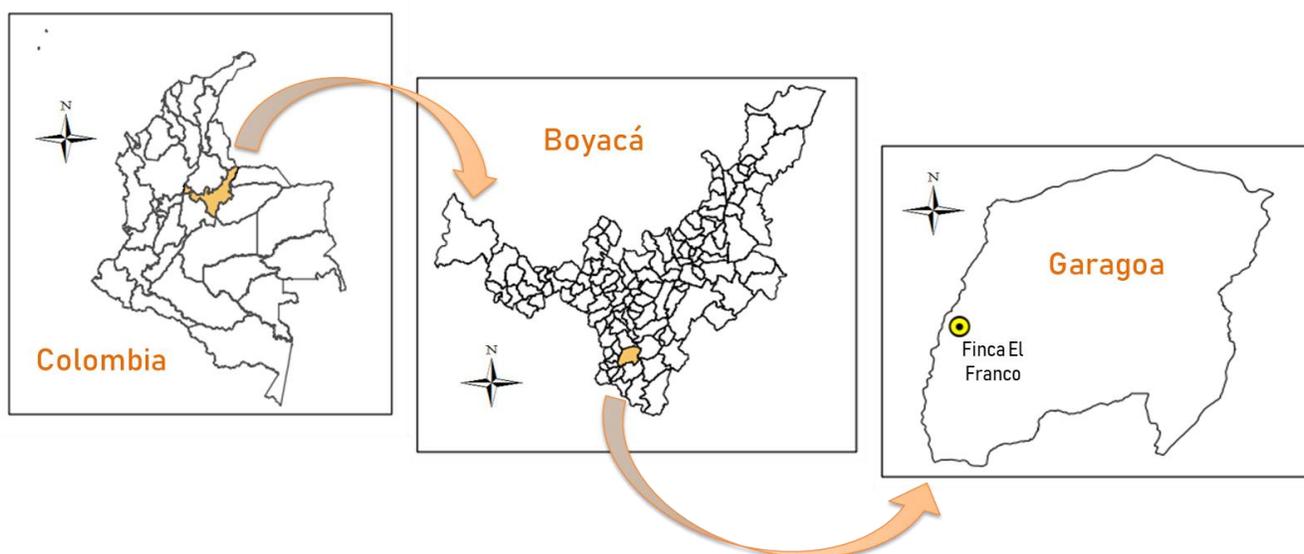
Ley 9 de 1979	Congreso de la República	Por la cual se dictan Medidas Sanitarias. En el Título I establece lo relacionado con la protección del medio ambiente, señalando en el artículo 22 al 40 las especificaciones en el marco de los residuos sólidos y la disposición de excretas.
Decreto 838 de 2005	Presidencia de la República	Por el cual modifica el Decreto 1713 de 2002 en donde señala aspectos y procedimientos para la localización de áreas para la disposición final de residuos sólidos.
Norma Técnica Colombiana GTC 24 de 2009	ICONTEC	Gestión Ambiental sobre residuos sólidos. Establece las orientaciones para efectuar una separación en la fuente para optimizar el aprovechamiento y/o disposición final de los residuos sólidos.
<b>Energía</b>		
Ley 1715 de 2014	Congreso de la República	Por medio del cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. En el artículo 17 y 18 se establece el fomento para el aprovechamiento de la biomasa agrícola y la energía de los residuos.
Decreto 2143 de 2015	Presidencia de la República	Reglamenta la aplicación y los procedimientos generales para acceder a los beneficios e incentivos que establece la ley 1715 de 2014 en la utilización de fuentes no convencionales de energía.

Fuente: Autores, 2019.

### 9.5. Marco geográfico

La finca El Franco se sitúa a los alrededores del casco urbano del municipio de Garagoa en el Departamento de Boyacá, a 136 Km de la ciudad de Bogotá. El municipio se caracteriza por tener planos inclinados en donde la mayor parte de la población se dedica a la producción ganadera y al cultivo de frutas y verduras. Cuenta una extensión de 191.75 km, una altura de 1705 m.s.n.m. y una temperatura media de 19 °C, siendo el Río Garagoa el afluente más importante, junto con las quebradas la Quigua y la Colorada (Rodríguez, 2013).

Figura 7. Localización finca El Franco



Fuente: Autores, 2019.

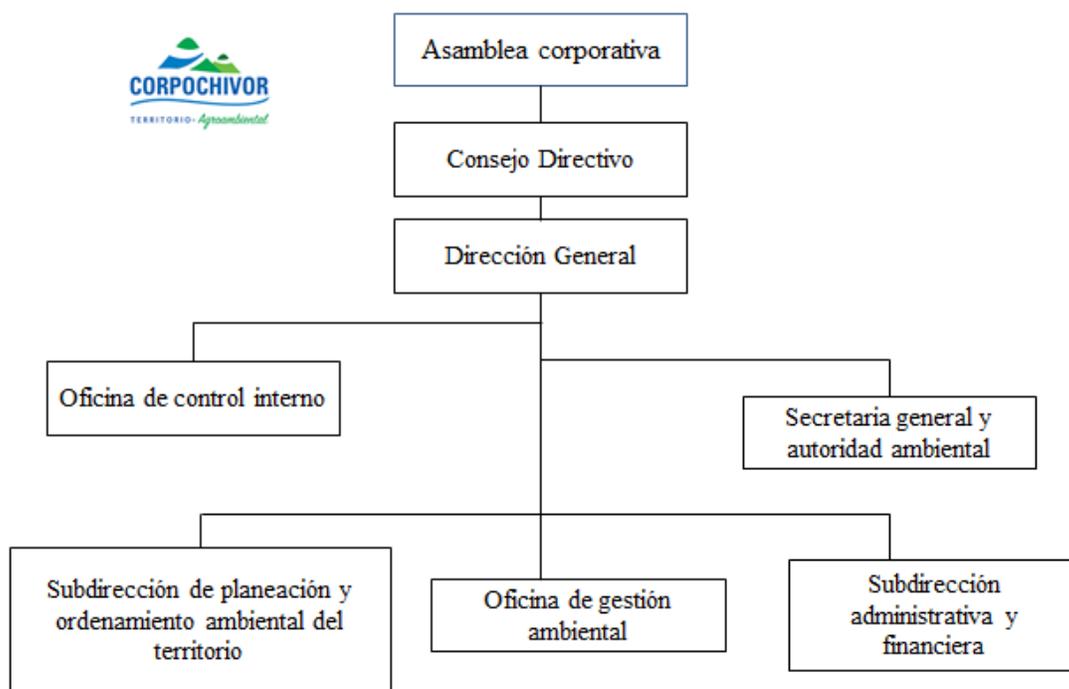
Garagoa posee 28 Veredas y cuenta con una topografía de pendientes pronunciadas y contra pendientes debido a su localización sobre la cordillera oriental. De la totalidad del municipio, el 59% corresponde a una topografía quebrada, el 39% a una topografía ondulada y el 2% restante a una topografía plana (Rodríguez, 2013).

La economía del municipio se basa principalmente en la producción agrícola y ganadera, con cosechas de maíz, yuca, papa, arracacha, plátano, arveja, fríjol, ahuyama, tomate, hortalizas, fique, café y caña de azúcar. Este último es altamente producido para la comercialización de miel, panela, “guarapo” y chicha (Alcaldía de Garagoa, 2019).

## 9.6. Marco institucional

El municipio de Garagoa está bajo la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Chivor, más conocida como Corpochivor, la cual posee tres funciones principales: En primer lugar, el fomento al desarrollo sostenible en virtud de dar cumplimiento a la Política Nacional Ambiental en congruencia con los programas establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo. Por otro lado, la entidad ejerce como autoridad ambiental en donde orienta todas sus acciones de acuerdo a la ley 99 de 1993 al Control de la Calidad Ambiental, la Administración, Vigilancia y Control de los Recursos Naturales. Y, por último, la función de planificación y coordinación ambiental mediante el desarrollo de un ordenamiento territorial y una gestión ambiental e institucional coordinadas (Corpochivor, 2019). Esta entidad promueve el manejo integral de los residuos sólidos mediante proyectos de sensibilización y desarrollo sostenible que involucren a los alcaldes de los municipios y a las empresas de servicios públicos (García, 2017).

Figura 8. Organigrama de Corpochivor



Fuente: Corpochivor, 2019.

Por otro lado, las Empresas Públicas de Garagoa S.A. E.S.P. (EPGA) se encarga de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y de aseo, y de acuerdo con Díaz y Barón (2014) “está constituida como una sociedad anónima, de carácter mixto, cuyos principales accionistas son el Municipio de Garagoa (98 %) y entidades privadas (2 %).” Asimismo, señalan que cuenta con una cobertura de acueducto del 96 %, de alcantarillado un 95 % y de aseo 98 % según cifras del año 2013.

## 10. Metodología

### 10.1. *Diseño metodológico*

La investigación cuenta con un alcance descriptivo puesto que se desarrollaron actividades de observación e identificación del sistema de producción agrícola y ganadera de la finca con el fin de describir el desarrollo de los procesos en sus condiciones naturales. También se considera correlacional por la identificación de la relación de las operaciones con el entorno y su influencia en términos de impactos, teniendo en cuenta que Hernández (2013) establece que los estudios correlacionales “tienen como finalidad conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto particular”.

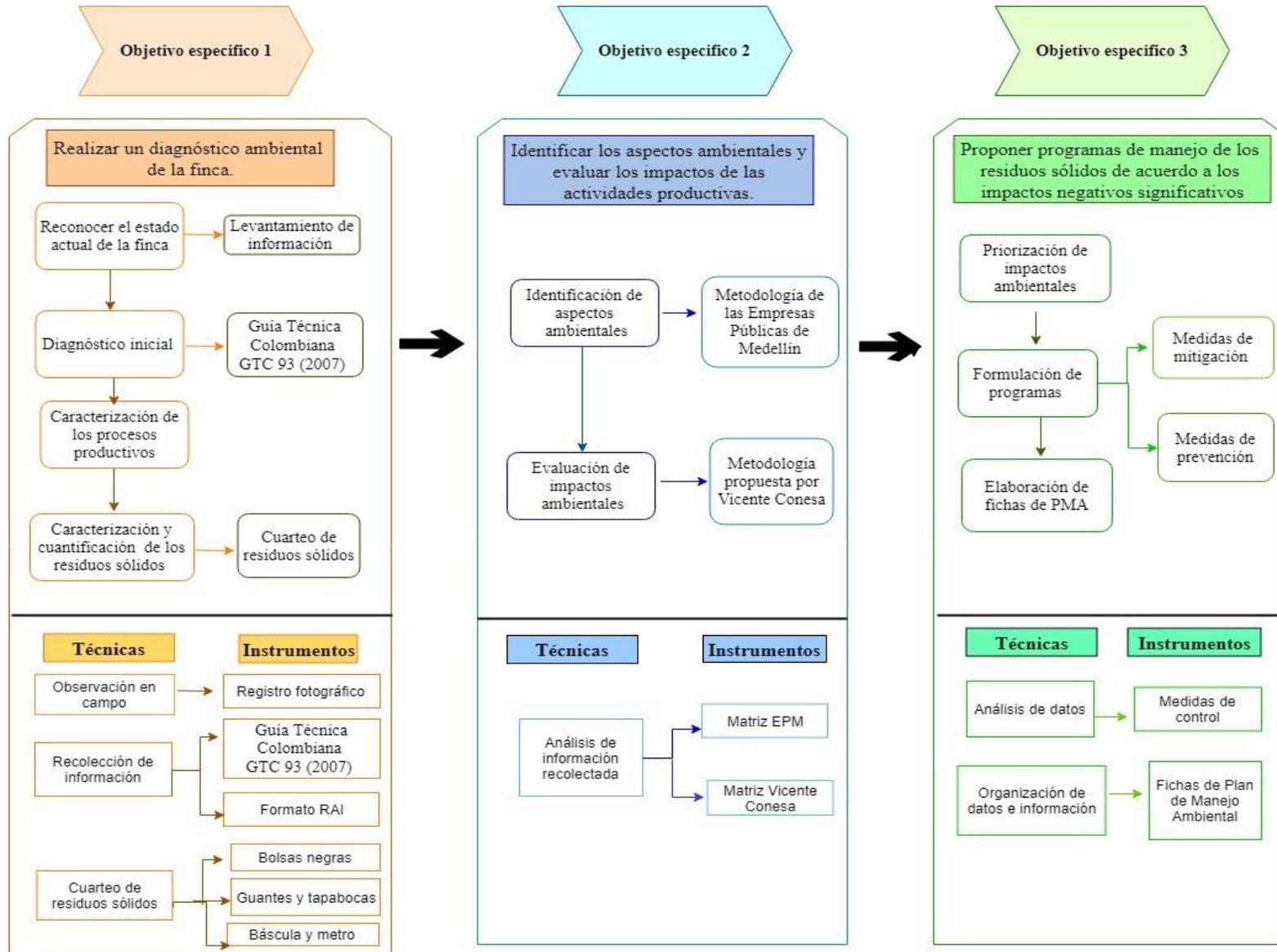
El estudio se enmarca en un enfoque mixto, es decir, cualitativo y cuantitativo, dado que comprendió un análisis y reconocimiento de la realidad de la finca para entender un fenómeno en específico y, por otro lado, se realizó una cuantificación de los residuos para determinar la generación por componente y una valoración de los impactos a partir de la información levantada en campo. De acuerdo con Fetterman (1989) es importante identificar y documentar las múltiples perspectivas de la realidad dado que permite un mejor entendimiento del pensamiento y de la forma de actuar de las personas. Lo anterior puede entenderse como investigaciones de tipo interpretativas, las cuales concluyen proposiciones a partir del análisis de los elementos.

Por su parte, la investigación se concibe como un estudio de caso puesto que los datos que se obtuvieron pertenecen a un lugar en específico y se tuvo en cuenta la relación de las personas con el fenómeno de estudio. Así como lo cita Martínez (2006) “el método de estudio de caso es una herramienta valiosa de investigación, y su mayor fortaleza radica en que a través del mismo se mide y registra la conducta de las personas involucradas en el fenómeno estudiado.”

El levantamiento de información se realizó a partir de técnicas de recolección de datos con el uso de formatos elaborados por los autores para el registro de lo observado. Asimismo, se recopiló información con la ayuda de los propietarios y operarios de la finca para asegurar que las distintas variables no tuvieran ningún tipo de alteración.

Para el desarrollo del presente proyecto se definió la metodología por cada objetivo específico establecido, en virtud de especificar las técnicas e instrumentos que se van a realizar para responder a las necesidades que tiene la finca, tal y como se puede evidenciar en la figura 9.

Figura 9. Metodología del proyecto



Fuente: Autores, 2019.

## 10.2. *Objetivo específico 1*

### ***Realizar un diagnóstico ambiental de la finca El Franco***

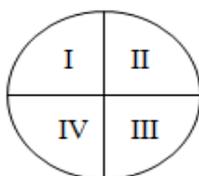
La revisión ambiental inicial (RAI) constituye un instrumento de gran utilidad en la gestión ambiental puesto que permite identificar y caracterizar cómo opera la organización en términos ambientales. Se realizó el diagnóstico de acuerdo con la GTC 93 dado que puede ser aplicada a organizaciones pequeñas que se sitúen en cualquier localización geográfica y que estén interesadas en implementar un sistema de gestión ambiental, lo cual responde al interés de la finca por instaurar a futuro un SGA y mejorar su desempeño ambiental. Esta guía señala que también es posible realizar un análisis de diferencias (GAP) que consiste en diferenciar lo existente y lo que debería ser. No obstante, afirma que no es necesario desarrollarla previamente a un RAI.

La GTC 93 se usó como una herramienta para guiar el diagnóstico entendiendo que hay partes de esta guía que sirven para tener un panorama inicial de cómo se encuentra la finca. Se resalta que otros aspectos de la guía técnica se fueron implementando en distintos apartados de la investigación y por tanto el lector los encontrará en diferentes partes del documento.

De esta manera, se realizó el diagnóstico usando algunas fases definidas por la GTC 93 como: Descripción de la ubicación geográfica o área de influencia en donde opera la finca, la identificación de los aspectos e impactos ambientales, la identificación de la legislación ambiental aplicable y la identificación de prácticas y/o procedimientos de manejo ambiental que desarrolle la organización. Además, se realizó la caracterización del área doméstica y de los procesos de producción agrícolas y ganaderos, describiendo las entradas (entendiéndose como materias primas e insumos necesarios para efectuar la producción), los procesos (transformación de los compuestos) y las salidas (productos resultantes de la operación); asimismo, se realizó una caracterización de los residuos sólidos que se producen en la finca.

La caracterización de residuos se realizó tomando la muestra de residuos sólidos generados por día durante una semana, y luego se procedió a realizar el cuarteo para la determinación de la composición física de los residuos a partir de la metodología propuesta por la docente de la Universidad El Bosque Edith Alayón (2018) quien es experta en el tema de residuos sólidos, la cual consiste en recolectar una muestra de mínimo 90 Kg y se forma un círculo de 1.8 m de diámetro. Luego se homogeniza la muestra y se divide en 4 secciones. Se procede a extraer los residuos del primer cuadrante en una bolsa negra y se pesa en la báscula. Posteriormente se realiza el mismo procedimiento con el tercer cuadrante. La diferencia de pesos de los cuadrantes no debe superar los 2 Kg. En caso de que sea mayor, se realiza el mismo procedimiento con los otros dos cuadrantes.

Figura 10. *Cuarteo de residuos sólidos*



Fuente: Alayón, 2018.

Se realizó una clasificación por tipo de residuo de los 2 cuadrantes seleccionados, y se dispuso en bolsas negras para pesar en una báscula digital. Posteriormente se efectuó un promedio por tipo de residuo con la siguiente fórmula:

Ecuación 1. *Promedio por tipo de residuo*

$$\text{Promedio por tipo de residuo} = \frac{\text{Kg cuadrante I} + \text{Kg cuadrante III}}{2}$$

Luego se procedió a calcular el porcentaje para cada tipo de residuo:

Ecuación 2. *Porcentaje por tipo de residuo*

$$\text{Porcentaje (\%)} = \frac{\text{Kg por tipo de residuo}}{\text{Kg promedio de residuos recolectados}} * 100$$

Y finalmente se calcularon los kilogramos por semana:

Ecuación 3. *Producción semanal*

$$\text{Producción por tipo de residuo} = (\% \text{ tipo de residuo}) * (\text{Kg de residuos por semana})$$

Para determinar la cantidad semanal de estiércol producido de la actividad ganadera, se realizó un pesaje por día del estiércol de los 11 bovinos de la finca. Es preciso aclarar que los animales se aislaron en una hectárea durante la semana de muestreo con el propósito de facilitar la recolección de este residuo.

### 10.3. *Objetivo específico 2*

#### ***Identificar los aspectos y evaluar los impactos de las actividades productivas***

Para llevar a cabo una correcta evaluación de los impactos generados al ambiente producto de las actividades realizadas por la finca el Franco, derivados de cada uno de los procesos que se desarrollan, se procedió a utilizar y aplicar la metodología EPM para identificar aspectos y Vicente Conesa para evaluar impactos debido a la pertinencia que tienen estas metodologías para ser aplicadas a casi cualquier organización permitiendo evaluar diferentes impactos.

La metodología EPM se conoce como un método directo el cual evalúa la calificación ambiental de los aspectos ambientales identificados por el diagnóstico de las actividades realizadas en la finca. Es importante recalcar que el propósito de esta metodología se basa en evaluar proyectos hidráulicos. Sin embargo, su aplicación puede utilizarse para cualquier tipo de proyecto ya que se ha sido utilizada por diferentes evaluadores que obtienen resultados favorables (Arboleda, 2008).

Por otro lado, la metodología propuesta por Vicente Conesa evalúa el grado de significancia de los impactos ambientales generados por la finca de forma cualitativa y cuantitativa, especificando el grado o nivel de alteración que sufre el impacto ambiental. Cabe resaltar que otra de las razones por las que se escogió la metodología propuesta por Conesa radica en que la Resolución 1402 de 2018 sugiere la aplicación de esta para la valoración de los impactos.

Para la aplicación de la metodología EPM se deben considerar tres etapas establecidas por Toro (2009), citado por Rosero et al. (2016), las cuales se deben acoplar al proyecto conforme a los datos encontrados en el diagnóstico, con la finalidad de identificar los aspectos ambientales e impactos que se generan.

En primer lugar, se realizó una identificación de los aspectos ambientales e impactos haciendo uso de un diagrama de redes para evidenciar la relación entre los procesos, los aspectos, los efectos y los impactos.

Figura 11. *Diseño de diagrama de redes*



Fuente: Adaptado por los autores. Tomado de CorAntioquia, 2016.

Posteriormente se evaluaron los aspectos ambientales para conocer su importancia mediante el cálculo del índice de Calificación Ambiental (Ca). Para ello, se aplicó la siguiente fórmula y se le asignó la valoración de acuerdo a los valores establecidos en la tabla 4.

Ecuación 4. *Índice de calificación ambiental*

$$Ca = C (P[ Aem + Bd])$$

Es preciso señalar que los valores a y b son constantes de ponderación para equilibrar los pesos de cada parte de la ecuación, donde a=7 y b=3 (Rosero et al., 2016).

Tabla 4. *Valores de calificación*

Clase	
1	Positivo
-1	Negativo
Presencia	Duración
Posibilidad de ocurrencia	Permanencia del impacto
1.0 Cierta	1 Muy larga o permanente (x > 10 años)
0.7 Muy probable	(0.7-1.0) Larga ( 7 < x < 10 años)
0.3 Probable	(0.4-0.7) Media ( 4 < x < 7 años)
0.1 Poco propable	(0.1-0.4) Corta ( 1 < x < 4 años)
0.0 No probable	(0.0-0.1) Muy corta ( x < 1 año)
Evolución	Magnitud
Velocidad de desarrollo del impacto	Dimensión del cambio ambiental
(0.8- 1.0) Muy rápida (x <1 mes)	(0.8- 1.0) Muy alta (Magnitud relativa (Mr>80%)
(0.6- 0.8) Rápida ( 1< x < 12 meses)	(0.6- 0.8) Alta (60%<Mr<80%)
(0.4- 0.6) Media (12< x < 18 meses)	(0.4- 0.6) Media (40%<Mr<60%)
(0.2- 0.4) Lenta (18< x < 24 meses)	(0.2- 0.4) Baja (20%<Mr<40%)
(0.0- 0.2) Muy lenta (>24 meses año)	(0.0- 0.2) Muy baja (Mr < 20%)

Fuente: Adaptado por los autores. Tomado de CorAntioquia, 2016.

Para ello se elaboró la matriz de identificación de aspectos ambientales que se muestra a continuación:

Tabla 5. *Diseño Matriz de Aspectos Ambientales*

ACTIVIDAD	PROCESO	ASPECTO AMBIENTAL	EFEECTO	C (+/-)	P	D	E	M	CALIFICACIÓN AMBIENTAL	IMPORTANCIA
-----------	---------	-------------------	---------	---------	---	---	---	---	------------------------	-------------

Fuente: Adaptado por los autores. Tomado de CorAntioquia, 2016.

Posteriormente de evaluar los aspectos ambientales, a partir de la fórmula matemática, se clasificó la importancia del aspecto de manera cualitativa conforme a la siguiente clasificación:

Tabla 6. *Importancia ambiental*

Valor de Ca	Importancia
8-0- 10	Muy alta
6.0 - 8.0	Alta
4.0- 6.0	Media
2.0- 4.0	Baja
0.0- 2.0	Muy baja

Fuente: Adaptado por los autores, Tomado de CorAntioquia, 2016.

Los aspectos ambientales ya evaluados, y una vez identificados los impactos, se procedió a evaluarlos con la metodología propuesta por Vicente Conesa, para establecer la relación directa o indirecta de cada uno de los procesos. Para ello se elaboró la matriz de evaluación de impactos ambientales que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7. *Diseño matriz de impacto ambiental*

ACTIVIDAD	PROCESO	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	+/-	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA DEL IMPACTO	SIGNIFICADO
-----------	---------	-------------------	-------------------	-----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-------------------------	-------------

Fuente: Adaptado por los autores. Tomado de Conesa, 2011.

Para poder determinar la importancia del impacto se hizo uso de la ecuación 5 teniendo en cuenta la valoración de los atributos correspondientes a cada impacto a evaluar (tabla 8).

Ecuación 5. *Valoración de la importancia*

$$I = +/- (3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Tabla 8. *Valores de calificación de impactos*

<b>Intensidad (I)</b>		<b>Clase (+/-)</b>	
Grado de destrucción			
1	Baja	1	Positivo
2	Media	-1	Impacto perjudicial
4	Alta		
8	Muy alta		
<b>Extensión (EX)</b>		<b>Momento (MO)</b>	
Área de influencia		Plazo de manifestación	
1	Puntual	1	Largo plazo
2	Parcial	2	Medio plazo
4	Extenso	4	Inmediato
8	Total		
<b>Persistencia (PE)</b>		<b>Reversibilidad (RV)</b>	
Permanencia del efecto		Posibilidad de retornar	
1	Fugaz	1	Corto plazo
2	Temporal	2	Medio plazo
4	Permanente	4	Irreversible
		8	Irrecuperable
<b>Sinergia (SI)</b>		<b>Acumulación (AC):</b>	
Manifestación de los efectos		Incremento progresivo	
1	Sin sinergismo	1	Simple
2	Sinérgico	4	Acumulativo
4	Altamente sinérgico		
<b>Efecto (EF)</b>		<b>Periodicidad (PR)</b>	
Relación causa – efecto		Regularidad de manifestación	
1	Indirecto	1	Irregular
4	Directo	2	Periódico
		4	Continuo
<b>Recuperabilidad (MC)</b>			
Recuperación inmediata		1	
Recuperable		2	
Mitigable		4	
Irrecuperable		8	

Fuente: Adaptado por los autores. Tomado de Conesa, 2011.

Una vez realizada la valoración matemática a través de la ecuación anterior, se procedió a clasificar el impacto ya sea negativo o positivo, y su significancia de acuerdo a la clasificación previa realizada y al otorgamiento de un color representativo para cada rango obtenido como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. *Significancia de evaluación*

<b>Impacto</b>	<b>Significado</b>	<b>Clasificación</b>
<b>Negativo</b>	Crítico	$>-75$
	Severo	$-50 < x > -75$
	Moderado	$-25 < x > -50$
	Irrelevante	$<-25$
<b>Positivo</b>	Poco importante	$<25$
	Relevante	$25 < x > 50$
	Importante	$50 < x > 75$
	Muy importante	$>75$

Fuente: Conesa, 2011.

Finalmente se identificaron los impactos ambientales más críticos resultantes de la ecuación para su respectiva valoración. El grado de significancia evidencia los impactos ambientales significativos que presentan mayor prioridad, ya sean positivos o negativos para la elaboración de las medidas de manejo ambiental.

10.4. *Objetivo específico 3*

***Programas de manejo de acuerdo a los impactos negativos significativos***

La formulación de los programas de manejo depende del resultado obtenido por la evaluación de los impactos ambientales, donde los impactos significativos tuvieron una valoración mayor en comparación con los otros impactos. Por lo tanto, se les dio prioridad para acatar el impacto en fichas de gestión ambiental, las cuales establecen las medidas de control a implementar en la finca.

Tabla 10. *Fichas de programas de manejo ambiental*

<i>Nombre del Programa</i>			<i>Ficha No.</i>
<b>Objetivo:</b>			
<b>Descripción y justificación:</b>			
<i>Impacto a manejar</i>	<i>Medidas de Manejo</i>	<i>Actividad que lo produce</i>	<i>Componente afectado</i>
<b><i>Acciones a desarrollar</i></b>			
<i>Metas</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Indicadores</i>	
<b><i>Costo estimado (COP)</i></b>			
<b><i>Área de ejecución</i></b>		<b><i>Responsable</i></b>	

Fuente: Autores, 2019.

## 11. Plan de trabajo

### 11.1. Cronograma

A continuación, se definen las actividades en el tiempo establecido para el desarrollo del proyecto. Es preciso aclarar que cada color corresponde al mes de elaboración de la actividad y que los ajustes se fueron realizando a lo largo de toda la investigación.

Tabla 11. Cronograma de actividades

Actividades	Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Determinación del tema a trabajar	■	■	■	■																																
Revisión bibliográfica			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																								
Delimitación del tema y localización																																				
Estado del arte					■	■	■	■	■	■	■	■																								
Determinación del problema									■	■	■	■																								
Pregunta de investigación									■	■	■	■																								
Definición de objetivos									■	■	■	■																								
Hipótesis									■	■	■	■																								
Marcos de referencia									■	■	■	■	■	■	■	■																				
Primera salida de campo								■																												
Análisis de datos													■	■	■	■																				
Sustentación del proyecto																	■	■	■	■																
Entrega del avance del proyecto																					■	■	■	■												
Metodología de trabajo																					■	■	■	■	■	■	■	■								
Desarrollo del diagnóstico																					■	■	■	■	■	■	■	■								
Segunda salida de campo																									■	■	■	■								
Identificación de aspectos																													■	■	■	■				
Evaluación de impactos																													■	■	■	■				
Análisis de información																													■	■	■	■	■	■	■	■
Elaboración de programas																													■	■	■	■	■	■	■	■
Análisis de resultados																																	■	■	■	■
Conclusiones																																	■	■	■	■
Entrega final																																	■	■	■	■

Fuente: Autores, 2019.

11.2. *Presupuesto*

En la tabla 12 se presenta el costo del proyecto desde febrero a octubre del año 2019. Los honorarios se establecieron de acuerdo a los parámetros y criterios definidos por la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. para la vigencia de 2019.

Tabla 12. *Presupuesto*

	Concepto	Cantidad	Costo por hora	Horas trabajadas	Total
Personas	Investigadores	2	\$18.265	408	\$7.452.120
	Director	1	\$27.397	12	\$328.764
	Operarios	2	\$7.000	14	\$98.000
<b>Valor total del personal</b>					<b>\$7.780.884</b>
Viáticos por persona	<b>Primera visita de campo (2 días)</b>				
	Concepto	Cantidad	Costo Unitario		Total
	Transporte	2	\$62.700		\$125.400
	Alojamiento por noche	1	\$0		\$0
	Alimentación por día	2	\$7.500		\$30.000
	Papelería		\$3.700		\$3.700
	<b>Segunda vista de campo (8 días)</b>				
	Transporte	2	\$57.000		\$114.000
	Alojamiento por noche	7	\$0		\$0
	Alimentación por día	3	\$7.500		\$157.500
Papelería		\$2.600		\$2.600	
<b>Total de viáticos por persona</b>					<b>\$433.200</b>
<b>Valor total de viáticos</b>					<b>\$866.400</b>
Otros elementos	Computador	2	\$1.285.000		\$2.570.000
	Báscula digital	1	\$26.200		\$26.200
	Cámara fotográfica	1	\$472.000		\$472.000
<b>Valor total de otros elementos</b>					<b>\$3.068.200</b>
<b>Costo total del proyecto</b>					<b>\$11.715.484</b>

Fuente: Autores, 2019.

## 12. Resultados

Los resultados de la investigación se presentan por cada objetivo específico definidos en la metodología con la finalidad de tener un mejor entendimiento para su respectivo análisis.

### 12.1. Resultados objetivo específico 1

El desarrollo del diagnóstico ambiental tuvo como orientación la Guía Técnica Colombiana GTC 93, en donde se consideraron algunas etapas de la revisión ambiental inicial para determinar la situación actual de la finca que, a pesar de ser una organización de productores a pequeña escala, genera impactos sobre el ambiente que deben ser considerados. Por tanto, se realizaron salidas de campo para el reconocimiento del lugar y la recolección de datos haciendo uso de una lista de verificación elaborada específicamente para la finca (ver anexos).

Como se mencionó en la metodología, las etapas empleadas de la GTC 93 como la normatividad ambiental aplicable y la identificación de aspectos e impactos ambientales, el lector los encontrará en el marco de referencia y en los resultados del objetivo específico 2 respectivamente.

#### 12.1.1. Ubicación geográfica

La finca El Franco se encuentra ubicada en la parte occidental de la cabecera municipal de Garagoa y en el costado oriental del Río Garagoa el cual limita con el municipio de Pachavita. Tiene una extensión total de 5 hectáreas, de las cuales 2 hectáreas están destinadas para los cultivos y el restante para el ganado. En la figura 12 se observa la ubicación con datos de georreferenciación tomados en campo.

Coordenadas: 73°22'36,859"W 5°4'48,612"N

Figura 12. Imagen satelital de la Finca El Franco.



Fuente: Google Earth, 2019.

Como se puede evidenciar en la figura 12, a los alrededores de la finca y en general del territorio municipal, se encuentran varias zonas de transformación para el desarrollo de cultivos y/o para el posicionamiento del ganado.

Figura 13. *Finca El Franco*



Fuente: Autores, 2019.

En la figura 13 se aprecia el área doméstica de la finca. En la parte inferior izquierda se encuentra uno de los cultivos que estaba en crecimiento en el momento en el que se tomó la fotografía.

### *12.1.2. Descripción general de los procesos productivos*

A partir de los datos recolectados en campo y del testimonio del propietario de la finca, se procedió a realizar una descripción y caracterización del área doméstica y de los procesos agrícolas y ganaderos se efectúan en la finca para identificar los tipos de residuos sólidos que se generan (Tabla 13).

#### *12.1.2.1. Actividad productiva agrícola*

##### *Cultivo de café*

La germinación de las semillas de café se realiza en bolsas hasta que se obtenga la formación de un colino (cruces de ramas), para poder dar su traspaso al terreno. Es preciso señalar que el crecimiento del fruto se demora entre cinco y cuatro meses. Luego de que la planta crezca se procede a recolectar manualmente los frutos maduros conocidos como “cerezos” depositados en un recipiente para ser despulpados en una máquina despulpadora de café, la cual tiene como función separar la cacota de café y el grano. Finalmente se lava y se extiende al sol para retirar la humedad y se procede a su empaquetado en lonas.

### ***Cultivo de alverja***

El cultivo de alverja se inicia preparando el terreno, es decir, se debe realizar un arado con el propósito de depositar la semilla en surcos. Cuando la planta presente una altura aproximada de 10 cm se debe amarrar a un tutorado de hilo, el cual brinda soporte para su crecimiento. En este sentido, se deben establecer unos cuidados básicos como el riego, el cual se realiza por aspersión para cubrir la totalidad del cultivo y también la adición de herbicidas y plaguicidas en la zona ya que se evidencia la presencia de plantas conocidas como “maleza” y una alta proliferación de la plaga “mosca blanca” que afectan el crecimiento del cultivo.

Para su cosecha se debe realizar una identificación del grano según su textura y su color dado que una coloración verdosa establece la frescura del grano y el inicio de la recolección manual del mismo. Posteriormente se realiza su recolección y separación de la alverja y su cáscara, ya que la alverja desgranada se deposita en bolsas plásticas para su respectiva comercialización.

### ***Cultivo de frijol***

El cultivo del frijol presenta un procedimiento semejante frente al cultivo de la alverja. En primera instancia, se prepara el terreno arando la zona deseada para establecer la posición de siembra y la distancia que se tendrá entre semilla. Posteriormente se realiza un tutorado de hilo para asegurar un soporte en el crecimiento de la planta. Los cuidados que presenta este cultivo son los mismos al de la arveja, cuenta con un sistema de riego por aspersión y se cuenta con la adición de herbicidas y fungicidas para eliminar las plagas y las malezas que se encuentren alrededor de la planta de frijol.

Cuando el color de las hojas de la planta presenta una coloración amarillenta con verde o la envoltura del frijol presenta una coloración diferente a verde, es signo de que el cultivo está listo para cosechar. La recolección del frijol es manual, la cual se almacena para realizar un secado. Finalmente, cuando la envoltura del frijol se encuentre seca, se procede a separar los granos para su almacenamiento en bolsas transparentes y su respectiva comercialización.

### ***Cultivo de plátano dominico***

El cultivo del plátano dominico se da normalmente en temperaturas más cálidas comparándolas con la temperatura de Boyacá, por lo que el crecimiento del racimo se tarda aproximadamente 2 años. Para el cultivo se debe sembrar y esperar 2 años para la obtención de un racimo de plátano por la variabilidad climática. La ventaja de este cultivo radica en que no requiere de mucho esfuerzo para la obtención del fruto. De esta manera, el racimo de plátano muy rara vez se comercializa ya que su producción no es continua.

### ***Cultivo de maíz***

La siembra del maíz consiste en realizar hoyos en la tierra con una profundidad aproximada de 2 cm para la disposición de las semillas con una distancia definida entre las mismas. Su crecimiento tarda aproximadamente 3 meses, por lo que se debe realizar los cuidados básicos como el riego y la adición de plaguicidas para la protección del cultivo frente a las plagas.

Para conocer si el maíz ya se encuentra listo para su cosecha, se debe visualizar la coloración de los pelos de la mazorca, los cuales deben presentar una coloración marrón o estar secos. Sin embargo, otro método de verificación consta en tocar la mazorca para conocer su textura y dureza. El proceso de cosecha consiste en sujetar la mazorca con una mano y con la otra sujetar el tallo, posteriormente se hala hacia abajo junto con un pequeño giro para separar la mazorca del tallo de la planta. Finalmente, cuando se recolectan todas las mazorcas, son almacenadas en cestos de plástico y se procede a desgranar el maíz para su comercialización en bolsas de plástico.

#### *12.1.2.2. Actividad productiva ganadera*

La finca cuenta con 11 reses de ganado dentro de las cuales 9 son adultos y 2 son terneros. El ganado se encuentra distribuido en diferentes zonas pertenecientes a la finca, con el objetivo de poder optimizar los forrajes de pasto para su alimentación. Es importante resaltar que esta distribución se realiza en grupos de a 4 o 3 vacunos, donde los cuidados y actividades a realizar consisten en asegurar la buena alimentación de los bovinos agregándoles pasto a su dieta o administrándoles en épocas de sequía purina o sal. Asimismo, garantizan que tengan una fuente de agua disponible y realizan el amarre de los terneros que se encuentren en la finca para asegurar la cantidad de leche que se desea extraer para las actividades del siguiente día.

La actividad ganadera se enfoca en la producción de leche para consumo y la elaboración de cuajada para su comercialización. Para la preparación de la cuajada, la cual es netamente casera, se debe adicionar una pastilla de cuajo en un balde con leche ordeñada. Se debe esperar aproximadamente 20 minutos para que la leche cuaje y posteriormente se extrae el suero haciendo uso de un colador. Finalmente se empaca para su comercialización.

#### *12.1.2.3. Actividad doméstica*

Los propietarios de la finca cuentan con el servicio público de energía para realizar actividades básicas en el hogar. También cuentan con una estufa a gas, una estufa de leña y un horno hecho de barro para el horneado de pan o arepas para consumo propio. Los víveres y productos básicos de aseo son adquiridos en la plaza de Garagoa los días domingo ya que es considerado como día de mercado. Este mismo día es aprovechado para comercializar la producción de verduras, leche y cuajada de la finca.

Las aguas residuales provenientes del baño y de la cocina son vertidas a un pozo séptico que se encuentra a dos metros de distancia de la finca. Estas aguas son transportadas mediante tubos PVC.

La caracterización de los diferentes procesos según la actividad se puede observar en la tabla 13. Es importante señalar que para la actividad agrícola el proceso de producción entre los diferentes cultivos es el mismo, por tanto, se realizó la caracterización de manera general. No obstante, los residuos de cosecha si varían según el tipo de cultivo, pues la producción de dichos residuos se da principalmente en los cultivos de café (cacota de café), alverja (vaina), frijol (vaina) y maíz (cáscara de la envoltura de maíz).

Tabla 13. *Caracterización de procesos*

<b>Tipo de actividad productiva</b>	<b>Entradas</b>	<b>Procesos</b>	<b>Salidas</b>
<b>Agrícola</b>	Agua Arador Azada Rastrillo	Preparación del terreno	Residuos de vegetación  Rocas
	Semilla Agua Energía solar Hilaza Estacas de madera	Siembra	Planta  Maleza
	Herbicidas Plaguicidas Fertilizantes Tapabocas Guantes Agua Energía solar	Manutención	Envases de herbicidas y plaguicidas Guantes contaminados Tapabocas contaminados  Bolsas de abono
	Sacos de lona  Machete	Cosecha	Residuos de cosecha Residuos de vegetación Sacos de lona con trazas
	Empaques de plástico	Comercialización	Venta del producto
<b>Ganadera</b>	Leche materna  Agua	Crianza	Crecimiento del vacuno

<b>Tipo de actividad productiva</b>	<b>Entradas</b>	<b>Procesos</b>	<b>Salidas</b>
	Purina Pasto y forraje Agua Sal mineral Ampollas de inyección	Manutención	Estiércol Sacos de lona con trazas Residuos de vegetación Envases de medicamentos
	Jabón Agua Cubeta Cuerdas Paños de algodón	Ordeño	Agua residual  Leche  Paños de algodón contaminados
	Cuerdas Estacas de madera	Pastoreo rotativo	Control del forraje
<b>Doméstica</b>	Comida Agua Elementos de aseo Papel Textiles Energía eléctrica	Manutención	Aguas residuales domésticas Residuos sólidos (papel, vidrio y envases) Residuos de comida

Fuente: Autores, 2019.

### *12.1.3. Cumplimiento de los requisitos legales*

La finca El Franco no cuenta con ningún grado de cumplimiento de los requisitos legales en materia de manejo de residuos sólidos puesto que los propietarios no tienen conocimiento sobre la legislación ambiental aplicable.

#### *12.1.4. Descripción general del manejo de residuos sólidos*

Los residuos sólidos que son generados en la finca no cuentan con algún tipo de recolección, transporte y disposición final por parte de empresas prestadoras del servicio de aseo dada la falta de cobertura en zonas marginadas, por lo que el generador dispone los residuos sólidos en el botadero a cielo abierto y/o lleva a cabo incineraciones sin los controles respectivos con el fin de reducir el volumen de residuos. A pesar de que la finca es productora a pequeña escala, esta no realiza actividades de separación en la fuente ni tampoco posee ningún tipo de infraestructura de acopio o almacenamiento temporal.

Los residuos generados en la actividad agrícola, que en su mayoría son orgánicos, son eliminados en procesos de incineración en cercanías al área donde se efectúa el cultivo. Esto con el fin de erradicar los herbicidas y otros componentes tóxicos que quedan en los subproductos de la cosecha.

Las empresas que venden las sustancias químicas para asegurar la calidad de los cultivos cuentan con planes de devolución posconsumo; por lo que, una vez utilizado el producto, los operarios de la finca se comunican con la empresa para acordar el día de recolección de los envases y empaques. Sin embargo, no existe un lugar de almacenamiento temporal en la finca para este tipo de residuos peligrosos, pues estos son arrojados al botadero a cielo abierto situado dentro de la finca.

Por otro lado, los residuos sólidos generados de la actividad ganadera como residuos de empaques de la purina y medicamentos son arrojados en el botadero a cielo abierto que hay en la finca. Las excretas de los bovinos no cuentan con ningún tipo de manejo, pues son dejadas en el lugar en el que los animales realizan el pastoreo.

De las labores domésticas se generan residuos de comida, papel, vidrio, plástico y latas de hojalata; los cuales son también dispuestos en el botadero a cielo abierto sin contemplar algún tipo de medida sanitaria. No obstante, los residuos de comida son suministrados a los perros que la finca posee, por lo que no es necesario llevarlos a un proceso de disposición.

#### *12.1.5. Caracterización de los residuos sólidos*

El proceso para la determinación de la composición física y cuantificación de los residuos sólidos que se generan en la finca El Franco se realizó durante un tiempo de 7 días, en virtud de establecer la producción semanal y la cantidad que se genera por tipo de residuo, teniendo en cuenta que los operarios de la finca realizan sus labores los 7 días de la semana. En la tabla 14 se muestran los kg recolectados por día de los residuos sólidos que se generan en la finca. El estiércol de los bovinos se cuantificó por separado con el objetivo de determinar la cantidad que se produce semanalmente de este tipo de residuo.

Tabla 14. *Producción de residuos sólidos producidos por semana*

No.	Día	Residuos sólidos (kg/día)
1	Martes	27.2
2	Miércoles	3.2
3	Jueves	18.6
4	Viernes	15.3
5	Sábado	25
6	Domingo	1.2
7	Lunes	2.6
<b>Total (Kg/sem)</b>		93.1

Fuente: Autores, 2019.

Teniendo en cuenta la recolección realizada en campo, se determinó que la producción de residuos sólidos de la finca es de 93 kg/sem. En el primer día de recolección se obtuvieron 27.2 Kg de residuos puesto que días anteriores a la caracterización, hubo cosecha de alverja y, además, se le recomendó a uno de los propietarios de la finca que no llevaran a procesos de incineración dichos residuos. En el segundo día se realizaron procesos de preparación del terreno para un nuevo cultivo, el cual consiste en eliminar los restos de la cosecha anterior, por tanto, la generación de residuos sólidos no fue tan alta. En el tercer día se produjeron 18.6 Kg de residuos sólidos, principalmente orgánicos, porque se efectuó la cosecha del cultivo de maíz. Para el cuarto día de recolección se evidenció una alta generación de residuos sólidos dado que, por costumbre, todos los viernes se llevan a cabo reuniones familiares en la finca. En el quinto día se recolectaron 25 Kg de residuos provenientes, en su mayoría, de la cáscara de alverja y de tusa de maíz, teniendo en cuenta que se encontraban almacenados y debían prepararse para ser comercializados. En el sexto día no se obtuvo una cantidad significativa de residuos, pues fue día de comercialización de lo producido por ser día domingo (considerado como “día de mercado” en el municipio de Garagoa). Finalmente, en el séptimo día se llevó a cabo una preparación del terreno para iniciar un nuevo cultivo, por lo que la generación de residuos no fue relevante.

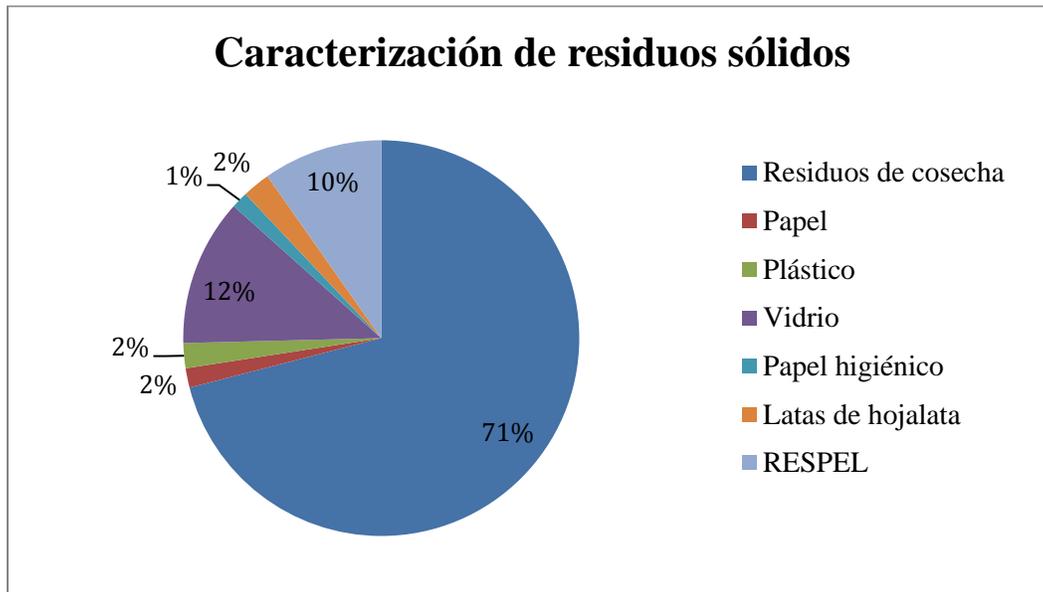
Tabla 15. *Cuarteo de residuos sólidos*

	Cuadrante 1 (Kg)	Cuadrante 3 (Kg)	Promedio (Kg)	Porcentaje	Producción kg/sem
Residuos de cosecha	17.1	14.2	15.65	71%	66
Papel	0.2	0.5	0.35	2%	1
Plástico	0.3	0.6	0.45	2%	2
Vidrio	3.2	2.1	2.65	12%	11
Papel higiénico	0.5	0.1	0.3	1%	1
Latas de hojalata	0.6	0.4	0.5	2%	2
RESPEL	1	3.3	2.15	10%	9
<b>Total</b>	22.9	21.2	22.05	100%	93

Fuente: Autores, 2019.

A partir del método de cuarteo, se logró identificar y clasificar los residuos sólidos de la finca producidos por semana, resaltando los residuos de cosecha como los de mayor generación (ver tabla 15). Es preciso señalar que los cuadrantes I y II tuvieron una diferencia de 1.7 kg, lo cual está dentro del margen de diferencia propuesto por Alayón (2018).

Figura 14. Caracterización de residuos sólidos de la finca El Franco



Fuente: Autores, 2019.

Entre los tipos de residuos sólidos identificados en la caracterización, se destacan los residuos de cosecha, los de vidrio y los residuos peligrosos como los de mayor producción.

Además, como se puede evidenciar en la tabla 16, se logró determinar que la producción de las excretas de los 11 bovinos es de 988 kg/sem, obteniendo como resultado total de los residuos sólidos generados de la finca de 1079 kg/sem.

Tabla 16. Producción de estiércol por semana

Día	Estiércol (Kg/día)
Martes	141.7
Miércoles	139.4
Jueves	142.5
Viernes	139.8
Sábado	141.2
Domingo	143.4
Lunes	140.2
<b>Total (Kg/sem)</b>	<b>988.2</b>

Autores, 2019.

## 12.2. Resultados objetivo específico 2

Como resultado de la información obtenida en campo y en el diagnóstico ambiental, se logró identificar de manera detallada los aspectos ambientales e impactos generados por los procesos que se efectúan en la finca. Adicionalmente, es importante resaltar que se usaron dos diferentes metodologías para la respectiva evaluación de los aspectos e impactos ambientales.

### 12.2.1. Identificación de aspectos e impactos ambientales

De acuerdo a la metodología EPM, como primera instancia se desglosaron los procesos que se desarrollan en la finca según el tipo de actividad productiva; se realizó un diagrama de redes para la identificación de los aspectos, efectos e impactos para finalmente realizar la evaluación ambiental.

Tabla 17. Aspectos ambientales por proceso

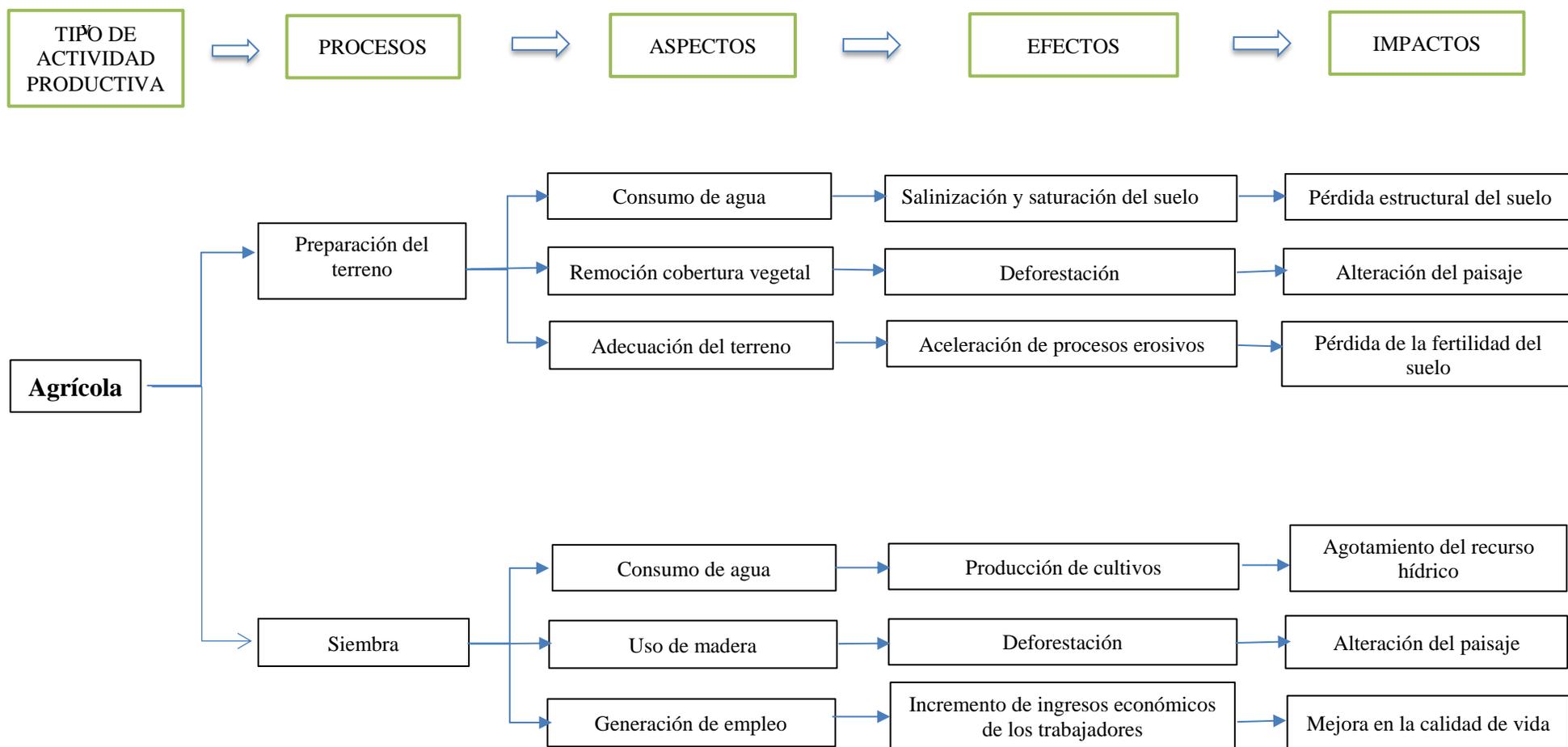
Tipo de actividad productiva	Procesos	Aspectos ambientales
Agrícola	Preparación del terreno	Consumo de agua
		Remoción de cobertura vegetal
		Adecuación del terreno
	Siembra	Consumo de agua
		Uso de madera
		Generación de empleo
	Manutención	Consumo de agua
		Generación de residuos peligrosos
		Aspersión de sustancias peligrosas
		Generación de residuos sólidos
	Cosecha	Generación de residuos sólidos orgánicos
		Emisión de dioxinas
Generación de empleo		

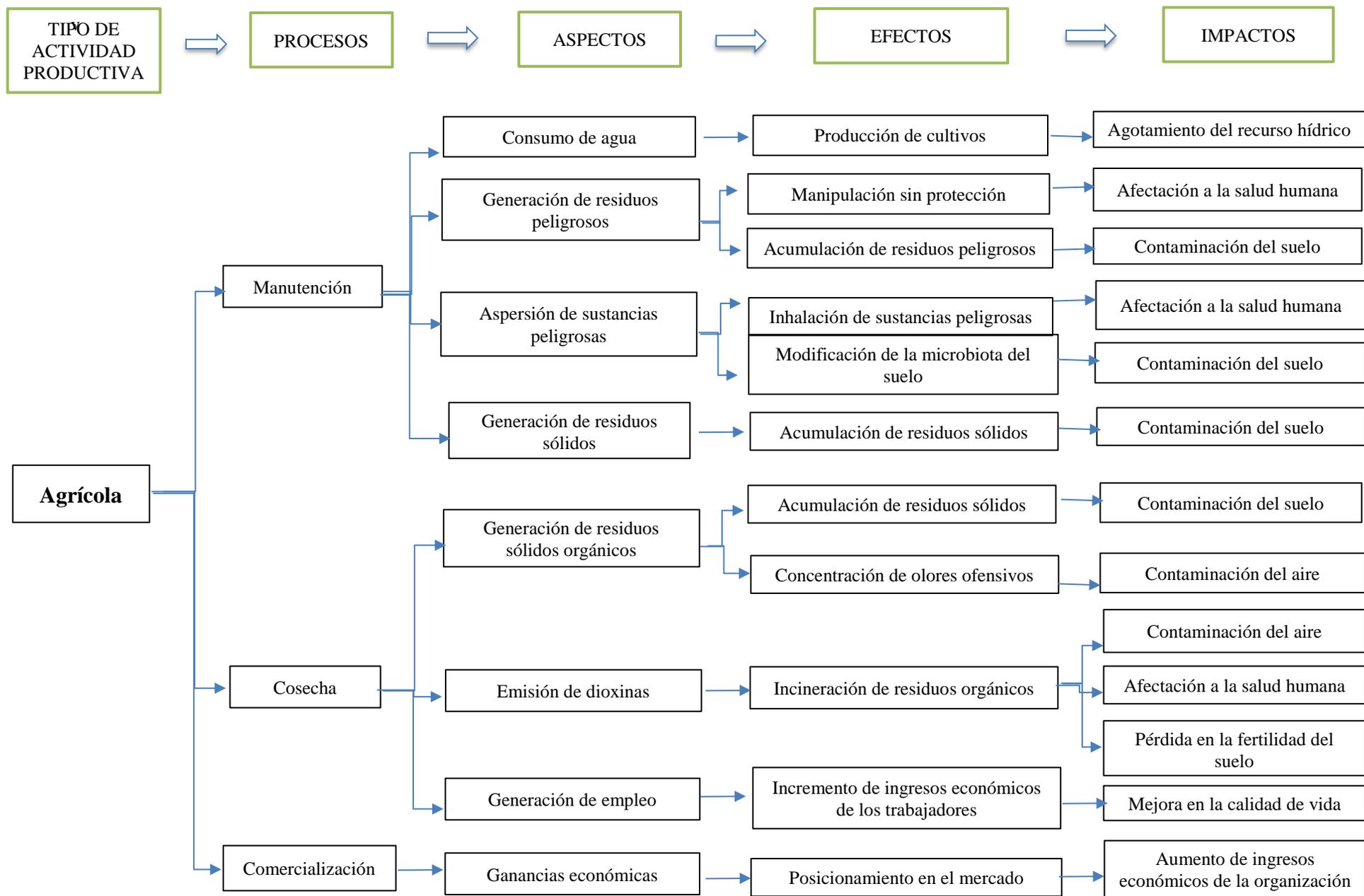
<b>Tipo de actividad productiva</b>	<b>Procesos</b>	<b>Aspectos ambientales</b>
	Comercialización	Ganancias económicas
<b>Ganadera</b>	Crianza	Consumo de agua
	Manutención	Generación de residuos peligrosos
		Generación de estiércol
		Generación de residuos sólidos
		Consumo de agua
	Ordeño	Generación de aguas residuales
		Generación de residuos sólidos
	Pastoreo rotativo	Adecuación del terreno
		Consumo de energía eléctrica
		Uso de madera
Uso del suelo		
<b>Doméstica</b>	Manutención	Generación de aguas residuales
		Consumo de agua
		Consumo de energía eléctrica
		Emisiones de GEI
		Generación de residuos sólidos

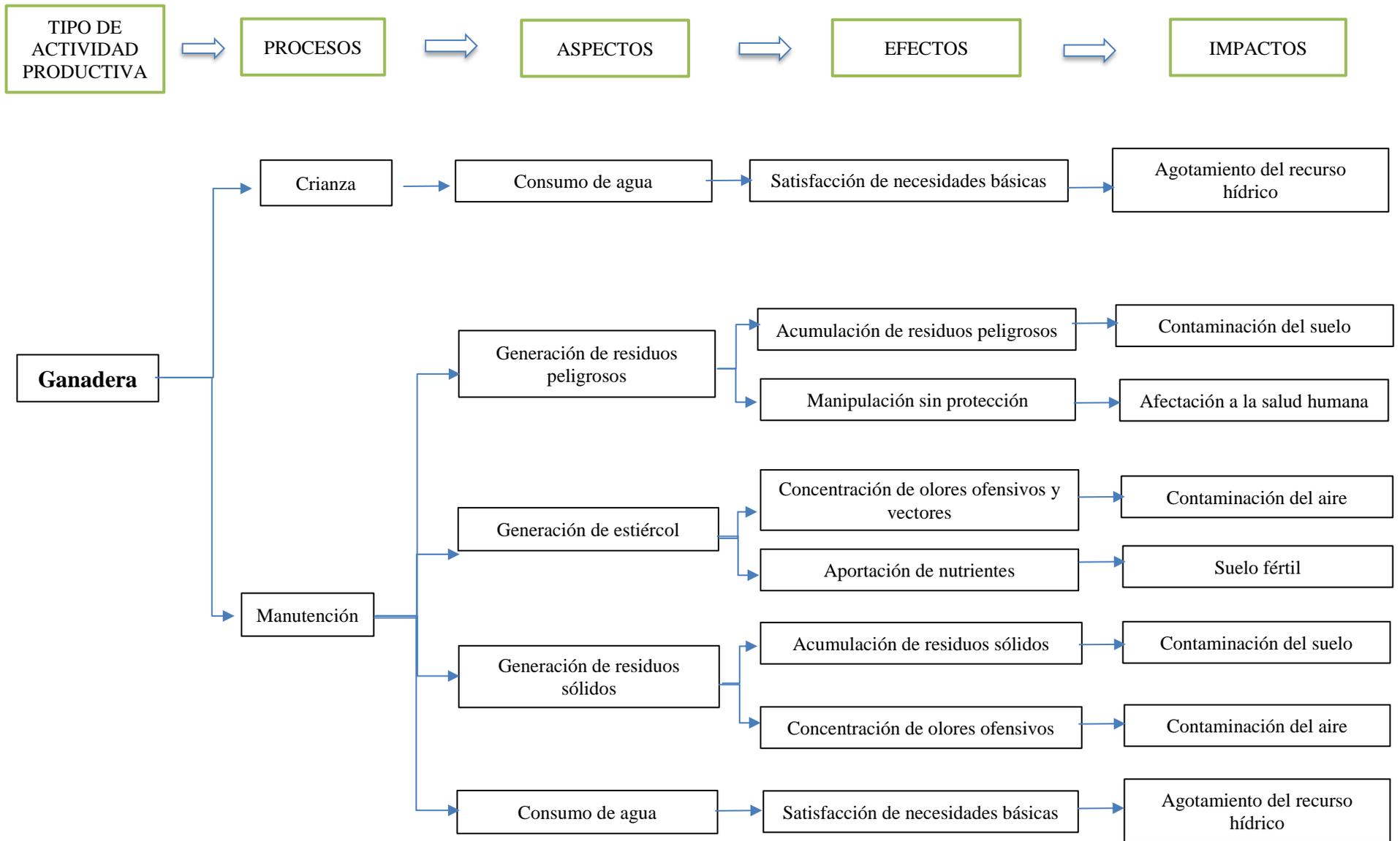
Fuente: Autores, 2019.

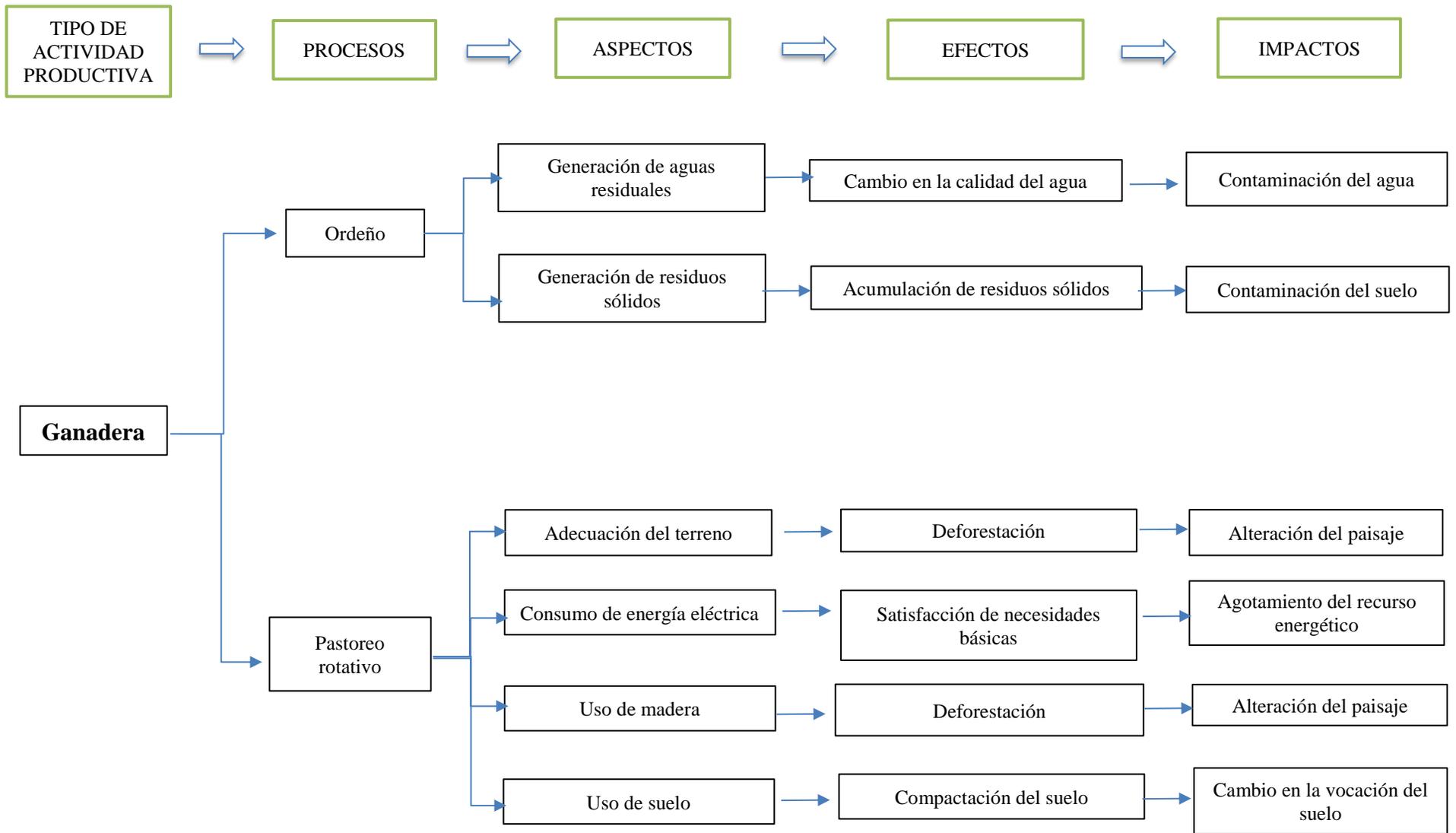
El diagrama de redes se realizó de manera detallada según el tipo de actividad productiva que se desarrolla en la finca, con el propósito de determinar los efectos e impactos que se generan de los aspectos ambientales identificados de acuerdo a la metodología de EPM.

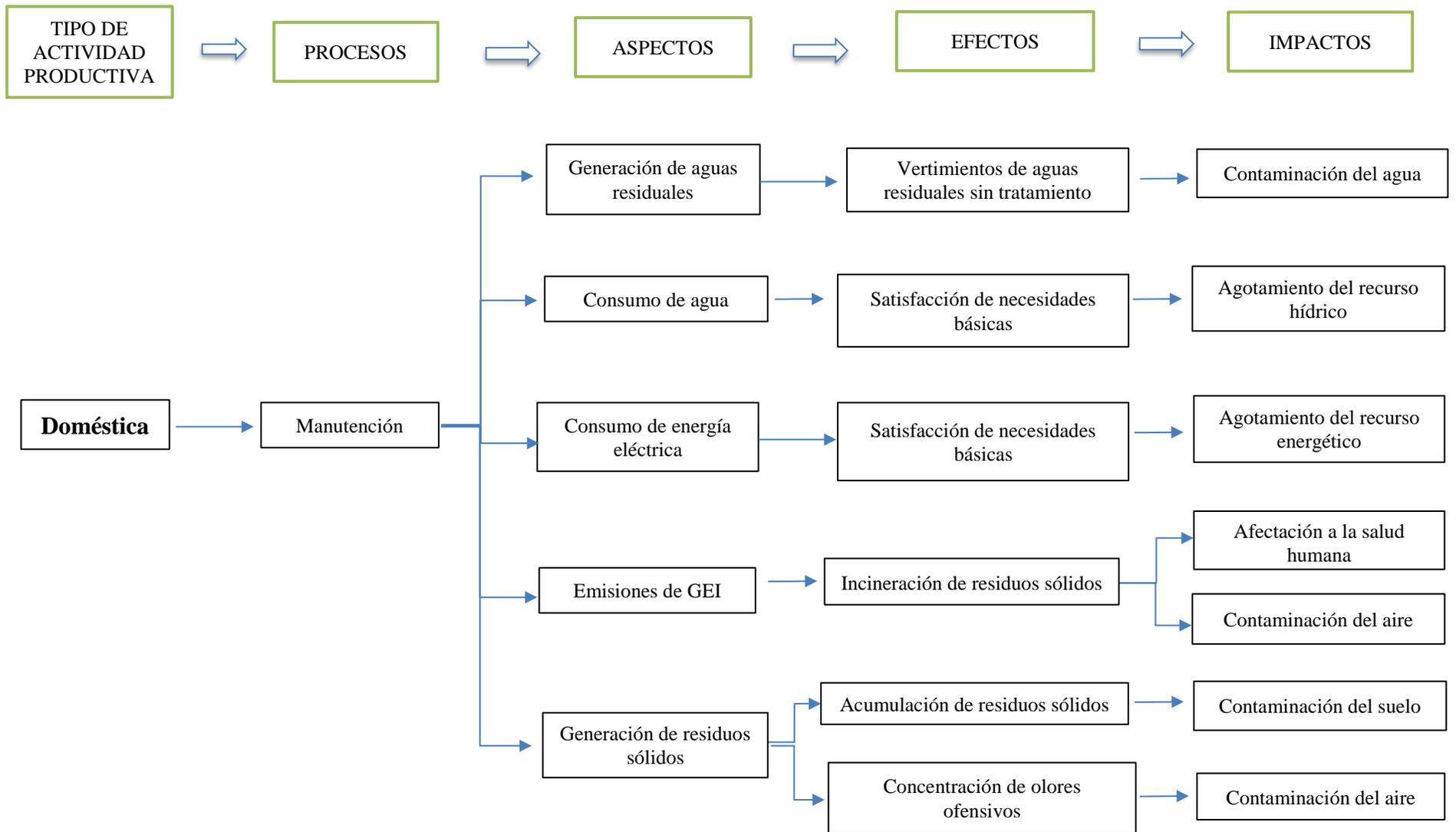
Figura 15. Diagrama de redes











Fuente: Autores, 2019.

De esta manera, para el desarrollo de la matriz de evaluación de aspectos ambientales se tuvieron en cuenta los efectos que se producían en virtud de asignar la calificación ambiental.

Tabla 18. *Matriz de evaluación de aspectos ambientales*

ACTIVIDAD PRODUCTIVA	PROCESO	ASPECTO AMBIENTAL	EFECTO	C (+/-)	P	D	E	M	CALIFICACIÓN AMBIENTAL	IMPORTANCIA
Ganadera	Crianza	Consumo de agua	Satisfacción de necesidades básicas	-1	1	0.3	0.6	0.2	-1.7	Muy baja
	Manutención	Generación de residuos peligrosos	Acumulación de residuos peligrosos	-1	0.7	0.2	0.6	0.4	-1.6	Muy baja
			Manipulación sin protección							
		Generación de estiércol	Saturación de nutrientes en el suelo	-1	1	1	0.8	0.9	-8.0	Muy alta
		Generación de residuos sólidos	Acumulación de residuos sólidos	-1	1	0.1	1	0.2	-1.7	Muy baja
			Concentración de olores ofensivos							
	Consumo de agua	Satisfacción de necesidades básicas	-1	1	0.3	0.6	0.2	-1.7	Muy baja	
	Ordeño	Generación de aguas residuales	Cambio en la calidad del agua	-1	1	0.1	0.8	0.5	-3.1	Baja
		Generación de residuos sólidos	Satisfacción de necesidades básicas	-1	0.7	0	0.7	0.1	-0.3	Muy baja
	Pastoreo rotativo	Adecuación del terreno	Deforestación	-1	1	1.8	0.5	0.7	-7.9	Alta
		Consumo de energía eléctrica	Satisfacción de necesidades básicas	1	1	1	0.2	0.2	3.3	Baja
		Uso de madera	Deforestación	-1	0.3	0.1	0.8	0.2	-0.4	Muy baja
		Uso del suelo	Compactación del suelo	-1	1	1	0.5	0.9	-6.2	Alta

ACTIVIDAD PRODUCTIVA	PROCESO	ASPECTO AMBIENTAL	EFEECTO	C (+/-)	P	D	E	M	CALIFICACIÓN AMBIENTAL	IMPORTANCIA
Agrícola	Preparación del terreno	Consumo de agua	Salinización y saturación del suelo	-1	1	0.1	0.2	0.1	-0.4	Muy baja
		Remoción de cobertura vegetal	Deforestación	-1	0.1	0.1	0.4	0.5	-0.2	Muy baja
		Adecuación del terreno	Aceleración de procesos erosivos	-1	1	0	0.6	0.5	-2.1	Baja
	Siembra	Consumo de agua	Producción de cultivos	-1	1	0.1	0.6	0.1	-0.7	Muy baja
		Uso de madera	Deforestación	-1	0.1	0	0.4	0.6	-0.2	Muy baja
		Generación de empleo	Incremento de ingresos económicos de los trabajadores	1	1	0.2	0.8	0.8	5.1	Media
	Manutención	Consumo de agua	Producción de cultivos	-1	1	0.1	0.7	0.1	-0.8	Muy baja
		Generación de residuos peligrosos	Manipulación sin protección	-1	1	1	0.7	0.7	-6.4	Alta
			Acumulación de residuos peligrosos							
		Aspersión de sustancias peligrosas	Inhalación de sustancias peligrosas	-1	1	1	0.8	0.7	-6.9	Alta
			Modificación de la microbiota del suelo							
	Generación de residuos sólidos	Acumulación de residuos sólidos	-1	1	1	0.2	0.5	-3.7	Baja	
	Cosecha	Generación de residuos sólidos orgánicos	Acumulación de residuos sólidos	-1	1	1	1	0.8	-8.6	Muy alta
			Concentración de olores ofensivos							
		Emisión de dioxinas	Incineración de residuos orgánicos	-1	1	0.7	1	0.6	-6.3	Alta
		Generación de empleo	Incremento de ingresos económicos de los trabajadores	1	1	0.2	0.8	0.8	5.1	Media
Comercialización	Ganancias económicas	Posicionamiento en el mercado	1	0.7	1	0.6	0.5	3.6	Baja	

ACTIVIDAD PRODUCTIVA	PROCESO	ASPECTO AMBIENTAL	EFEECTO	C (+/-)	P	D	E	M	CALIFICACIÓN AMBIENTAL	IMPORTANCIA
Doméstica	Manutención	Generación de aguas residuales	Vertimiento de aguas residuales sin tratamiento	-1	1	1	0.8	0.5	-5.8	Media
		Consumo de agua	Satisfacción de necesidades básicas	1	1	1	0.2	0.2	3.3	Baja
		Consumo de energía eléctrica	Satisfacción de necesidades básicas	1	1	1	0.2	0.3	3.4	Baja
		Emisiones de GEI	Incineración de residuos sólidos	-1	0.7	0.7	0.8	0.7	-4.2	Media
		Generación de residuos sólidos	Acumulación de residuos sólidos	Concentración de olores ofensivos	-1	0.7	0.8	0.7	0.7	-4.1

Fuente: Autores, 2019.

Valor de Ca	Importancia
8-0- 10	Muy alta
6.0 - 8.0	Alta
4.0- 6.0	Media
2.0- 4.0	Baja
0.0- 2.0	Muy baja

\*Es pertinente señalar en esta sección los valores de calificación, no obstante, esta tabla puede encontrarse en la metodología como Tabla 6.

### 12.2.2. Evaluación de impactos ambientales

Los impactos ambientales identificados por actividad y proceso se evaluaron con la metodología propuesta por Vicente Conesa y su respectiva calificación ambiental.

Tabla 19. Matriz de evaluación de impactos ambientales

ACTIVIDAD PRODUCTIVA	PROCESO	ASPECTO AMBIENTAL	EFEECTO	IMPACTO AMBIENTAL	+/-	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA DEL IMPACTO	SIGNIFICADO
Ganadera	Crianza	Consumo de agua	Satisfacción de necesidades básicas	Agotamiento del recurso hídrico	-1	1	1	1	2	2	1	4	4	2	2	-23	Irrelevante
	Manutención	Generación de residuos peligrosos	Acumulación de residuos peligrosos	Contaminación del suelo	-1	8	1	4	2	2	1	4	4	4	4	-51	Severo
			Manipulación sin protección	Afectación a la salud humana	-1	4	1	2	1	4	1	4	4	1	2	-33	Moderado
		Generación de estiércol	Saturación de nutrientes en el suelo	Contaminación del suelo	-1	8	8	4	1	1	1	4	4	4	4	-63	Severo
		Generación de residuos sólidos	Acumulación de residuos sólidos	Contaminación del suelo	-1	2	1	1	2	2	1	4	4	1	2	-25	Moderado
			Concentración de olores ofensivos	Contaminación del aire	-1	2	1	2	1	2	1	4	4	1	4	-27	Moderado
	Consumo de agua	Satisfacción de necesidades básicas	Agotamiento del recurso hídrico	-1	4	1	4	4	4	1	4	4	4	4	-43	Moderado	
	Ordeño	Generación de aguas residuales	Cambio en la calidad del agua	Contaminación del agua	-1	1	1	4	1	2	1	4	4	4	2	-27	Moderado
		Generación de residuos sólidos	Acumulación de residuos sólidos	Contaminación del suelo	-1	1	2	2	2	2	1	4	4	2	4	-28	Moderado
	Pastoreo rotativo	Adecuación del terreno	Deforestación	Alteración del paisaje	-1	8	4	4	4	4	1	1	4	1	8	-59	Severo
		Consumo de energía eléctrica	Satisfacción de necesidades básicas	Agotamiento del recurso energético	-1	1	1	1	2	2	1	1	4	1	2	-19	Irrelevante
		Uso de madera	Deforestación	Alteración del paisaje	-1	4	2	4	4	4	1	1	4	1	2	-37	Moderado
		Uso del suelo	Compactación del suelo	Cambio en la vocación del suelo	-1	8	8	2	4	4	1	1	4	4	4	-64	Severo

ACTIVIDAD PRODUCTIVA	PROCESO	ASPECTO AMBIENTAL	EFEECTO	IMPACTO AMBIENTAL	+/-	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA DEL IMPACTO	SIGNIFICADO
Agrícola	Preparación del terreno	Consumo de agua	Salinización y saturación del suelo	Pérdida estructural del suelo	-1	2	1	2	2	2	1	1	4	1	2	-23	Irrelevante
		Remoción de cobertura vegetal	Deforestación	Alteración del paisaje	-1	4	1	4	4	4	2	1	4	1	2	-36	Moderado
		Adecuación del terreno	Aceleración de procesos erosivos	Pérdida en la fertilidad del suelo	-1	2	1	4	2	2	1	4	1	1	2	-25	Moderado
	Siembra	Consumo de agua	Producción de cultivos	Agotamiento del recurso hídrico	-1	1	1	1	4	4	1	1	4	2	4	-26	Moderado
		Uso de madera	Deforestación	Alteración del paisaje	-1	2	1	4	2	1	1	1	1	1	1	-20	Irrelevante
		Generación de empleo	Incremento de ingresos económicos de los trabajadores	Mejora en la calidad de vida	1	1	1	4	2	1	1	1	4	4	1	23	Poco importante
	Manutención	Consumo de agua	Producción de cultivos	Agotamiento del recurso hídrico	-1	4	1	1	4	4	1	4	4	4	8	-44	Moderado
		Generación de residuos peligrosos	Manipulación sin protección	Afectación a la salud humana	-1	8	1	2	2	2	1	2	4	2	2	-43	Moderado
			Acumulación de residuos peligrosos	Contaminación del suelo	-1	8	1	4	2	2	1	4	4	4	4	-51	Severo
		Aspersión de sustancias peligrosas	Inhalación de sustancias peligrosas	Afectación a la salud humana	-1	8	1	1	4	4	1	4	4	4	8	-56	Severo
			Modificación en la microbiota del suelo	Contaminación del suelo	-1	8	2	2	4	2	1	4	4	2	4	-51	Severo
		Generación de residuos sólidos	Acumulación de residuos sólidos	Contaminación del suelo	-1	2	1	2	2	1	1	4	4	2	4	-28	Moderado
	Cosecha	Generación de residuos sólidos orgánicos	Acumulación de residuos sólidos	Contaminación del suelo	-1	8	1	4	4	2	1	4	4	4	4	-53	Severo
			Concentración de olores ofensivos	Contaminación del aire	-1	4	1	2	2	8	1	1	4	2	8	-42	Moderado
		Emisión de dioxinas	Incineración de residuos orgánicos	Contaminación del aire	-1	8	8	4	4	8	1	4	4	4	8	-77	Crítico
				Afectación a la salud humana	-1	8	1	2	4	8	1	4	4	1	2	-52	Severo
				Pérdida en la fertilidad del suelo	-1	8	4	4	4	8	1	4	4	2	4	-63	Severo
		Generación de empleo	Incremento de ingresos económicos de los trabajadores	Mejora en la calidad de vida	1	1	4	2	2	1	1	1	4	1	2	25	Relevante
		Comercialización	Ganancias económicas	Posicionamiento en el mercado	Aumento de ingresos económicos de la organización	1	1	1	4	2	1	1	4	4	4	2	27

ACTIVIDAD PRODUCTIVA	PROCESO	ASPECTO AMBIENTAL	EFECTO	IMPACTO AMBIENTAL	+/-	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA DEL IMPACTO	SIGNIFICADO	
Doméstica	Manutención	Generación de aguas residuales	Vertimientos de aguas residuales sin tratamiento	Contaminación del agua	-1	2	1	4	1	1	1	4	4	4	2	-29	Moderado	
		Consumo de agua	Satisfacción de necesidades básicas	Agotamiento del recurso hídrico	-1	2	2	2	4	4	1	4	4	4	4	-37	Moderado	
		Consumo de energía eléctrica	Satisfacción de necesidades básicas	Agotamiento del recurso energético	-1	2	2	2	4	4	1	4	4	4	4	-37	Moderado	
		Emisiones de GEI	Incineración de residuos sólidos	Afectación en la salud humana	-1	4	8	2	2	2	2	1	4	4	1	4	-48	Moderado
				Contaminación del aire	-1	8	8	4	4	8	1	4	4	4	8	-77	Critico	
		Generación de residuos sólidos	Acumulación de residuos sólidos	Contaminación del suelo	-1	8	2	2	2	4	1	4	4	2	4	-51	Severo	
Concentración de olores ofensivos	Contaminación del aire		-1	4	2	4	2	2	1	1	4	2	2	-34	Moderado			

Fuente: Autores, 2019.

Impacto	Significado	Clasificación
Negativo	Critico	>-75
	Severo	-50 < x > -75
	Moderado	-25 < x > -50
	Irrelevante	<-25
Positivo	Poco importante	<25
	Relevante	25 < x > 50
	Importante	50 < x > 75
	Muy importante	>75

\*Es pertinente señalar en esta sección los valores de calificación, no obstante, esta tabla puede encontrarse en la metodología como Tabla 9.

De acuerdo con la evaluación ambiental realizada y a partir de la importancia y significancia de los impactos ambientales, se logró determinar aquellos impactos de mayor categoría (críticos y severos) según el tipo de actividad productiva, los cuales se muestran en la tabla 20.

Tabla 20. *Impactos críticos y severos*

<b>Tipo de actividad productiva</b>	<b>Aspecto ambiental</b>	<b>Efecto</b>	<b>Impacto ambiental</b>	<b>Significado</b>
<b>Agrícola</b>	Generación de residuos peligrosos	Acumulación de residuos peligrosos	Contaminación del suelo	Severo
	Aspersión de sustancias peligrosas	Inhalación de sustancias peligrosas	Afectación a la salud humana	Severo
		Modificación de la microbiota del suelo	Contaminación del suelo	Severo
	Generación de residuos sólidos orgánicos	Acumulación de residuos sólidos	Contaminación del suelo	Severo
	Emisión de dioxinas	Incineración de residuos orgánicos	Contaminación del aire	Crítico
			Afectación a la salud humana	Severo
			Pérdida de la fertilidad del suelo	Severo
<b>Ganadero</b>	Generación de residuos peligrosos	Acumulación de residuos peligrosos	Contaminación del suelo	Severo
	Generación de estiércol	Saturación de nutrientes en el suelo	Contaminación del suelo	Severo
	Adecuación del terreno	Deforestación	Transformación del paisaje	Severo
	Uso del suelo	Compactación del suelo	Cambio en la vocación del suelo	Severo
<b>Doméstico</b>	Emisiones de GEI	Incineración de residuos sólidos	Contaminación del aire	Crítico
	Generación de residuos sólidos	Acumulación de residuos sólidos	Contaminación del suelo	Severo

Fuente: Autores, 2019.

Tomando en consideración los impactos de clasificación denominados como críticos y severos, se pudo establecer que la actividad agrícola es la que genera mayores impactos sobre el ambiente por la generación de residuos sólidos y peligrosos, por la aspersión de químicos y por la emisión de dioxinas. Se encontró que las prácticas de incineración de residuos sólidos son los que producen impactos críticos, correspondientes a la actividad agrícola y al área doméstica. Por otro lado, aunque en la actividad ganadera no se obtuvo algún impacto crítico, también resulta importante considerar los impactos obtenidos de la evaluación ambiental con el propósito de minimizar la contaminación.

### 12.3. *Resultados objetivo específico 3*

Teniendo en cuenta los resultados alcanzados en la evaluación de impactos ambientales, se proponen medidas de prevención y mitigación para los impactos críticos y severos (ver tabla 20), considerados como significativos, con el propósito de que la finca El Franco tenga un mejor desempeño ambiental de sus actividades productivas y den un cumplimiento a los requisitos legales ambientales. Asimismo, los programas servirán como un punto de partida para que a futuro los propietarios puedan implementar un sistema de gestión ambiental que controle y minimice todos los impactos ambientales negativos que surgen de sus operaciones.

## Programa de PMA 1

<i>Programa de segregación en la fuente</i>			<i>Ficha No. 1</i>
<p><b>Objetivo:</b> Realizar la separación de los residuos sólidos que se generan en la finca.</p>			
<p><b>Descripción y justificación:</b> Una óptima gestión de los residuos sólidos se basa principalmente en la separación en la fuente, es decir, la actividad que comprende la selección y almacenamiento de los residuos sólidos en contenedores para su aprovechamiento, tratamiento y/o disposición final; dependiendo de las características físicas del residuo. De acuerdo con la GTC 24 la separación en la fuente permite optimizar el aprovechamiento o disposición final de los residuos dado que se garantiza la calidad de los mismos. De igual forma, se debe contar con contenedores adecuados de los residuos según el tipo y el espacio disponible para el almacenamiento temporal.</p> <p>Teniendo en cuenta que la finca El Franco no cuenta con servicio de aseo y recolección de residuos, se pretende segregar los residuos con el propósito de reciclarlos y/o reutilizarlos, dándoles valor y disminuyendo su producción.</p>			
<i>Impacto a manejar</i>	<i>Medidas de Manejo</i>	<i>Actividad que lo produce</i>	<i>Componente afectado</i>
Contaminación del aire y del suelo	Prevención	Doméstico Agrícola Ganadera	Suelo y aire
<i>Acciones a desarrollar</i>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Capacitar a los operarios sobre los tipos y clasificación de los residuos sólidos.</li> <li>2. Separar en contenedores de colores los residuos sólidos generados según la clasificación:</li> </ol>			
Clasificación	Tipo de residuos	Recipiente	
Ordinarios	Servilletas, colillas de cigarrillo, envases tetrapack, icopor, barrido.	Verde 	
Papel y cartón	Papel periódico, cajas de cartón, papel archivo,	Gris 	

Plástico	Bolsas plásticas, envases y recipientes plásticos	Azul 
Vidrio	Botellas y contenedores de vidrio	Blanco 
Orgánicos compostables	Residuos de cosecha, de alimentos, de frutas y cáscaras de huevo.	* Se especifica en el programa 3

Fuente: Autores, 2019.

3. Establecer qué tipo de residuos pueden ser reutilizados dentro de la finca.
4. Los residuos deben almacenarse hasta el día domingo para llevarlos a disposición final en el municipio de Garagoa.

\* Los envases de vidrio no retornables deben ser devueltos al lugar en donde se adquirió el producto.

<i>Metas</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Indicadores</i>
Reutilizar y aprovechar el 70% de los residuos sólidos generados.	3 meses	$\left( \frac{\text{Residuos reutilizados (Kg)}}{\text{Total de residuos producidos (Kg)}} \right) * 100$ <p>= % de residuos reutilizados</p>
<b>Costo estimado (COP)</b>		
Contenedores de 121 L (5 unidades)		\$605.300
<b>TOTAL</b>		\$605.300
<b>Área de ejecución</b>		<b>Responsable</b>
Doméstica Agrícola Ganadera		Operarios

## Programa de PMA 2

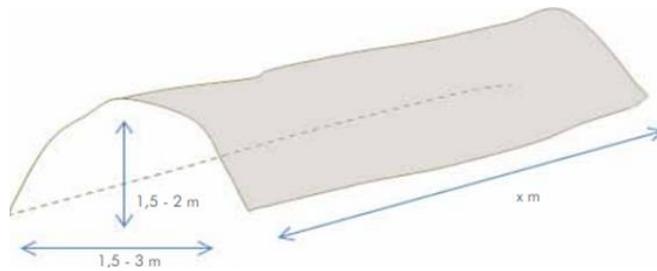
<i>Programa de almacenamiento de residuos peligrosos</i>			<i>Ficha No. 2</i>
<b>Objetivo:</b> Diseñar un centro de acopio para los residuos peligrosos.			
<p><b>Descripción y justificación:</b> La actividad agrícola y ganadera generan diferentes tipos de residuos peligrosos en envases o bolsas como los plaguicidas, herbicidas y medicamentos proporcionados al ganado. Pese a que la empresa recolecta los productos comercializados para una disposición final adecuada, no se presenta algún tipo de almacenamiento temporal en la finca, por lo que son depositados y acumulados en el suelo hasta que la empresa se haga presente para su recolección. Es importante establecer un punto para la contención temporal de estos residuos que evite el contacto directo con los trabajadores, debido a que no se utilizan elementos de protección personal al momento de utilizarlos o disponerlos en suelo directo, por lo que se presenta un alto riesgo frente a la salud y una afectación en el suelo ya que las trazas de estos químicos pueden afectar indirectamente otros componentes del ambiente. Por tanto, es necesario mantener el residuo peligroso en condiciones controladas y ambientalmente seguras.</p>			
<i>Impacto a manejar</i>	<i>Medidas de Manejo</i>	<i>Actividad que lo produce</i>	<i>Componente afectado</i>
Contaminación del suelo y afectación a la salud humana	Prevención	Ganadería Agrícola	Suelo y salud humana
<i>Acciones a desarrollar</i>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Establecer el punto de ubicación de acopio que cubra la zona agrícola y ganadera.</li> <li>2. Construir el centro de acopio que cuente con las siguientes especificaciones:</li> </ol> <p><b>Condiciones locativas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Piso: impermeable, liso no resbaloso y libre de grietas</li> <li>- Ventilación natural</li> <li>- Señalización de áreas</li> <li>- Dispositivos de detección de fuego y sistemas de respuesta</li> <li>- Kit de derrame</li> <li>- Capacidad</li> <li>- Balanza</li> </ul> <p><b>Condiciones Operativas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Matriz de compatibilidad de residuos</li> <li>- Separación de residuos por tipo</li> <li>- Hojas de seguridad</li> <li>- Restricción de acceso a personal no autorizado</li> <li>- Registros (recepción y despacho) a quien lo transporte.</li> </ul>			

<i>Metas</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Indicadores</i>
Cumplir con el 90% de las condiciones de diseño locativas y operativas del centro de acopio.	2 meses	$\left( \frac{\text{Criterios de diseño cumplidos}}{\text{Total de criterios de diseño}} \right) * 100$ = % de cumplimiento de diseño
Almacenar el 100% de residuos peligrosos.	Semanal	$\left( \frac{\text{Respel almacenado (Kg)}}{\text{Total Respel generado (Kg)}} \right) * 100$ = % de residuos peligrosos almacenados
<b>Costo estimado (COP)</b>		
Piso cemento		\$ 1.500.000
Pintura		\$900.000
Cubierta		\$1.000.000
Lámpara		\$100.000
Señales		\$50.000
Alarma contra incendios		\$120.000
Balanza		\$ 134.000
Kit de derrame		\$197.100
Elementos de protección personal		\$61.300
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 4.062.400</b>
<b>Área de ejecución</b>		<b>Responsable</b>
Ganadera y agrícola		Operario encargado de la bodega de almacenamiento

### Programa de PMA 3

<i>Programa de aprovechamiento de residuos de cosecha</i>			<i>Ficha No. 3</i>
<b>Objetivo:</b> Producir abono orgánico a partir de los residuos de cosecha.			
<p><b>Descripción y justificación:</b> Los restos vegetales provenientes de las cosechas son materiales adecuados para la producción de abonos orgánicos como el compost, permitiendo reducir el costo y la contaminación de fertilizantes para uso agrícola (Román, Martínez &amp; Pantoja, 2013). Estos aportan nutrientes orgánicos que no presentan químicos que puedan alterar las condiciones fisicoquímicas del suelo. Adicionalmente, facilita el aprovechamiento de los residuos sobrantes de las cosechas con el objeto de evitar su acumulación y su quema.</p> <p>Existen diferentes tipos de sistemas de compostaje: sistemas cerrados o abiertos en cajas, en composteras y en pilas (Román, Martínez &amp; Pantoja, 2013). Este último resulta ser el más adecuado ya que existe una cantidad abundante de residuos orgánicos para llevar a cabo este tipo de sistema de compostaje.</p>			
<i>Impacto a manejar</i>	<i>Medidas de Manejo</i>	<i>Actividad que lo produce</i>	<i>Componente afectado</i>
Contaminación del suelo y del aire	Prevención	Agrícola	Suelo y aire
<i>Acciones a desarrollar</i>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Selección del área y nivelación: En esta etapa se deben tener en cuenta las condiciones climáticas, la distancia y el área que cubrirá la pila según la cantidad de residuos que se generen.</li> <li>2. Picado del material y amontonamiento: En esta siguiente etapa se debe picar manualmente el material orgánico para el amontonamiento en la pila.</li> <li>3. Realización de capas: Se debe agregar una capa de material vegetativo seco, una capa de estiércol, una capa de residuos de cosecha, una capa de residuos orgánicos y una capa de tierra. Es necesario agregar agua por cada capa para adicionarle la humedad necesaria.</li> <li>4. Volteo: Se debe hacer un volteo semanal durante las 4 primeras semanas y posteriormente este volteo se debe realizar quincenal.</li> <li>5. Tapar con un plástico la pila.</li> <li>6. Aproximadamente el compost se puede usar después de 4 meses y para ello se debe tamizar lo que se recolecte por pilas.</li> <li>7. Finalmente se almacena el compost en sacos de lona.</li> </ol>			

*Dimensiones de una pila de compostaje para pequeños agricultores*



Fuente: Román, Martínez & Pantoja, 2013.

<i>Metas</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Indicadores</i>
Descomponer el 90% de los residuos sólidos orgánicos de cosecha.	4 meses	$\left( \frac{\text{Compost producido (Kg)}}{\text{Total de residuos de cosecha (Kg)}} \right) * 100$ <p>= % de compost</p>
<i>Costo estimado (COP)</i>		
Tamiz		\$78.900
Sacos de lona		\$2.000
Pala de jardines		\$26.000
Plástico		\$10.000
<b>TOTAL</b>		\$116.900
<i>Área de ejecución</i>	<i>Responsable</i>	
Agrícola	Operarios	

## Programa de PMA 4

<b><i>Programa de aprovechamiento de estiércol bovino</i></b>		<b><i>Ficha No. 4</i></b>	
<b>Objetivo:</b> Implementar un biodigestor para la producción de biogás y bioabono.			
<b>Descripción y justificación:</b> Teniendo en cuenta que el estiércol no tiene ningún tipo de manejo, se pretende darle un aprovechamiento energético mediante el uso de un biodigestor, el cual se constituye como un sistema de producción de energía limpia a partir de la descomposición de los residuos orgánicos en un medio anaerobio. Entre los beneficios de este sistema se destaca el ahorro económico en materia energética. Al producir biogás, no resulta necesario pagar por un servicio ni tampoco en la compra de tanques de gas, especialmente en las zonas donde exista una deficiencia de cobertura en la prestación de servicio de gas natural. De esta manera, el adecuado aprovechamiento de la biomasa residual de la actividad productiva ganadera abre paso a un modelo económico circular que reincorpora un residuo a un proceso de producción.			
<b><i>Impacto a manejar</i></b>	<b><i>Medidas de Manejo</i></b>	<b><i>Actividad que lo produce</i></b>	<b><i>Componente afectado</i></b>
Contaminación del suelo	Mitigación	Ganadería	Suelo
<b><i>Acciones a desarrollar</i></b>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Establecer las medidas de diseño del biodigestor a partir de la producción diaria estimada del estiércol (media= 141 kg/día).</li> <li>2. Dimensionar el tamaño de la zanja (largo= 9 m y ancho=2.2 m).</li> <li>3. Realizar un semi-excavado formando taludes en los laterales para mayor resistencia de la zanja.</li> <li>4. Colocar un hilo a la mitad de la zanja como referencia para medir la profundidad.</li> <li>5. Confirmar que las esquinas de la zanja se encuentren libres de tierra.</li> <li>6. Realizar cortes en los extremos de la zanja para instaurar tubos PVC.</li> <li>7. Elaborar un trazado en el perímetro de la zanja para asegurar las orillas del geotextil una vez instalado dentro de la zanja.</li> <li>8. Revisar y retirar rocas u objetos filosos.</li> <li>9. Instalar el geotextil sobre la zanja, el cual debe cubrirla en su totalidad asegurando que esté bien tensionado.</li> <li>10. Colocar la bolsa hermética centrada en la zanja, dejando los dos extremos al mismo nivel.</li> <li>11. Adicionar agua para su llenado (preferiblemente que esté libre de jabón, químicos y cloro).</li> <li>12. Unir los tubos PVC de entrada y salida para lograr un sellado hidráulico.</li> <li>13. Para el primer llenado, se debe agregar el estiércol producido del día con agua (relación 1:1).</li> <li>14. Conectar una manguera y una válvula de control para direccionar la salida del biogás.</li> <li>15. Desarrollar un mapa con el recorrido de la línea del biogás.</li> <li>16. Instalar un filtro para disminuir el exceso de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) del biogás.</li> <li>17. Implementar un techo y un cercado para prolongar la vida del biodigestor y restringir el acceso a personal no autorizado.</li> </ol>			

<i>Metas</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Indicadores</i>
Aprovechar el 90% del estiércol producido de la actividad productiva ganadera.	Semanal	$\left( \frac{\text{Cantidad de estiércol aprovechado (Kg)}}{\text{Cantidad de estiércol producido (Kg)}} \right) * 100$ = % de estiércol aprovechado
Producir 70 m <sup>3</sup> /mes de biogás para satisfacer necesidades de cocción en la finca.	Mensual	Volumen de biogás producido (m <sup>3</sup> ) por día
Vender el 60% del bioabono producido por el biodigestor.	Mensual	$\left( \frac{\text{Cantidad de bioabono producido (Kg)}}{\text{Cantidad de bioabono vendido (Kg)}} \right) * 100$ = % de bioabono vendido
<i>Costo estimado (COP)</i>		
Rollo de plástico polietileno con filtro UV		\$680.000
Tubos PVC (unidad)		\$7.225
Unión para PVC (unidad)		\$4.350
Acople de manguera de gas con regulador de 2 metros		\$ 15.800
Geotextil (unidad)		\$ 9.900
Pala de jardines		\$26.000
Filtro de biogás		\$ 317.990
Cubierta		\$18.500
Válvula		\$81.900
Balde		\$23.500
<b>TOTAL</b>		\$1.185.165
<i>Área de ejecución</i>	<i>Responsable</i>	
Doméstico y ganadero	Operarios	

## Programa de PMA 5

<i>Programa de establecimiento de un sistema silvopastoril</i>	<i>Ficha No. 5</i>
--	--------------------

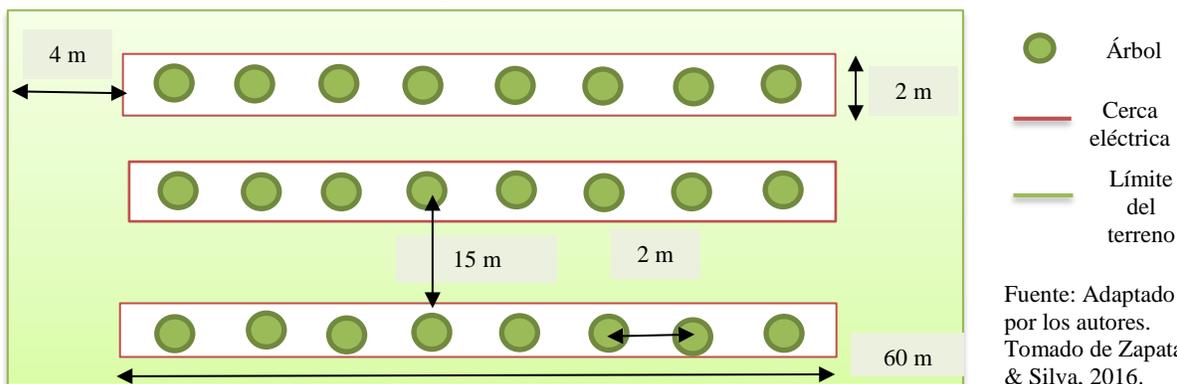
**Objetivo:** Establecer un sistema silvopastoril que recree el ecosistema selvático y propenda por la conservación de los recursos naturales.

**Descripción y justificación:** El modelo tradicional de la ganadería ha olvidado su responsabilidad en materia ambiental de sus actividades. Los árboles son vistos como una amenaza para el desarrollo y crecimiento de los pastos, pues está enfocado en la producción de leche y carne para satisfacer las necesidades de la población humana que crece de manera potencial. La ganadería ha desarrollado procesos de transformación del paisaje, acelerando la erosión y degradación de los suelos, así como a la creación de un ambiente desfavorable para la biodiversidad. Por tanto, resulta necesario una reconversión ganadera que no sólo contribuirá con la conservación de los recursos naturales sino también permitirá un retorno económico a largo plazo (Zapata & Silva, 2016). Los sistemas silvopastoriles permiten maximizar la producción de los pastos puesto que una alta presencia de árboles contribuye con el control biológico, disminuyendo los costos para el control de plagas sobre los suelos y en los cultivos y, además, ayuda a la conservación de la biodiversidad.

<i>Impacto a manejar</i>	<i>Medidas de Manejo</i>	<i>Actividad que lo produce</i>	<i>Componente afectado</i>
Transformación del paisaje y cambio en la vocación del suelo	Mitigación	Ganadería	Paisaje y suelo

### Acciones a desarrollar

1. Eliminar las quemas dado que ponen en riesgo la fertilidad, materia orgánica y microorganismos presentes en el suelo.
2. Realizar controles selectivos de las malezas, asegurando la eliminación de aquellas plantas realmente indeseables.
3. Construir encierros individuales de los árboles que se consideren de valor especial para su protección.
4. Establecer franjas para el posicionamiento de múltiples árboles, de 60 metros de longitud y 2 metros de ancho, delimitadas por una cerca eléctrica.
5. Ubicar los árboles con una separación de 2 metros entre ellos.



<i>Metas</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Indicadores</i>
Entresaca máxima de 20% de los árboles plantados en la finca.	4 años	$\left( \frac{\text{Número de árboles desarrollados}}{\text{Número de árboles plantados}} \right) * 100$ <p>= % de árboles de calidad</p>
<b>Costo estimado (COP)</b>		
Semillas de árbol samán		\$207.520
Semillas de árbol tachuelo		\$220.300
Cerca eléctrica		\$140.500
Pala de jardines		\$26.000
<b>TOTAL</b>		\$594.320
<b>Área de ejecución</b>		<b>Responsable</b>
Ganadero		Operarios

### 13. Análisis y discusión de resultados

El análisis de los resultados se presenta por cada objetivo específico, discutiendo de manera integral las diferentes etapas definidas en la metodología, los resultados obtenidos y los métodos empleados para la formulación del Plan de Manejo Ambiental.

#### 13.1. *Objetivo específico 1*

El desarrollo del diagnóstico ambiental tuvo como complemento fundamental las visitas de campo, las cuales proporcionaron información de las características particulares de la Finca El Franco. El diagnóstico se realizó bajo la orientación de la Guía Técnica Colombiana GTC 93, empleando algunas etapas que establece la guía en virtud de conocer el estado actual de la finca.

Por medio de la Revisión Ambiental Inicial se identificó la operación del sistema, identificando las entradas, los procesos y las salidas de cada una de las actividades económicas, así como de la actividad doméstica. Según Pérez & Múnera (2007) es necesario describir los procesos mediante elementos para desarrollar estrategias de gestión y procedimientos para la mejora continua. Esto permitió identificar los insumos necesarios para cada proceso, entender de manera integral cómo opera el sistema y conocer los aspectos ambientales que se generan.

La RAI se elaboró mediante la descripción de la ubicación geográfica, la identificación de los aspectos e impactos ambientales, la determinación de los requisitos legales y la identificación de prácticas y procedimientos de manejo ambiental existentes. Adicionalmente, se desarrolló la caracterización de la composición física de los residuos sólidos que se producen en la finca con el propósito de conocer la cantidad que se genera por tipo de residuo sólido y así establecer acciones concretas en los programas de gestión ambiental (tercer objetivo específico).

La toma de datos se realizó usando la lista de verificación elaborada de acuerdo a lo que establece la GTC 93, en virtud de identificar las operaciones de la finca y su relación con el entorno natural. Teniendo en cuenta que la organización es pequeña, esta lista fue diseñada con preguntas puntuales dirigidas a los propietarios de la finca, dado que conocen mejor sus operaciones en comparación a los operarios. A partir de las preguntas realizadas y lo conversado, se puede afirmar que no cuentan con ningún conocimiento en materia ambiental y, por tanto, no existe un manejo adecuado de los residuos sólidos. Esto puede ser resultado de la falta de actividades educativas por parte de las autoridades ambientales para promover la educación ambiental conforme a las necesidades de la sociedad actual.

De acuerdo al diagnóstico ambiental, es posible afirmar que la cobertura de la prestación de servicios de aseo del municipio es deficiente puesto que sólo se contemplan las vías principales para hacer la recolección de los residuos sólidos. Por tanto, la finca El Franco realiza mecanismos no autorizados para la disposición de los residuos que produce, arrojándolos en el botadero a cielo abierto que existe dentro de la finca y realizando quemas sin ningún tipo de control.

Los retos para una óptima gestión de los residuos sólidos en las zonas rurales se hacen evidentes, no sólo porque existen poblaciones en zonas dispersas sino también por la falta de recursos financieros para tener una cobertura del 100%. Así como lo señalan Álvarez & Valenzuela (2016) “uno de los mayores obstáculos que se han presentado en las regiones para garantizar la recolección de residuos sólidos es la

situación financiera de los operadores”, demostrando la realidad que viven las personas en las zonas rurales frente al manejo de los residuos.

La determinación de la composición física y la cuantificación de los residuos sólidos se conciben como una herramienta clave para realizar una gestión adecuada. Al conocer los tipos de residuos sólidos que se producen, se abre paso a la toma de decisiones en materia de almacenamiento, aprovechamiento, transporte, tratamiento y/o disposición final. En este sentido, la metodología propuesta por la docente de la Universidad El Bosque Edith Alayón (2018) para la caracterización de los residuos sólidos de la finca fue de gran utilidad para establecer la composición y la cantidad de manera exacta sin alteraciones.

De esta manera, fue posible determinar que los residuos sólidos que se producen en mayores cantidades en la finca son los de cosecha con un 71%, los de vidrio con un 12% y los peligrosos con un 10%. No obstante, es preciso aclarar que los residuos orgánicos de los cultivos sólo se producen en tiempos de cosecha, por lo que la producción de este tipo de residuos no será la misma en todas las épocas del año.

Por otro lado, se evidenció que el estiércol producido por los 11 bovinos no tiene ningún tipo de manejo, pues este es acumulado en los pastizales donde el ganado permanece, abriendo la posibilidad de impactos negativos sobre el componente ambiental. Así como lo señala Pinos et al. (2012) los impactos ambientales producidos por las excretas del ganado como la emisión de gases de efecto invernadero, el exceso de nutrientes en los suelos y la eutrofización en cuerpos de agua dependen de la especie y de la alimentación que se les suministra a los animales. Sin embargo, al presentarse una acumulación de las excretas de ganado en suelo directo, puede darse una contaminación del suelo y de agua subterránea por alta carga de nutrientes mediante procesos de infiltración y lixiviación.

### 13.2. *Objetivo específico 2*

A partir de la caracterización de los procesos por tipo de actividad productiva, fue posible identificar los aspectos, los efectos y los impactos ambientales mediante la elaboración del diagrama de redes. Para su desarrollo fue importante tener en cuenta las definiciones de efecto e impacto planteadas en el manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades por Arboleda (2008). El diagrama permitió identificar de manera detallada los aspectos e impactos ambientales que se generan de cada proceso dentro de la actividad agrícola, ganadera y doméstica de la finca; entendiendo que la metodología de EPM establece que, en primer lugar, se debe desagregar el proyecto en componentes, posteriormente se lleva a cabo la identificación de los aspectos y/o impactos empleando el diagrama de redes y finalmente se realiza la evaluación según los criterios de clasificación.

Es preciso señalar que el criterio de magnitud se evaluó mediante un análisis retrospectivo basado en mapas (ver anexos) y testimonios de los propietarios de la finca para establecer un porcentaje ambiental de la manera más objetiva posible. Adicionalmente se usaron las constantes de ponderación propuestas por Arboleda ( $a=7.0$  y  $b=3.0$ ) con la finalidad de establecer si existe una correlación entre los aspectos e impactos ambientales al momento de usar estas ponderaciones, debido a que la evaluación ambiental se realizó con diferentes metodologías para aspectos e impactos.

En la actividad productiva agrícola se identificaron en total 14 aspectos ambientales según su etapa de producción, donde se destacan aspectos como la aspersión de sustancias peligrosas junto con sus residuos peligrosos, la generación de residuos sólidos orgánicos y la emisión de dioxinas. Regularmente el sector

agrícola requiere de la adición de herbicidas y plaguicidas para la protección del cultivo contra plagas y el combate contra las malas hierbas que puedan afectar el crecimiento del cultivo. A pesar de que se cuenta con planes de devolución posconsumo por parte de las empresas que venden las sustancias químicas, se presenta una acumulación a cielo abierto de envases de sustancias peligrosas, por lo que los trabajadores se encuentran sometidos a riesgos asociados al contacto con la piel y a la inhalación de sustancias peligrosas (FAO, 1997). Adicionalmente, estas sustancias peligrosas pueden retenerse y acumularse en el suelo ya que pueden permanecer en el suelo por periodos de 5 a 30 años (Rodríguez, Tamayo & Estrada, 2014).

De acuerdo con Hoornweg & Bhada-Tata (2012), citado por Chávez & Rodríguez (2016), cerca del 46% de residuos sólidos orgánicos a nivel mundial, son provenientes de actividades domésticas, agrícolas y forestales; por lo que es común que se realicen quemas a cielo abierto en el sector agrícola, entendiéndose que es una de las formas más fáciles y económicas de disminuir el volumen de los residuos de cosecha (CCA, 2014). Sin embargo, la quema de biomasa como madera, pastos y residuos agrícolas, son responsables de la generación de CO<sub>2</sub> en un 40%, del CO en un 32%, del material particulado en un 20% y de los hidrocarburos aromáticos policíclicos en un 50% a escala mundial (CCA, 2014).

Investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia (2018) confirmaron que las quemas afectan la fertilidad del terreno ya que reduce el porcentaje de carbono orgánico presente en el suelo. Asimismo, la quema de biomasa resultante de las actividades agrícolas se considera como fuente principal de dioxinas dado que la presencia de plaguicidas o herbicidas en los restos de las cosechas influyen en la emisión de componentes tóxicos, consideradas como un riesgo para la salud y al entorno ambiental ya que son persistentes y acumulables (CCA, 2014).

En la actividad productiva ganadera se destacan la generación de residuos peligrosos y de estiércol, la adecuación del terreno y el uso del suelo como los de mayor importancia en términos de aspecto ambiental. Si bien es cierto, la ganadería es uno de los sectores que representa mayor amenaza al ambiente por la emisión de gases de efecto invernadero y por la degradación del suelo, los cuales repercuten en impactos de contaminación del aire y del suelo. De acuerdo con Grossi et al. (2019) el metano que se produce de la fermentación entérica y el estiércol tiene un potencial 28 veces mayor que el CO<sub>2</sub> en el calentamiento global; y el N<sub>2</sub>O generado del estiércol posee un potencial 265 veces mayor que el CO<sub>2</sub> (gas que se utiliza como unidad estándar del potencial de calentamiento global). Adicionalmente, el cambio de uso del suelo contribuye con la emisión de CO<sub>2</sub> por la dinámica del carbono del suelo; y el uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos para la producción de pasto y del forraje genera emisiones de N<sub>2</sub>O (Grossi et al., 2019).

Uno de los mayores riesgos que presentan los bovinos de la finca por el empleo de plaguicidas y herbicidas, radica en que puede darse una bioacumulación de estas sustancias tóxicas puesto que, al realizar la aspersión, estos se infiltran en el suelo y pasan a los pastizales destinados para la alimentación del ganado, aumentando la concentración de dichas sustancias en la leche y la carne (Rodríguez, Tamayo & Estrada, 2014).

Por otro lado, la generación de los residuos peligrosos está asociado a los cuidados básicos del ganado, dado que se requiere del suministro de vacunas y medicamentos para prevenir y/o tratar enfermedades potenciales que pueden afectar su salud. Al no contar con un almacenamiento temporal y adecuado de este tipo de residuos, se abre paso a riesgos de afectación a la salud humana y a la contaminación del suelo por la disposición en suelo directo.

Con relación a la actividad doméstica, se identificaron en total 5 aspectos, en donde se destacan la generación de residuos sólidos y la emisión de gases de efecto invernadero. Dado que la finca no cuenta con sistemas de recolección de residuos sólidos, se recurre a una disposición a cielo abierto, los cuales se acumulan y posteriormente se incineran, en donde los gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) se producen por las emisiones procedentes de las incineraciones de estos residuos (Greenpeace, 2009).

A partir de la calificación ambiental de los aspectos ambientales se evidenció una mayor importancia y significancia en materia de generación de residuos sólidos, debido a que los procesos productivos de la finca como el cultivo y la ganadería generan una gran cantidad de residuos tanto orgánicos, de estiércol y peligrosos. Teniendo en cuenta que se produce una alta cantidad de estos residuos, se presenta una importancia en la emisión de dioxinas ya que estos dos aspectos se encuentran relacionados, pues al presentarse una acumulación se procede a la quema de estos. Adicionalmente, se evidenció una alta importancia en el uso del suelo, pues este debe adecuarse para el desarrollo de la actividad ganadera.

Para conocer la importancia de los impactos ambientales generados, se realizó la matriz de Vicente Conesa, la cual señala según su clasificación, la importancia del efecto de una actividad productiva sobre un factor ambiental (Soto, Suárez & Arrieta, 2018). En la ponderación final de la clasificación se consideró que los impactos significativos correspondían a los críticos y severos, dentro de los cuales se encontraron como impactos severos en la actividad productiva agrícola: la contaminación del suelo, la afectación a la salud humana y la pérdida de fertilidad del suelo junto con la presencia de un impacto crítico como la contaminación del aire. En la actividad productiva ganadera se encontraron como impactos severos: la contaminación del suelo, el cambio en la vocación del suelo y la transformación del paisaje. Y, por último, en el área doméstica se encontró como impacto severo la contaminación del suelo y como crítico la contaminación del aire. Finalmente, al comparar los impactos críticos y severos frente a los aspectos de mayor importancia se confirmó una correlación entre estos ya que los impactos críticos y severos proceden de los aspectos significativos.

### 13.3. *Objetivo específico 3*

La situación actual de la finca y la evaluación de impacto ambiental demostraron que se deben priorizar los impactos de mayor importancia para minimizar los efectos adversos que estos tienen sobre el entorno. Dentro de los sistemas de gestión ambiental, los programas ambientales se constituyen como una herramienta que va encaminada al logro de la sostenibilidad, entendiéndolo como el equilibrio entre lo económico, lo ecológico y lo social.

Los programas enfocados al manejo de los residuos sólidos, orgánicos y peligrosos presentaron similitud ya que los impactos se encontraban principalmente relacionados con la acumulación de estos y su incineración en el área doméstica y la actividad agrícola. Es importante tener en cuenta que para desarrollar un manejo adecuado de los residuos es imprescindible efectuar una separación en la fuente dado que optimiza el aprovechamiento de los residuos sólidos, otorgándoles una valorización y disminuyendo la presión que se produce en el ambiente por su disposición final y eliminación. En este sentido, desarrollar estrategias de capacitación y sensibilización contribuirá con la minimización de la contaminación, pues se debe asegurar que los esfuerzos sean colectivos y de forma constante.

Para el programa de aprovechamiento de estiércol se propuso la implementación de un biodigestor, en el cual se tuvieron en cuenta los datos obtenidos de la cuantificación del estiércol (Tabla 16), por lo que se determinó que la media de generación es de 141 Kg/día. Es preciso señalar que el estiércol debe estar diluido en agua al momento de incorporarlo en el biodigestor, teniendo en cuenta la relación 1:1 que establece la FAO (2011) para estiércol de bovino, permitiendo calcular el volumen de la mezcla agua-estiércol, el cual fue de 282 L/día. Una vez determinado el volumen de estiércol diluido, se recurre a las tablas de dimensionamiento propuestas por el Sistema Biobolsa (2016), que define las dimensiones del biodigestor según el clima de la zona y la cantidad de estiércol producido al día. Dado que el municipio de Garagoa presenta un clima de 19 °C se recurre a la tabla de clima templado y a partir del volumen de mezcla agua-estiércol se identifica el tipo de modelo de Biobolsa pertinente, proponiendo un sistema de 9 m de largo por 2.2 m de ancho.

De acuerdo con la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (2008) una persona consume alrededor de 0.23 m<sup>3</sup> gas/día. Teniendo en cuenta dicha proporción, se necesitan 1.15 m<sup>3</sup> gas/día para satisfacer las necesidades de cocción de 5 personas en la finca. Por otro lado, Vera et al. (2014) señala la cantidad de biogás que puede producir un bovino según su tamaño, es decir, si el bovino es grande producirá 0.6 de biogás m<sup>3</sup>/ animal día y si es ternero producirá 0.16 de biogás m<sup>3</sup>/ animal día. De esta manera, los 9 bovinos grandes y los 2 terneros que posee la finca generarían 5.6 de biogás m<sup>3</sup>/día. Por ende, el programa de aprovechamiento de estiércol es viable ya que satisface la cantidad de biogás necesaria para sus actividades de cocción y genera posibles ingresos con la venta del bioabono que se genera en el proceso.

El programa de establecimiento del sistema silvopastoril busca una transformación del modelo ganadero, constituyéndose como uno de los principales retos en materia de gestión ambiental, dado que los campesinos tienen un enfoque basado en la producción de pastos, considerando a los árboles como una amenaza para su desarrollo. El conflicto de uso del suelo y la transformación del paisaje tienen su origen en que la ganadería se ha establecido en ecosistemas selváticos y en suelos que tienen como vocación sistemas de producción agrícola. El desarrollo de un sistema silvopastoril debe ser estratégico, considerando factores como el clima, el uso del suelo, el tiempo y la mano de obra requerida. Por ende, el programa está basado en la regeneración natural, en el que los árboles crecen gracias a que se encuentran protegidos por una barrera, por lo que no pueden ser consumidos por el ganado.

De esta manera, la presencia de árboles aledaños a la finca favorece la regeneración natural dado que la fauna silvestre contribuye con la dispersión de semillas en el terreno. Además, como mencionan Zapata & Silva (2016), es imprescindible impedir el sobrepastoreo puesto que contribuye con la degradación y erosión del suelo al quedar descubierto, lo cual puede conllevar al consumo de árboles o arbustos por parte del ganado que en condiciones normales no consumirían.

## 14. Conclusiones

Teniendo en cuenta el objetivo general establecido, se puede afirmar que se cumplió la finalidad del proyecto, entendiendo la forma en que la finca opera y sus impactos sobre el componente ambiental. De esta manera, los programas servirán como punto de partida para mejorar el desempeño ambiental y para estandarizar los procesos de producción.

### 14.1. *Objetivo específico 1*

- ✓ El empleo de la Guía Técnica Colombiana 93 (GTC 93) como instrumento orientador para la realización del diagnóstico ambiental fue acertado, dado que esta guía puede ser aplicada a cualquier tipo de organización, sin limitaciones en el tamaño ni tampoco en la ubicación geográfica. Además, responde al interés de la finca en implementar un sistema de gestión ambiental a futuro para lograr el cumplimiento de los requisitos legales ambientales, optimizar procesos y propender por la conservación de los recursos naturales.
- ✓ Al no comprender el funcionamiento natural del ecosistema y desconocer la normatividad ambiental, no permite que los procesos de la finca se desarrollen bajo modelos de gestión ambiental. De esta manera, resulta importante establecer mecanismos de comunicación que informen a los campesinos sobre la responsabilidad ambiental que poseen como organización.
- ✓ La deficiencia en el manejo integral de los residuos sólidos en el municipio de Garagoa hace evidente la falta de fortalecimiento y articulación de las políticas ambientales. Al no haber una cobertura del servicio de aseo y recolección que supere al menos el 50% en las zonas rurales, se abre paso a la utilización de mecanismos no aptos de eliminación y disposición final de los residuos sólidos por parte de los campesinos, poniendo en riesgo la salud y el deterioro de los recursos naturales.

### 14.2. *Objetivo específico 2*

- ✓ Al utilizar los valores de ponderación propuestos en la metodología EPM, no se evidenciaron inconsistencias en la evaluación de los aspectos debido a que hubo coherencia al momento de relacionarlos con los impactos. Por tanto, a pesar de que la metodología está enfocada principalmente a proyectos hidroeléctricos, puede ser aplicable a otro tipo de proyectos sin modificar sus conceptos y procedimientos.
- ✓ Los resultados obtenidos en las matrices de evaluación pueden tener cierto grado de subjetividad, entendiendo que la calificación ambiental se realiza bajo la interpretación del evaluador. No obstante, se procuró minimizar dicha subjetividad basándose en los resultados del diagnóstico ambiental y en el análisis de mapas que permitieran establecer una calificación de la manera más objetiva posible
- ✓ La utilización de las dos metodologías para la evaluación de aspectos e impactos ambientales permitió hacer mayor énfasis sobre el impacto que en el aspecto, dado que en la gestión ambiental se establecen las acciones a realizar basadas en el impacto ambiental.

### 14.3. *Objetivo específico 3*

- ✓ Los impactos ambientales negativos se priorizaron bajo el análisis y la formulación de los 5 programas de manejo ambiental que requiere la finca para mejorar su desempeño ambiental. La implementación de las actividades establecidas en cada uno de los programas contribuirá con la generación de empleo, con la optimización de los procesos productivos y con el cumplimiento de la normatividad ambiental.
- ✓ Los programas formulados permiten la disminución de la contaminación que se genera de los distintos procesos productivos, dado que muchos de los impactos ambientales adversos identificados comparten la misma fuente de generación.
- ✓ El Plan de Manejo Ambiental se constituye como una herramienta sólida que servirá como base para implementar un Sistema de Gestión Ambiental a futuro si los propietarios de la finca lo desean.

## 15. Recomendaciones

- ✓ Se deben realizar campañas que promuevan la importancia de la separación en la fuente y el aprovechamiento de los residuos sólidos ya que la finca se encuentra alrededor de otras propiedades que posiblemente presenten la misma situación en materia de manejo de residuos.
- ✓ Hacer un seguimiento en la finca para verificar las mejoras ambientales que se generaron por la implementación de los programas de manejo de prevención y mitigación propuestos.
- ✓ Es importante que los propietarios establezcan esfuerzos constantes y de manera colectiva para mejorar el desempeño ambiental y los procesos de producción.
- ✓ Se recomienda instalar un reservorio para la producción de biogás puesto que se puede exceder la capacidad de almacenamiento del biodigestor. Además, se recomienda ampliar el aprovechamiento del biogás en otras actividades como la generación de energía térmica para calentadores de agua o para energía mecánica con un motor de combustión interna.
- ✓ Es importante que no se abandone el esfuerzo y compromiso en el establecimiento del sistema silvopastoril debido a que el logro de la regeneración natural se hace evidente en un lapso comprendido entre 3 y 5 años.

## 16. Referencias bibliográficas

- Alayón, E. (2018). Metodología de caracterización de residuos sólidos. Clase magistral de residuos sólidos 2018 – 2. Universidad El Bosque.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2013). Guía metodológica para la evaluación de impactos ambientales. Secretaría distrital de integración social. Recuperado de [http://intranetsdis.integracionsocial.gov.co/anexos/documentos/3.4\\_proc\\_adminis\\_gestion\\_bien\\_es\\_servicios/\(08052013\)guia\\_final.pdf](http://intranetsdis.integracionsocial.gov.co/anexos/documentos/3.4_proc_adminis_gestion_bien_es_servicios/(08052013)guia_final.pdf)
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2014). Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura. Recuperado de [http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP\\_SR.pdf](http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf)
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2019). Fijación de honorarios 2019. Recuperado de <https://secretariageneral.gov.co/transparencia/94olombia949494n/informaci%C3%B3n-contractual/tabla-honorarios-2019>
- Alcaldía Municipal de Garagoa en Boyacá. (2019). Nuestro municipio. Recuperado de <http://www.garagoa-boyaca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
- Alfonso, D. & Soto, L. (2017). Propuesta de plan de mejora para el proceso de Soporte al Cliente del área Comercial de Kantar IBOPE Media Colombia S.A.S., con base en los lineamientos del numeral 9.1 de la NTC-ISO 9001-2015. Bogotá: Universidad Libre. Pp 8.
- Álvarez, V. & Valenzuela, S. (2016). Cobertura en servicio de basuras es mínima en zonas rurales. Recuperado de <https://www.elcolombiano.com/especiales/que-hacer-con-la-basura/cobertura-en-servicio-de-basuras-es-minima-en-zonas-rurales-CD3410958>
- Armijo de Vega, C., Benítez, S., & Barreto, M. (2008). Solid waste characterization and recycling potential for a university campus. *Waste management*, 28, Pp 21- 26.
- Arboleda, J. (2008). Manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. Capítulo 4. Medellín, Colombia. Recuperado de: [https://www.academia.edu/34461272/Manual\\_EIA\\_Jorge\\_Arboleda\\_1\\_](https://www.academia.edu/34461272/Manual_EIA_Jorge_Arboleda_1_)
- Ayuntamiento Mairena del Alcor. (s.f.). Diagnóstico Ambiental – Capítulo I. Recuperado de: <http://www.lineaverdemairenadelalcor.com/94olombia949494n94/agenda21/DIAGNOSTICOAMBIENTAL.pdf>
- Benavides, C. & Josa, D. (2015). Plan de Manejo Ambiental de Residuos Sólidos Orgánicos en las Veredas Anganoy y San Juan de Anganoy Corregimiento de Mapachico Municipio de Pasto. Tesis de grado. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, Colombia.
- Bonilla, N. (2018). Las 3 R' s de la Gestión Integral de Residuos. CEGESTI – Gestión Municipal, No. 20: Pp 1- 4.
- Calderón, D. (2017). Plan de manejo ambiental disposición para final residuos sólidos domiciliarios área rural (comunidad corregimiento El centro vereda El progreso) del municipio de Barrancabermeja Santander. Tesis de grado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia Escuela De Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente, Barrancabermeja, Colombia.
- CAR. (2018). Glosario de términos ambientales. Recuperado de <https://www.car.gov.co/vercontenido/2215>
- CAR. (2006). Plan de ordenación y manejo ambiental de la cuenca del río Garagoa – Subcuenca río Mchetá. Instituto de estudios ambientales. Recuperado de <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac674d6e8eed.pdf>
- Castañeda, S & Rodríguez, J. (2017). Modelo de aprovechamiento sustentable de residuos sólidos orgánicos en Cundinamarca, Colombia. *Revista Univ. Salud.* 2017; 19(1):116-125.

- Castrillón, C. (2018). Guía práctica de manejo y transformación de residuos sólidos caseros, en la comunidad del barrio bella flor – Localidad Ciudad Bolívar Bogotá. Tesis de grado. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- CCA. (2014). La quema de residuos agrícolas: fuente de dioxinas, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá, Pp 6.
- Celis, J. (2017). Especialización en planeación ambiental y manejo integral de los recursos naturales. Trabajo de investigación. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Chávez, A. & Rodríguez, A. (2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Revista Academia & Virtualidad* 9(2): 91-93.
- CorAntioquia. (2016). Metodologías para la identificación y evaluación de impactos ambientales. Recuperado de [http://www.corantioquia.gov.co/sitios/ExtranetCorantioquia/ciadoc/AUTORIDAD%20AMBIENTAL/AIRNR\\_SDC\\_00042\\_201X.pdf](http://www.corantioquia.gov.co/sitios/ExtranetCorantioquia/ciadoc/AUTORIDAD%20AMBIENTAL/AIRNR_SDC_00042_201X.pdf)
- Coria I. (2008). El estudio de impacto ambiental: características y metodologías. *Invenio*. 20. Pp 125 - 135.
- Corpochivor. (2019). Objetivos. Funciones Específicas. Gobierno de Colombia. Recuperado de <http://www.corpochivor.gov.co/>
- Conesa, V. (2011). Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Correa, J. (2010). El método DOFA, un método muy utilizado para diagnóstico de vulnerabilidad y planeación estratégica. Recuperado de <http://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/portal/sites/default/files/8.%20M%C3%A9todo%20DOFA%20para%20diagn%C3%B3stico.pdf>
- Congreso de la Unión. (2014). Reglamento de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LGEEPA\\_MEIA\\_311014.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MEIA_311014.pdf)
- CONPES 3874. (2016). Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos. Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>
- Decreto 1713 de 2002. (2002). Ministerio de Desarrollo Económico. República de Colombia.
- Decreto 1220 de 2005. (2005). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia.
- Decreto 2041 de 2014. (2014). Reglamentación de la ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. República de Colombia.
- Díaz, E. (2002). Guía de lombricultura. Argentina: Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior (ADEX). Pp 5.
- Díaz, E. & Barón, M. (2014). Empresas públicas de Garagoa S.A. E.S.P. Recuperado de <http://www.brc.com.co/archivos/1%20cal-p-for-10%20r1101IV13CPESPGaragoaCI2014.pdf>
- Edwards, S. & Araya, H. (1996). How to make and use compost. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Pp 389.
- Fetterman, D. (1989). *Ethnography step by step*. Beverly Hills. California: Sage.
- FAO. (1997). Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. (Estudio FAO Riego y Drenaje – 55). Capítulo 4. Los plaguicidas, en cuanto contaminantes del agua. Canadá: GEMS/Water Collaborating Centre Canada Centre for Inland Waters.
- Forero, S. (2018). La deuda histórica con la Bogotá rural: el manejo de las basuras. *EL ESPECTADOR*. Recuperado de <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/la-deuda-historica-con-la-bogota-rural-el-manejo-de-las-basuras-articulo-819056>
- Flores, C. (2010). La lombricultura en la producción agrícola utilizando la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Tesis de grado. México: Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

- García G. (2017). Boyacá se raja en el aprovechamiento de sus basuras. Recuperado de <http://entreojos.co/ambiente/conflictos/boyaca-se-raja-en-el-aprovechamiento-de-sus-basuras>
- Greenpeace. (2009). Incineración de residuos: Malos humos para el clima. España. Pp 4-6. Recuperado de <https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/costas/091124-02.pdf>
- Gouveia, N. (2012). Residuos sólidos urbanos: impactos socioambientales y perspectiva de manejo sostenible con inclusión social. *Ciência & Saúde Coletiva*. 17 (6). Universidad de São Paulo.
- Gómez Orea, D., & Gómez Villarino, M. (2007). Consultoría e ingeniería ambiental: planes, programas, proyectos, estudios, instrumentos de control ambiental, dirección y ejecución ambiental de obra, gestión ambiental de actividades. Madrid, Barcelona, México: Mundi – Prensa.
- Giraldo, L. (2015). La importancia del Plan de Manejo Ambiental para la formulación de estrategias de aprovechamiento industrial y económico de los residuos de la cadena piscícola. Tesis de grado. Universidad Militar Nuevas Granada. Bogotá, Colombia.
- Google Earth. (2019). Ubicación geográfica de la finca El Franco.
- Gürel, E & Tat, M. (2017). SWOT analysis: a theoretical review. *The Journal of International Social Research*. Vol (10). Pp 995-998
- Grossi, G. et al. (2019). Livestock and climate change: 96olombia96 livestock on climate and mitigation strategies, *Animal Frontiers*. Volume 9, (1). Pages 69–76.
- Hernández, R. (2013). Metodología de la investigación. Sexta edición. México: Mc Graw Hill.
- Herguedas, A.; Taranco, C.; Rodríguez, E. & Prieto, P. (2012). Bloque I. Biomasa, biocombustibles y sostenibilidad. Madrid: Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario. ITAGRA.CT. Pág 9-11
- ICONTEC. (2009). Norma Técnica Colombiana GTC 24. Gestión Ambiental. Residuos sólidos. Bogotá D.C.
- ICONTEC. (2006). Norma Técnica Colombiana GTC 53-7. Guía para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos no peligrosos. Bogotá D.C.
- ICONTEC. (2007). Norma Técnica Colombiana GTC 93. Guía para la ejecución de la revisión ambiental inicial (RAI) y del análisis de diferencias (GAP ANALYSIS). Bogotá D.C.
- ISO 14001. (2015). Sistemas de gestión ambiental. Norma Técnica Colombiana. Pp 2 – 5
- León, J. (s.f.). Evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo. Recuperado de <http://gc.intelabs.com/recursos/files/r162r/w24105w/EvaluaciondelImpactoAmbientaldeproyectedesarrollo.pdf>. Pag 54-56
- Lochner, P. (2005). Guideline for Environmental Management Plans. CSIR Report No ENV-S-C 2005-053 H. Republic of South Africa, Provincial Government of the Western Cape, Department of Environmental Affairs & Development Planning, Cape Town.
- Lopez, N. (2009). Propuesta de un programa para el manejo de los residuos sólidos en la plaza de mercado de Cerete – Cordoba. Maestría. Universidad Pontificia Javeriana. Bogotá. Colombia.
- Martínez, M., & Correa, E. (2002). El sector rural en Colombia y su crisis actual. Cuadernos de Desarrollo Rural, (48). Recuperado a partir de <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/desarrolloRural/article/view/1993>
- Martínez, P. (2006). El método de estudio de caso: Estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento & Gestión*. (20). Pp 165 – 193.
- Mihelcic, J. & Zimmerman, J. (2012). Ingeniería ambiental: fundamentos, sustentabilidad, diseño. México: Alfaomega.
- Mijangos, R. & López, L. (2013). Metodologías para la identificación y valoración de impactos ambientales. Universidad de la Sierra Juárez. Vol. 17 (50). Pp 37 – 42.
- Moharana, P. (2012). Rural Solid Waste Management: Issues and Action. *Kurukshetra*. 60. Pages 30-34.
- Montoya, A. (2012). Caracterización de residuos sólidos. Cuaderno Activa. *Volumen 4*, pp 67-72.

- Morales, J.; Fernández, M; Montiel, A. & Peralta, B. (2009). Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*eisenia foetida*). *BIOtecnia*, Vol xi, N.1: Pp 19 - 20.
- Olaya, Y. & González, L. (2009). Fundamentos para el diseño de biodigestores. Módulo para la asignatura de Construcciones Agrícolas. Palmira: Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.
- OMS. (2007). Salud de la población y la gestión de residuos: los datos científicos y las opciones de política. Copenhague: OMS Regional Office for Europe.
- Patil, K. & Salkar, D. (2017). Environmental Management Planning for a textile dyeing industry: A case study. *IJERMCE*. 2 (4). Pp 33 -36.
- Perry, S. (2010). La pobreza rural en Colombia. RIMISP. Recuperado de [http://www.rimisp.org/wp-content/files\\_mf/1366386291DocumentoDiagnosticoColombia.pdf](http://www.rimisp.org/wp-content/files_mf/1366386291DocumentoDiagnosticoColombia.pdf). Pp 2-5.
- Peréz, P. & Múnera, F. (2007). Reflexiones para implementar un sistema de gestión de la calidad (ISO 9001:2000) en cooperativas y empresas de economía solidaria. Colombia: Universidad cooperativa de Colombia. Pp 49.
- Pinos, J., García, J. Peña, L., Rendón, J., González, C., & Tristán, F. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia*, 46(4), Pp 359-370.
- Prada, S. (2018). A la planta de residuos de Garagoa le queda poca capacidad. *El campesino.co*. Recuperado de <https://www.elcampesino.co/a-la-planta-de-residuos-de-garagoa-sin-deposito/>
- Rodríguez, L. (2013). Análisis de situación de salud con el modelo de los determinantes sociales de salud Garagoa-Boyacá. Ministerio de Salud. Tesis de grado. San Juan de Pasto.
- Rodríguez, S. (2011). Residuos sólidos en Colombia: Su manejo es compromiso de todos. Universidad Santo Tomás. Bogotá.
- Rosero, J., Florian, E., Toro, J., Martínez, L. & Martelo, C. (2016). Metodología para la Evaluación de Impactos Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Pp 18.
- Rodríguez, M.; Tamayo, S. & Estrada, D. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), Pp 372 – 387.
- Román, P.; Martínez, M. & Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Santiago de Chile: FAO: Pp 23.
- Ruiz, A. (2005). Guía Técnica para la Formulación de Planes de Minimización de Residuos Sólidos y Recolección Segregada en el Nivel Municipal. CONAM. USAID: Parte I. Pp 8 – 1.
- SCRD. (2011). Solid Waste Management Plan – The Foundation for Zero Waste Plan – Final Draft. AECOM Canadá Ltd.
- Sistema Biobolsa. (2016). Dimensionamiento de biodigestores. Recuperado de: <http://www.sistemabiobolsa.com/catalogo.pdf>
- Soto, V.; Suárez, N. & Arrieta, S. (2018). Análisis comparativo de los métodos de evaluación de impacto ambiental aplicados en el subsector vial en Colombia. *Revista de investigación Agraria y Ambiental*, Vol. 9, Núm. 2.
- Tariq, M.; Naveed, M.; Irshad, M.; Shiraz, H. & Nauman, A. (2017). Assessment of Household Solid Waste Generation in Rural Areas. *The Journal of Scientific and Engineering Research*. 4(11):27-31.
- Unicef. (2006). La infancia, el agua y el saneamiento básico en los planes de desarrollo departamentales y municipales. Capítulo III. El agua potable y el saneamiento básico en los planes de desarrollo. Recuperado de <https://www.unicef.org/colombia/pdf/Agua3.pdf>
- Universidad Nacional de Colombia. (2018). UN Periódico, Número 218. Recuperado de <https://issuu.com/mediosdigitales/docs/unperiodico-218>. Pp 14.

- Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (2008). Capítulo 5. Diseño del biodigestor. Recuperado de: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/308/9/T-ESPE-026444-5.pdf>
- Vallejo, D. (2010). Plan de Manejo Ambiental para una empresa metalmecánica dedicada a la manufactura de remolques para el transporte de carga. Tesis de grado. Universidad Libre. Colombia.
- Vera, I.; Estrada, M.; Martínez, J. & Ortiz, A. (2014). Potencial de generación de biogás y energía eléctrica Parte 1: Excretas de ganado bovino y porcino. Ingeniería Investigación y Tecnología, volumen XV (Número 3): Pp 429-436.
- Zapata, A. & Silva, B. (2016). Sistemas silvopastoriles: aspectos teóricos y prácticos. Colombia: CIPAV.

## 17. Glosario de términos

**Medidas de compensación:** “Son las acciones dirigidas a resarcir y retribuir a las comunidades, las regiones, localidades y al entorno natural por los impactos o efectos negativos generados por un proyecto, obra o actividad, que no puedan ser evitados, corregidos o mitigados” (Decreto 2041 de 2014).

**Medidas de corrección:** “Son las acciones dirigidas a recuperar, restaurar o reparar las condiciones del medio ambiente afectado por el proyecto, obra o actividad” (Decreto 2041 de 2014).

**Medidas de mitigación:** “Son las acciones dirigidas a minimizar los impactos y efectos negativos de un proyecto, obra o actividad sobre el medio ambiente” (Decreto 2041 de 2014).

**Medidas de prevención:** “Son las acciones encaminadas a evitar los impactos y efectos negativos que pueda generar un proyecto, obra o actividad sobre el medio ambiente” (Decreto 2041 de 2014).

## 18. Anexos

Anexo 1. Lista de verificación de RAI

<b>REVISIÓN AMBIENTAL INICIAL</b>				
Fecha				
Revisión realizada por				
Propósito de la RAI				
TEMA	POR TENER EN CUENTA	SI	NO	OBSERVACIONES
Requisitos legales y otros	Los propietarios de la finca tienen conocimiento de la normatividad ambiental aplicable.			
	Existe una política ambiental definida de los procesos.			
Residuos sólidos	Existen procedimientos para el manejo de los residuos.			
	Cuenta con un servicio de aseo y recolección por parte del municipio.			
	Los residuos peligrosos son almacenados de manera correcta.			
	Se realizan prácticas de reciclaje y/o aprovechamiento de los residuos.			
Paisaje	La finca dispone los residuos en botaderos a cielo abierto.			
	Se evidencian zonas que han sido deforestadas.			
Suelo	El uso actual del suelo corresponde a su vocación.			
	Se evidencia procesos de erosión y alteración del suelo.			
Ganadería	El ganado se encuentra en condiciones de confinamiento.			
	Cantidad de vacunos que posee la finca.	-	-	
	El alimento que se le suministra al ganado es forraje y concentrado.			
Agricultura	Se usan pesticidas y herbicidas para asegurar la calidad.			
	Qué tipo de cultivos son los que produce la finca.	-	-	

Fuente: Autores, 2019.

Anexo 2. Fotografías de acumulación de residuos sólidos y quemas a cielo abierto.



Fuente: Autores, 2019.

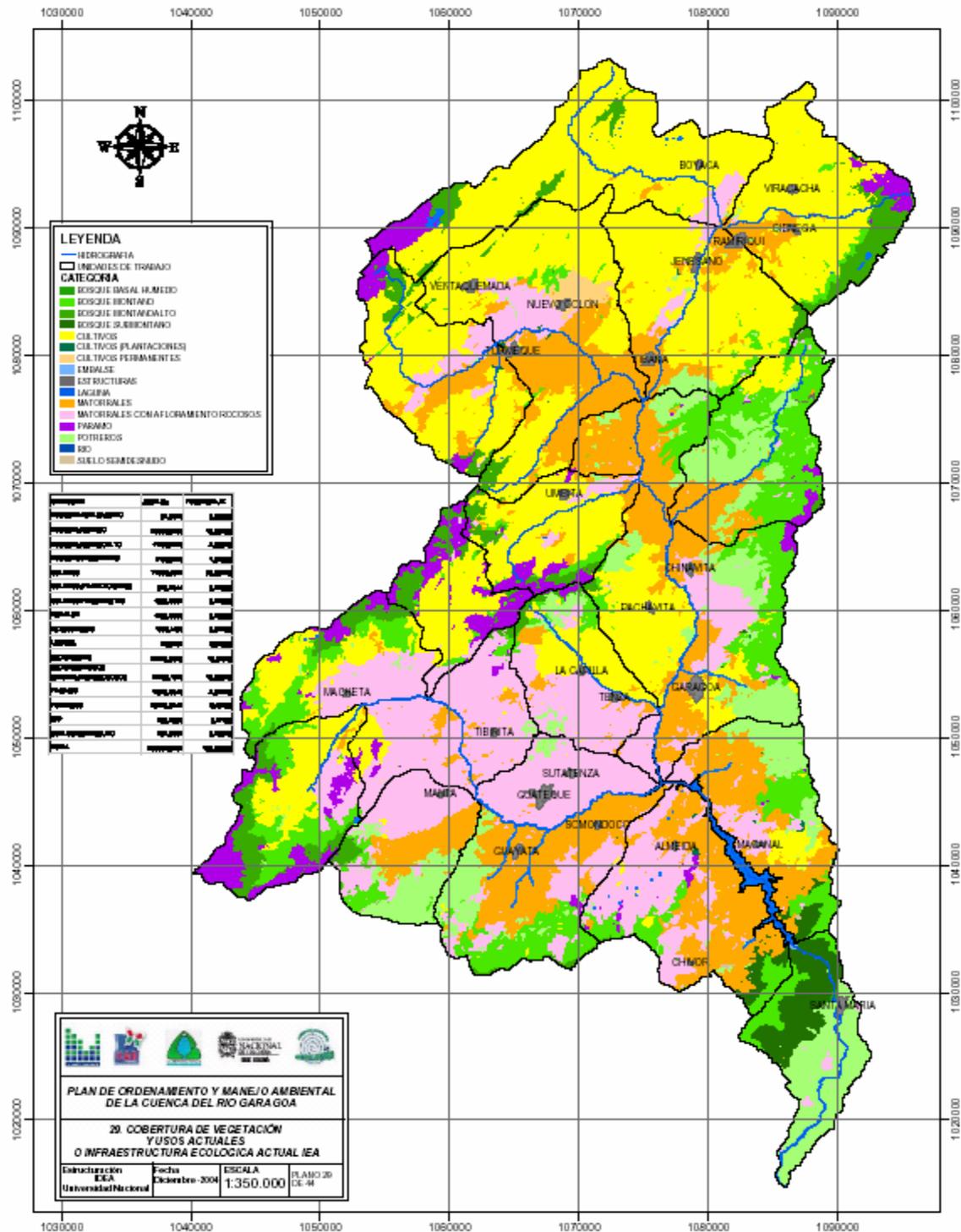
Anexo 3. Fotografías del proceso del cuarteo de los residuos sólidos.



Fuente: Autores, 2019.

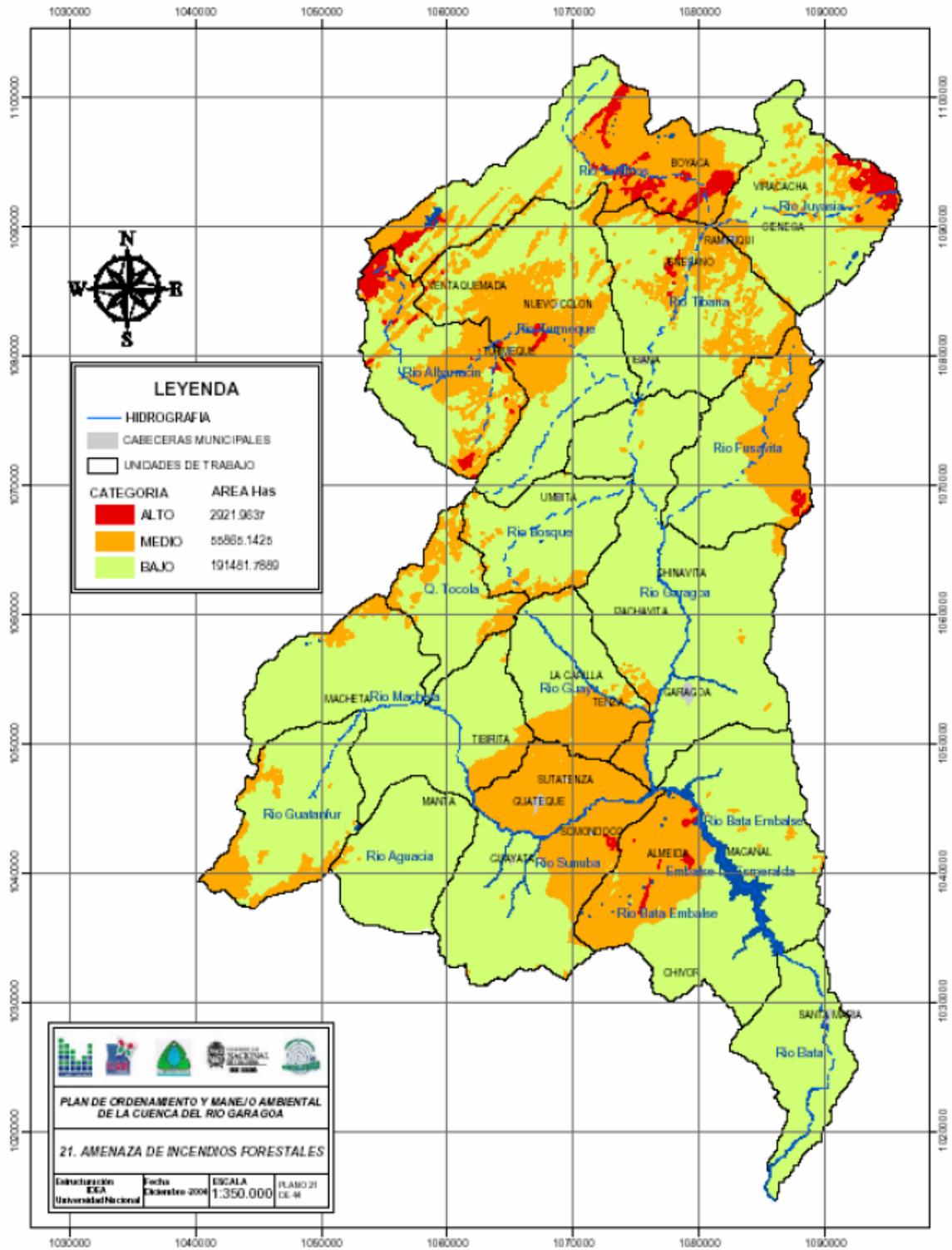
Anexo 4. Mapas para análisis retrospectivo.

*Cobertura de vegetación y usos actuales*



Fuente: CAR, 2006.

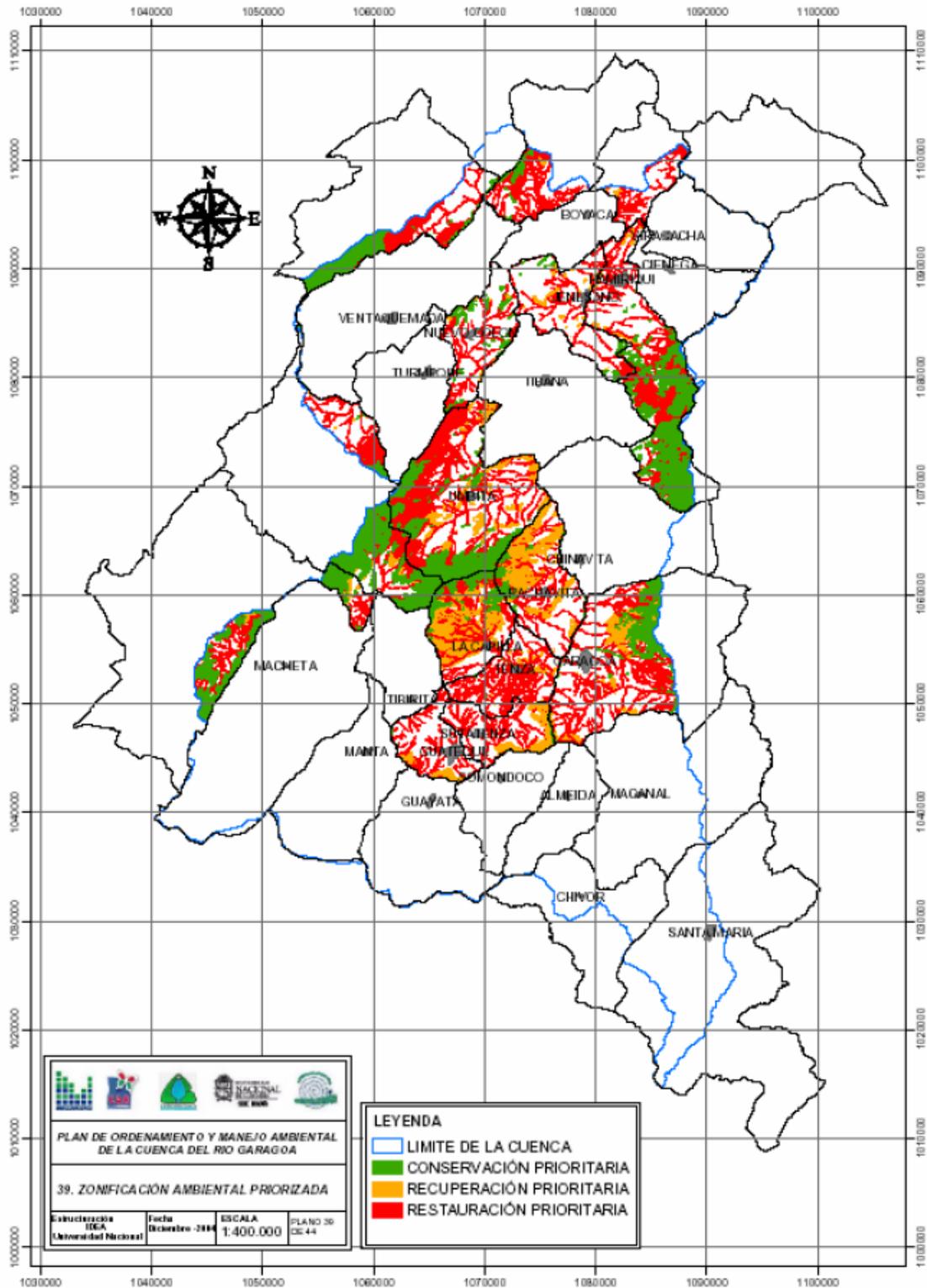
## Amenaza de incendios forestales



Fuente: CAR, 2006.



## Zonificación ambiental priorizada



Fuente: CAR, 2006.