

ESTRATEGIAS DE MEJORA EN LA GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS EN
LA PLANTA DE BENEFICIO ANIMAL EN LA CIUDAD DE POPAYÁN

JUAN MANUEL BARRIOS GUAÑARITA

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA COMFACAUCA UNICOMFACAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
POPAYÁN
2025

ESTRATEGIAS DE MEJORA EN LA GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS EN
LA PLANTA DE BENEFICIO ANIMAL EN LA CIUDAD DE POPAYÁN

JUAN MANUEL BARRIOS GUAÑARITA

Trabajo de grado en modalidad de investigación para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL

Director

ZULY YULIANA DELGADO ESPINOSA

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA COMFACAUCA UNICOMFACAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
POPAYÁN
2025

Nota de Aceptación

Zuly Yuliana Delgado Espinosa.
Director

Diego Sarria.
Jurado

Jurado

Popayán, __ de Mes de 2025 (Fecha de entrega)

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

CONTENIDO

1. CONTEXTO Y FUNDAMENTOS DEL PROYECTO	17
1.1 INTRODUCCIÓN.....	17
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	22
1.5 OBJETIVOS.....	24
1.6 METODOLOGÍA	25
2. MARCO DE REFERENCIA, CONTEXTO TERRITORIAL Y AMBIENTAL DE LA PLANTA.....	27
2.1 MARCO CONTEXTUAL	27
2.1.1 Marco de referencia.....	27
2.1.2 GEOGRAFÍA Y CARACTERÍSTICAS.....	30
2.2 MARCO LEGAL.....	34
2.3 ESTADO DEL ARTE	35
3. COMPROMISO AMBIENTAL DE LA PLANTA	38
3.1 DIAGNÓSTICO OPERATIVO Y AMBIENTAL DE LA PLANTA.....	39
3.2 DESARROLLO DE MATRICES AMBIENTALES	41
3.3 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	44
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.2 ANÁLISIS OBTENIDOS DE LA VALORACIÓN DE LAS MATRICES AMBIENTALES	68
4.2.1 Análisis general de la matriz legal ambiental (ANEXO 1)	68
4.2.2 Análisis de la matriz PESTAL (Anexo 2).....	72
4.2.3 Análisis de la matriz de revisión ambiental inicial, RAI (ANEXO 3)	76
5. CONSIDERACIONES FINALES	79
5.1. CONCLUSIONES.....	79
5.2 PROPUESTAS DE MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	81
5.2.1 Fortalecimiento del Plan de Gestión Integral de Residuos (PGIR)	81
5.2.2 Implementación de estrategias de aprovechamiento de subproductos	82
5.2.3 Optimización de la gestión de aguas residuales	82
5.3 RECOMENDACIONES.....	83

BIBLIOGRAFIA.....	86
TABLA DE ANEXOS	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Fases metodológicas	20
Figura 2 Ubicación geográfica del municipio de Popayán y su división Política ...	29
Figura 3 Ubicación geográfica de la planta de beneficio animal de Popayán	29
Figura 4 Mapa de proceso	47
Figura 5. Arreo	39
Figura 6 Insensibilización con pistola knocker	40
Figura 7 Izado	41
Figura 8. Proceso de sangría	42
Figura 9 Estación de corte de esternón con sierra eléctrica	53
Figura 10 . Retiro de piel con cilindro desollador	44
Figura 11 Retiro de víscera blanca	45
Figura 12. Corte de canal con sierra eléctrica	55
Figura 13 Cargue de cuartos de canal posterior a la inspección y pesado	55
Figura 14 Anterior método de recolección de la sangre.....	53
Figura 15 Método actual de recolección de la sangre.....	54
Figura 16 Planta de tratamiento	58
Figura 17 Aprovechamiento promedio por res sacrificada.....	61
Figura 18 Grafico de análisis de la matriz de marco legal	62
Figura 19 Grafica de valoración respecto a los puntajes	75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Eficiencia de la planta de tratamiento.....	65
Tabla 2 Eficiencia de la planta de tratamiento por día de operación y eficiencias de remoción teniendo en cuenta remoción en seco de rumen.	66
Tabla 3 Cumplimiento de la normatividad ambiental	66
Tabla 4 Sacrificio de ganado.....	66
Tabla 5 Rendimiento del proceso de sacrificio	67
Tabla 6 Escala de interpretación.....	71
Tabla 7 Clasificación según factores	76
Tabla 8 Clasificación de impacto	66

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de requisitos legales para la planta de beneficio animal

Anexo 2. Matriz PESTEL

Anexo 3. Matriz de aspectos e impactos ambientales (RAI)

Anexo 4. Plan de gestión integral de residuos (PGIR)

RESUMEN

El presente proyecto aborda la problemática de la contaminación ambiental y el cumplimiento de las normativas vigentes en los mataderos o plantas de beneficio animal, instalaciones que representan el primer eslabón en la cadena productiva cárnica y desempeñan un papel crucial en la industria alimentaria. Durante el proceso de sacrificio, además de la obtención de carne y subproductos, se generan diversos residuos que, aunque no forman parte del objetivo principal de la producción, pueden tener un impacto significativo en el medio ambiente si no se gestionan de manera adecuada. Esta situación evidencia la necesidad urgente de fortalecer la conciencia ambiental en el sector y promover estrategias que permitan un manejo responsable de los residuos, asegurando así la sostenibilidad de las operaciones.

En este contexto, y en colaboración con la Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Cauca (SAG), el matadero del municipio de Popayán ha manifestado su interés en optimizar el uso de los recursos disponibles y reducir los efectos negativos que la inadecuada gestión de los residuos genera en el entorno. Teniendo en cuenta esta necesidad, el presente proyecto tiene como propósito fundamental diseñar y proponer estrategias de gestión ambiental orientadas a mejorar el manejo de los residuos derivados del sacrificio animal. Con ello, se busca minimizar su impacto ecológico y garantizar que las actividades del matadero se desarrollen en estricto cumplimiento de la normativa vigente, promoviendo prácticas más eficientes y sostenibles en la industria cárnica local.

Para lograr estos objetivos, se desarrolló un diagnóstico integral que permitió evaluar tanto la cantidad y el tipo de subproductos generados como el grado de cumplimiento de las regulaciones ambientales aplicables a la planta de beneficio animal de Popayán. Este análisis sirvió como base para la formulación de estrategias de optimización, que incluyó una revisión ambiental inicial, la

identificación de oportunidades de mejora y la propuesta de acciones correctivas en la gestión de los residuos.

El desarrollo del proyecto se estructuró en tres fases, comenzando con un diagnóstico detallado del funcionamiento de la planta de sacrificio, seguido por la elaboración de propuestas específicas para mejorar la recolección, tratamiento y disposición final de los residuos, garantizando así su adecuada gestión y el cumplimiento de las normativas ambientales exigidas.

GLOSARIO

Canal: representada por las estructuras anatómicas que quedan luego de que el animal ha sido sacrificado, desollado y eviscerado bajo procedimientos estándares establecidos en los mataderos.

Carga contaminante: es el producto de la concentración másica promedio de una sustancia por el caudal volumétrico promedio del líquido que la contiene determinado en el mismo sitio; este se expresa para un vertimiento en kilogramos por día (Kg/d).

DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno): Hace referencia a la cantidad de oxígeno que requiere un grupo de bacterias para descomponer la materia orgánica contenida en las aguas residuales, esta se mide en mg/L O₂.

DQO (Demanda Química de Oxígeno): Hace referencia a la cantidad de oxígeno que requiere la descomposición completa de la materia orgánica utilizando agentes químicos, esta se mide en mg/L O₂.

Faenado: consiste en la separación progresiva del cuerpo de un animal en canal y partes comestibles y no comestibles.

Matadero: todo establecimiento en donde se benefician las especies de animales que han sido declarados como aptas para el consumo humano y que ha sido registrado y autorizado para este fin.

Planta de tratamiento: instalación industrial que realiza el procesamiento y tratamiento de los residuos, sólidos o líquidos, asegurando su posterior inocuidad. Instalaciones en las que se modifican las características físicas, la composición química o la actividad biológica de cualquier residuo, de modo tal que se eliminen

sus propiedades nocivas, o se recupere energía y/o recursos materiales, o se obtenga un residuo menos peligroso, o se lo haga susceptible de recuperación o más seguro para su transporte o disposición final.

Sangre: es un líquido que circula gracias al impulso impartido por el corazón dentro de un sistema virtualmente cerrado que es el de los vasos sanguíneos que están conformados por las arterias, venas y capilares.

Vertimiento: descarga final a un cuerpo de agua, ya sea alcantarillado o suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido.

ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO

El presente trabajo se estructura en seis capítulos que abordan de manera integral el estudio y diagnóstico ambiental de la Planta de Beneficio Animal de Popayán. El primer capítulo contextualiza el proyecto, estableciendo el problema, los objetivos, el alcance y el marco normativo que fundamentan la investigación, así como la ubicación territorial y ambiental de la planta. En el segundo capítulo, se expone la metodología aplicada para el diagnóstico ambiental, detallando las herramientas y matrices utilizadas desde un enfoque técnico-operativo. El tercer capítulo sintetiza el diagnóstico operativo y ambiental, describiendo procesos, generación de residuos y análisis mediante matrices legales, de impacto y de contexto, además del estado actual de la PTAR y la gestión interna. Posteriormente, el cuarto capítulo amplía el marco referencial y contextualiza territorial y ambientalmente la planta, junto con propuestas orientadas a mejorar su gestión. El capítulo quinto presenta una propuesta de mejora basada en los resultados previos, enfocada en la reducción de impactos ambientales, valorización de subproductos y optimización de la sostenibilidad. Finalmente, el sexto capítulo recoge las conclusiones, recomendaciones y anexos que sustentan el estudio, ofreciendo un cierre riguroso y fundamentado al proyecto.

1. CONTEXTO Y FUNDAMENTOS DEL PROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN

A nivel global, la industria cárnica es reconocida como una de las actividades que mayor presión ejerce sobre el medio ambiente debido a la generación de residuos orgánicos, consumo intensivo de agua, emisiones atmosféricas y riesgo sanitario. En países como Brasil, México, Argentina o España, las plantas de sacrificio animal han tenido que adaptar sus procesos productivos a normativas ambientales estrictas y a una creciente demanda por parte de los consumidores de productos más sostenibles (FAO, 2021; Chatham House, 2021; OECD & CAF, 2022). Esta realidad ha llevado al diseño de políticas orientadas a la economía circular, el aprovechamiento integral de subproductos y la minimización de vertimientos (Navas, 2018; Hernández, 2020; Plataforma Tierra, 2022). Así, el manejo eficiente de los residuos en esta industria ya no es solo una exigencia legal, sino también un factor determinante para la sostenibilidad operativa, la competitividad comercial y el bienestar social (Smith & Brown, 2022; Petridi et al., 2024).

Históricamente, el sacrificio de animales ha sido una actividad fundamental para la alimentación humana, impulsando mejoras continuas en los procesos de beneficio y optimización de recursos. A lo largo del tiempo, estos procedimientos han evolucionado con el objetivo de maximizar la eficiencia y reducir el impacto ambiental derivado de la actividad cárnica (Triana, 2019; United Nations Environment Programme, 2000). De estos procesos no solo se obtiene carne, el principal producto de interés comercial, sino también una variedad de subproductos y desechos que, si no se gestionan de manera adecuada, pueden generar serios problemas ambientales y sanitarios. En este sentido, la gestión ambiental de los residuos derivados de la producción animal representa un desafío global para mataderos y plantas de beneficio, debido a la necesidad de mitigar los efectos adversos que estos pueden ocasionar en los ecosistemas y las comunidades

circundantes (Gómez & Ramírez, 2020; Ferronato et al., 2024). Diferentes países han implementado estrategias específicas para el manejo y aprovechamiento de estos residuos, lo que evidencia la importancia de abordar esta problemática desde una perspectiva normativa, técnica y ambiental (United Nations Environment Programme, 2020; Hernández & Ruiz, 2023).

En el contexto colombiano, las plantas de beneficio animal deben registrarse por normativas establecidas por entidades regulatorias como el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA, 2023), cuyo propósito es garantizar la correcta gestión de los residuos generados y minimizar su impacto en el entorno. Actualmente, el departamento del Cauca cuenta con ocho plantas de beneficio animal autorizadas por el INVIMA, ubicadas en municipios como Popayán, El Tambo, Santander de Quilichao, Piendamó, Silvia, Morales, Inzá y Florencia (INVIMA, 2023). Sin embargo, pese a estar formalmente registradas, ninguna de estas instalaciones ha implementado tecnologías avanzadas para el aprovechamiento integral de los subproductos, lo que representa una oportunidad de mejora significativa en términos de eficiencia y sostenibilidad (Barrios Guañarita, 2025; Martínez & Gómez, 2020). Adicionalmente, un alto porcentaje de estos mataderos evacúa sus residuos de manera directa a ríos y otros cuerpos de agua cercanos, generando una problemática ambiental de gran magnitud que afecta a las comunidades aledañas y compromete la calidad de los recursos hídricos (Diario del Cauca, 2023; Cornare, 2017).

Un estudio previo realizado por Oscar Grisales (2015) destaca que la central de sacrificio del municipio de Popayán es la única en la región que cuenta con una planta de tratamiento diseñada para gestionar los vertimientos y la carga contaminante generada durante el proceso de beneficio animal. No obstante, a pesar de disponer de esta infraestructura, la planta aún enfrenta desafíos en términos de tecnificación de sus procesos y optimización del aprovechamiento de los subproductos. Actualmente, parte de los residuos generados son canalizados

hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), mientras que otros son gestionados por terceros, quienes los emplean como insumos para diversas aplicaciones industriales (Hernández, 2020; Hernández & Ruiz, 2023). Esta situación resalta la necesidad de fortalecer las estrategias de gestión ambiental en la planta de beneficio de Popayán, con el fin de mejorar el tratamiento de los desechos post-producción y garantizar un cumplimiento riguroso de las normativas ambientales y sanitarias vigentes (ICONTEC, 2015; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019). En este contexto, el presente estudio se centra en analizar de manera detallada los procesos de manejo de residuos en dicha instalación, con el propósito de identificar áreas de mejora y proponer soluciones que contribuyan a la sostenibilidad del sector cárnico en la región.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

El desarrollo industrial es un pilar fundamental para el crecimiento socioeconómico de cualquier región, ya que impulsa la generación de empleo, fortalece el sector productivo y dinamiza la economía local. Sin embargo, este crecimiento debe estar acompañado de estrategias que garanticen un equilibrio entre la actividad económica y la preservación del medio ambiente (Chatham House, 2021). En el caso del departamento del Cauca y, en particular, del municipio de Popayán, se hace evidente la necesidad de implementar proyectos que fomenten el desarrollo sostenible y optimicen los procesos productivos, con el propósito de minimizar impactos negativos en los ecosistemas y mejorar la calidad de vida de la población (Alcaldía de Popayán, 2020; Diario del Cauca, 2023).

En este contexto, el programa de Ingeniería Industrial de la Corporación Universitaria Comfacaucá (Unicomfacaucá) juega un papel clave en la formación de profesionales con competencias orientadas a la identificación, planificación y ejecución de proyectos que promuevan la eficiencia operativa, la reducción de

desperdicios y la optimización de la calidad de los productos. A través de su enfoque académico y práctico, este programa contribuye significativamente al desarrollo regional, impulsando iniciativas que permitan una gestión más responsable de los recursos y fomentando la adopción de prácticas industriales sostenibles (Barrios Guañarita, 2025).

Uno de los sectores en los que se requiere una intervención prioritaria es la gestión de residuos en las plantas de beneficio animal. Durante el proceso de sacrificio, se generan una serie de subproductos y desechos que, si no reciben un tratamiento adecuado, pueden representar un riesgo tanto para la salud pública como para el equilibrio ambiental (Triana, 2019; Gómez Gallego, 2017). A nivel mundial, la industria cárnica ha enfrentado grandes desafíos en la gestión de estos residuos, lo que ha impulsado la implementación de nuevas tecnologías y estrategias dirigidas a minimizar su impacto y optimizar su aprovechamiento (FAO, 2004; Zhang & Chen, 2020; ChileMink, 2022). En este sentido, los mataderos y plantas de beneficio animal están en la obligación de establecer mecanismos eficaces para el tratamiento y disposición de residuos, con el fin de evitar la contaminación de los ecosistemas y reducir los riesgos asociados a la proliferación de agentes patógenos (Cornare, 2017; Sánchez et al., 2019).

En el departamento del Cauca, las plantas de beneficio animal han evidenciado diversas problemáticas en la gestión de sus residuos. Entre las principales dificultades se encuentran la contaminación odorífera y auditiva, que afecta directamente a las comunidades cercanas, así como la disposición inadecuada de residuos sólidos y líquidos. Estas deficiencias no solo generan conflictos ambientales, sino que también pueden derivar en sanciones legales para las empresas que incumplen con la normativa vigente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019; ICONTEC, 2015). En este escenario, se hace indispensable llevar a cabo una revisión ambiental en estas instalaciones con el propósito de diagnosticar las falencias existentes y establecer estrategias de mejora

que garanticen el cumplimiento de las normativas sanitarias y ambientales, asegurando un manejo más eficiente y sostenible de los residuos (NAVARRO, 2024; Hernández & Ruiz, 2023).

El Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA, 2023) ha autorizado la operación de ocho plantas de beneficio animal en el Cauca, mientras que otras siete han sido clausuradas debido a incumplimientos normativos. Estas plantas deben ajustarse a un marco legal riguroso que regula su funcionamiento, dentro del cual destacan normativas como el Decreto 1500 de 2007, la Resolución 072 de 2007, la Resolución 2905 de 2007, la Resolución 18119 de 2007 y el Decreto 2278 de 1982 (Ministerio de la Protección Social, 2007; Ministerio de Salud y Protección Social, 2013; Ministerio de Agricultura, 2023).

En este contexto, el matadero del municipio de Popayán enfrenta una situación particular respecto a la gestión de sus residuos. Entre los principales desechos generados en la planta se encuentran sangre, contenido ruminal, estiércol, cascos y médula espinal, entre otros (Cornare, 2017). De estos, la sangre representa uno de los residuos más críticos, debido a su alta carga orgánica y su elevado contenido de nitrógeno y sales, factores que la convierten en un efluente con un gran potencial contaminante (Zhang & Chen, 2020). Sin embargo, este subproducto también posee un importante valor de aprovechamiento, ya que puede ser utilizado en la producción de alimentos para consumo humano, como la "rellena" (plato típico del Cauca), en la elaboración de harinas para consumo animal o incluso como fertilizante en la industria agrícola (Plataforma Tierra, 2022; Velázquez de Lucio et al., 2024).

El presente trabajo tiene como propósito proponer estrategias de mejora en la gestión ambiental de residuos en la Planta de Beneficio Animal de Popayán, con el fin de mitigar sus impactos ecológicos, fortalecer el cumplimiento normativo y

avanzar hacia un modelo de economía circular. Para ello, se aplicó una metodología en tres fases: diagnóstico operativo y ambiental, análisis de impactos mediante matrices legales, PESTEL y RAI, y formulación de propuestas técnicas orientadas al aprovechamiento de subproductos y la optimización de la PTAR. De esta manera, el estudio no solo aporta a la sostenibilidad de la industria cárnica regional, sino que también se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y con las tendencias internacionales en gestión de residuos y producción más limpia (Fonseca & Peres, 2017; Petridi et al., 2024, (Martínez & Gómez, 2020; Navas, 2018; Chatham House, 2021).

A partir de lo planteado, es pertinente formular la siguiente pregunta: **¿Cómo mejorar el manejo de residuos en la planta de beneficio animal de Popayán para mitigar su impacto ambiental y garantizar el cumplimiento de la normativa vigente?**

1.4 JUSTIFICACIÓN.

La presente investigación tiene como propósito fundamental profundizar en el conocimiento y aplicación de una revisión ambiental inicial dentro de una organización, con el fin de evaluar su impacto ecológico y optimizar su desempeño en términos de sostenibilidad. En este caso, se ha seleccionado como objeto de estudio la planta de beneficio animal de la ciudad de Popayán, por ser la principal productora y abastecedora de carne en el municipio. Dicha planta genera una cantidad considerable de residuos y agentes contaminantes que, si no se gestionan de manera adecuada, pueden afectar negativamente tanto el ecosistema circundante como la calidad de vida de las comunidades aledañas (Barrios Guañarita, 2025; Hernández & Ruiz, 2023).

El desarrollo de esta investigación es esencial para garantizar que la planta cumpla con las normativas ambientales vigentes en Colombia, las cuales buscan mitigar los efectos adversos derivados de los residuos industriales. Normas como el Decreto 1500 de 2007 (Ministerio de la Protección Social, 2007), el Decreto 3930 de 2010 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010) y la Resolución 240 de 2013 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013) establecen los requisitos técnicos, sanitarios y ambientales para el funcionamiento de plantas de beneficio animal, incluyendo la correcta disposición de residuos líquidos, sólidos y orgánicos. A pesar de la existencia de este marco regulatorio, muchas plantas en Colombia, incluyendo la de Popayán, aún presentan deficiencias en la implementación de tecnologías limpias y estrategias de valorización de subproductos (NAVARRO, 2024; Grisales, 2021).

Desde una perspectiva de sostenibilidad y economía circular, la adecuada gestión de los residuos no solo representa un cumplimiento normativo, sino también una oportunidad para transformar pasivos ambientales en activos económicos (Plataforma Tierra, 2022). En varios países de América Latina y Europa, se ha avanzado en el aprovechamiento de subproductos cárnicos como fuente de nuevas materias primas. En México, por ejemplo, se ha reportado que más del 97 % de los residuos generados en el sacrificio de animales son valorizados a través de procesos industriales para la elaboración de harinas, aceites o fertilizantes (SADER, 2021). En Colombia, empresas como Refinal S.A.S. han liderado iniciativas que convierten la sangre bovina en harinas proteicas y aceites utilizados en la industria agropecuaria, demostrando que este tipo de aprovechamiento es técnica y económicamente viable (Refinal S.A.S., 2021).

Además, esta investigación se alinea con los principios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en especial el ODS 12 (producción y consumo responsables), ODS 6 (agua limpia y saneamiento), ODS 3 (salud y bienestar) y ODS 13 (acción por el clima) (ONU, 2015). Abordar la gestión ambiental desde este

enfoque permite no solo cumplir con regulaciones locales, sino también aportar a compromisos internacionales que buscan reducir la presión ambiental de las actividades productivas (Chatham House, 2021; FAO, 2019).

La planta de beneficio animal de Popayán, pese a contar con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), enfrenta dificultades relacionadas con la tecnificación de sus procesos y la gestión eficiente de sus residuos (Grisales, 2021; Diario del Cauca, 2023). Parte de los desechos generados son manejados por terceros, mientras que otros no tienen un proceso de aprovechamiento claro, lo cual representa una pérdida de valor y un riesgo ambiental. En este contexto, se hace indispensable una revisión ambiental inicial que permita identificar puntos críticos en la gestión actual y proponer estrategias de mejora basadas en experiencias exitosas dentro y fuera del país (Cornare, 2017; Gómez Gallego, 2017; Martínez & Gómez, 2020; Navas, 2018; Sánchez et al., 2019; Triana, 2019).

Finalmente, la pertinencia de esta investigación radica en su capacidad para fortalecer tanto el marco operativo como estratégico de la planta, permitiéndole avanzar hacia un modelo de producción más limpio, eficiente y responsable con el entorno. Esto no solo favorecerá el cumplimiento de la normativa ambiental, sino que posicionará a la planta como un referente en la implementación de buenas prácticas sostenibles en el sector cárnico regional (Velázquez de Lucio et al., 2024).

1.5 OBJETIVOS

Objetivo General

Proponer estrategias de mejora en la gestión ambiental de residuos de la planta de beneficio animal en la ciudad de Popayán, con el fin de reducir los residuos mal gestionados y aumentar la eficiencia del aprovechamiento de subproductos.

Objetivos Específicos

- Diagnosticar la generación y manejo de residuos en la planta de beneficio animal de Popayán para identificar puntos críticos de impacto ambiental y posibles mejoras.
- Analizar el cumplimiento de las normativas ambientales en el manejo de residuos generados durante el proceso de sacrificio en la planta de beneficio animal de Popayán
- Plantear alternativas para optimizar el manejo de residuos, minimizar impactos y fortalecer la sostenibilidad de la planta de beneficio animal.

1.6 METODOLOGÍA

Este estudio se desarrolló con el objetivo de diseñar estrategias para la implementación de una Revisión Ambiental Inicial (RAI) en la planta de beneficio animal de la ciudad de Popayán. Para ello, se empleó una metodología estructurada en tres fases consecutivas: diagnóstico, análisis del impacto y formulación de propuestas de mejora (ver figura 1). Estas fases se desarrollan a partir de un enfoque exploratorio y descriptivo, con apoyo en herramientas cualitativas y cuantitativas, permitiendo comprender la situación actual y plantear alternativas viables de gestión ambiental (Conesa, 2010; Navarro, 2024; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Fase 1: Diagnóstico de la planta de beneficio animal

- Recolección de información técnica y contextual sobre el funcionamiento de la planta.
- Esta etapa comprendió la revisión de literatura especializada, visitas de observación directa a las instalaciones, y la realización de entrevistas semi-estructuradas al personal operativo y administrativo (Cornare, 2017; Grisales, 2021).

- Se logró una caracterización detallada del área de estudio, identificando los flujos de residuos, los procesos críticos y las condiciones actuales del manejo ambiental.

Fase 2: Análisis del diagnóstico mediante matrices ambientales

- Información consolidada en la fase de diagnóstico.
- Se identificaron las áreas de mayor impacto ambiental con base en los datos obtenidos. Posteriormente, se conceptualizaron y aplicaron matrices ambientales, para evaluar los impactos asociados a las actividades de la planta (Conesa, 2010; Gómez Gallego, 2017).
- Se generó una Matriz RAI como herramienta de análisis integrada, que permite evidenciar las principales afectaciones ambientales y establecer su jerarquización por nivel de riesgo o severidad.

Fase 3: Propuestas de mejora

- Resultados del análisis de impactos y brechas normativas.
- A partir de los hallazgos anteriores, se formularon propuestas técnicas y operativas, divididas en dos grandes bloques: estrategias de aprovechamiento de residuos (subproductos orgánicos) y fortalecimiento del plan de gestión de residuos sólidos y líquidos (Refinal S.A.S., 2021; SADER, 2021).
- Se obtuvieron estrategias orientadas al fortalecimiento del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), con impacto directo en la reducción del impacto ambiental y la mejora de la eficiencia operativa de la planta (Plataforma Tierra, 2022).

Estas tres fases están integradas en un proceso sistemático de mejora continua, que parte de la recolección rigurosa de datos y finaliza con la formulación de propuestas alineadas con los principios de sostenibilidad, normatividad ambiental vigente y economía circular (Ministerio de la Protección Social, 2007; Ministerio de

Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013; SADER, 2021; Refinal S.A.S., 2021).

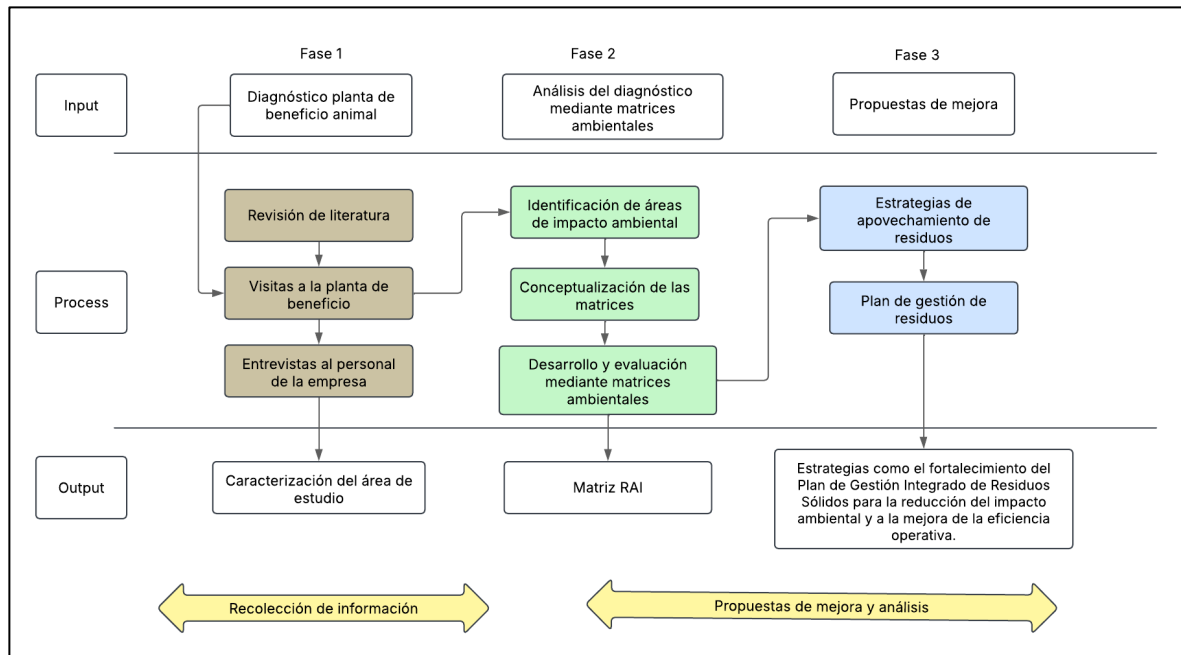


Figura 1. Fases metodológicas. (Fuente: El autor)

2. MARCO DE REFERENCIA, CONTEXTO TERRITORIAL Y AMBIENTAL DE LA PLANTA

2.1 MARCO CONTEXTUAL

2.1.1 Marco teórico.

La industria de beneficio animal constituye un componente estratégico dentro de la cadena productiva cárnica, al asegurar el abastecimiento de proteína de origen animal para el consumo humano. Sin embargo, esta actividad es también una de las principales generadoras de residuos sólidos, líquidos y peligrosos, cuyo manejo inadecuado puede derivar en impactos ambientales críticos sobre el agua, el suelo

y el aire, además de riesgos para la salud pública (Bustillo-Lecompte & Mehrvar, 2017; Ozdemir & Yetilmezsoy, 2019). Entre los desechos más relevantes se encuentran la sangre, las vísceras, el contenido ruminal, las grasas y las aguas residuales, los cuales poseen una elevada carga orgánica y constituyen focos de contaminación cuando no son tratados adecuadamente.

Diversos estudios han señalado que la gestión deficiente de los residuos de mataderos representa uno de los mayores retos de sostenibilidad del sector (Teo et al., 2023; Kothari et al., 2024). A nivel global, se han implementado tecnologías como la digestión anaerobia, los procesos avanzados de oxidación, el compostaje y la recuperación de recursos, con resultados que evidencian su potencial para mitigar impactos y, al mismo tiempo, generar valor añadido en forma de biogás, fertilizantes o harinas proteicas (Rivera-Castellanos et al., 2023; Ramírez-Guerrero et al., 2012; Bustillo-Lecompte, 2023).

En el marco de la gestión integral de residuos, Bhunia et al. (2021) y Prudencio et al. (2024) destacan la importancia de combinar indicadores de sostenibilidad con estrategias de producción más limpia, permitiendo evaluar la eficiencia de las operaciones y orientar la toma de decisiones hacia un enfoque preventivo y circular. Este paradigma se alinea con los principios de economía circular, los cuales buscan reducir, reutilizar y valorizar los residuos, transformándolos en insumos para otros procesos productivos.

El tratamiento de aguas residuales en mataderos es considerado uno de los principales desafíos ambientales, debido a la presencia de altas concentraciones de materia orgánica, grasas, nitrógeno y microorganismos patógenos (Teo et al., 2023). En este sentido, los sistemas biológicos, especialmente los reactores anaerobios, han demostrado eficiencias superiores al 80 % en la remoción de parámetros críticos como DBO₅, DQO y sólidos suspendidos (Bustillo-Lecompte & Mehrvar, 2017). No obstante, la literatura también enfatiza la necesidad de monitoreos

permanentes y la inclusión de contaminantes emergentes como nutrientes y coliformes fecales dentro de los programas de control (FAO, 2021; UNEP, 2020).

El aprovechamiento sostenible de residuos cárnicos se plantea como una estrategia clave para avanzar hacia la sostenibilidad en el sector. La sangre, por ejemplo, puede transformarse en harinas de alto contenido proteico y fertilizantes (Wang, Wei & Wang, 2023), mientras que el contenido ruminal puede emplearse en procesos de compostaje o digestión anaerobia para la producción de abonos y biogás (Montalvo et al., 2024). Asimismo, el sebo y las grasas pueden destinarse a la industria cosmética o de biodiésel, contribuyendo a la diversificación de ingresos y la reducción de pasivos ambientales (Bailone et al., 2021; Okanović et al., 2011).

En Colombia, la actividad de beneficio animal se encuentra regulada por disposiciones sanitarias y ambientales que buscan garantizar tanto la inocuidad alimentaria como la protección de los recursos naturales. El Decreto 1500 de 2007 establece los parámetros sanitarios, mientras que el Decreto 3930 de 2010 regula los vertimientos y la Resolución 240 de 2013 fija los lineamientos para la gestión de residuos. Sin embargo, distintos estudios han evidenciado deficiencias en el cumplimiento de estas normativas, particularmente en la segregación de residuos peligrosos y en el control de vertimientos líquidos (Cornare, 2017; Hernández & Ruiz, 2023; Martínez & Gómez, 2020).

Las tendencias internacionales apuntan hacia la implementación de modelos de economía circular en la industria de beneficio animal, donde los residuos no se perciben como un problema, sino como recursos con valor potencial (Fonseca & Peres, 2017; Petridi et al., 2024). Este enfoque no solo contribuye a reducir la presión ambiental, sino que fortalece la competitividad del sector al generar nuevas cadenas de valor y productos sostenibles. En este sentido, el caso de la Planta de Beneficio Animal de Popayán resulta relevante, dado que constituye una instalación estratégica para el departamento del Cauca y enfrenta retos vinculados con la

eficiencia de su PTAR, la valorización de subproductos y el cumplimiento de la normativa vigente (Grisales, 2015; Barrios Guañarita, 2025).

2.1.2 Geografía y características.

Popayán es la capital del departamento del Cauca, en la República de Colombia. Se encuentra situada a una altitud de 1.738 metros sobre el nivel del mar (msnm) y posee una temperatura media anual de 18 °C a 19 °C. Su ubicación geográfica corresponde a los 2°27' de latitud norte y 76°37'18" de longitud oeste respecto al meridiano de Greenwich. La ciudad cuenta con una población estimada de 270.000 habitantes en su área urbana, consolidándose como una de las ciudades más tradicionales y culturalmente relevantes de Colombia (Ver figura 2).

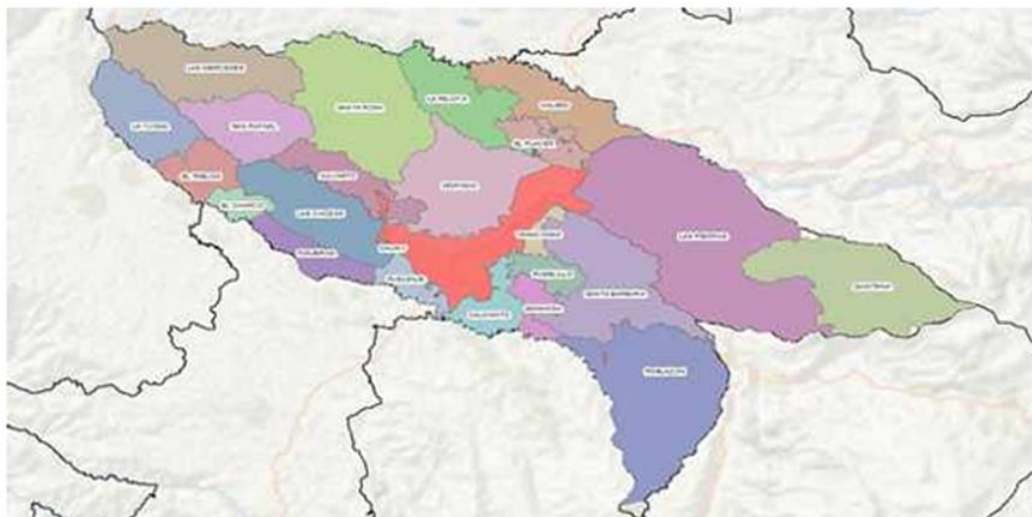


Figura 2. Ubicación geográfica del municipio de Popayán y su división Política (Fuente. Planeación municipal 2020)

El municipio tiene una extensión territorial de 512 km² y su clima está influenciado por su altitud y proximidad al Ecuador, lo que le otorga temperaturas relativamente estables a lo largo del año. Durante los meses de julio, agosto y septiembre, en horas del mediodía, las temperaturas pueden alcanzar máximas de 29 °C, mientras

que, en la madrugada, especialmente en la temporada de verano, las mínimas pueden descender hasta 10 °C.

Gracias a su clima templado, ubicación estratégica y riqueza cultural, Popayán es reconocida como una ciudad de gran valor histórico y patrimonial, destacándose por su arquitectura colonial, su tradición religiosa y su aporte al desarrollo académico y económico del suroccidente colombiano.

Popayán limita al oriente con los municipios de Totoró, Puracé y el departamento del Huila; al occidente con El Tambo y Timbío; al norte con Cajibío y Totoró, y al sur con Sotará y Puracé. La mayor parte de su territorio se encuentra en las zonas de piso térmico templado y frío, lo que influye en su clima moderado y en la biodiversidad de su ecosistema.

La ciudad cuenta con diversas fuentes hídricas de gran importancia para su desarrollo y abastecimiento. Entre los principales ríos que atraviesan su territorio se encuentran el Blanco, Ejido, Molino, Las Piedras, Cauca, Negro, Mota, Pisojé, Clarete, Saté y Hondo. De estos, cuatro son fundamentales para el acueducto municipal, el cual suministra agua potable a la mayor parte de la población.

En la zona urbana de Popayán se encuentran varias elevaciones montañosas, entre las que destacan los cerros de San Rafael Alto, Canelo, Puzná, Santa Teresa, Tres Tulpas y La Tetilla. De estas formaciones, el cerro Puzná es el más alto, alcanzando una altitud de 3.000 metros sobre el nivel del mar (msnm). Estas elevaciones no solo forman parte del paisaje natural de la ciudad, sino que también influyen en su clima y en la disponibilidad de recursos hídricos.

Límites del municipio: El municipio de Popayán limita al norte con los municipios de Cajibío y Totoró, al este con Totoró y Puracé, al sur con Puracé y Sotará, y al oeste con Timbío y El Tambo, como se observa en la Figura 2. Los límites

geográficos del municipio están definidos por importantes cuerpos hídricos que marcan su territorio. Al sur, la delimitación está dada por la cuenca del río Hondo, mientras que al norte el río Palacé establece el límite natural con los municipios vecinos.

Desde el punto de vista administrativo, Popayán está conformado por 23 corregimientos, los cuales desempeñan un papel fundamental en la organización territorial del municipio. Estos corregimientos son: Cajete, Calibío, El Canelo, El Charco, El Sendero, El Tablón, Santa Bárbara, Figueroa, Julumito, La Meseta, La Rejoja, La Yunga, Las Mercedes, Las Piedras, Los Cerrillos, Poblazón, Puelenje, Quintana, Samanga, San Bernardino, San Rafael, Santa Rosa y Vereda de Torres. A su vez, la cabecera municipal corresponde a la ciudad de Popayán, donde se concentra la mayor parte de la población y las principales actividades económicas y administrativas.

Planta de Beneficio Animal de Popayán: La planta de sacrificio del municipio de Popayán se encuentra ubicada en el barrio Las Ferias, específicamente en la carrera 1E n° 14-00, en el departamento del Cauca como se indica en la Figura 3. Su administración está a cargo de la Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Cauca (SAG) en conjunto con la administración municipal, bajo un convenio de cooperación firmado en el año 2003. Este acuerdo tiene como finalidad mejorar progresivamente la prestación de servicios, optimizando las condiciones de operación y garantizando el cumplimiento de las normativas sanitarias y ambientales vigentes.



Figura 3. Ubicación geográfica de la planta de beneficio animal de Popayán (Fuente: Google Maps, s.f., citado en 10 de febrero de 2025)

La SAG es una entidad sin ánimo de lucro que agrupa y representa a los agricultores y ganaderos de la región, participando activamente en la definición de la política agropecuaria a nivel regional y nacional. Su labor abarca la asistencia técnica agropecuaria integral, con una proyección tanto nacional como internacional, proporcionando acompañamiento en la formulación, gestión y administración de proyectos. Para ello, cuenta con talento humano altamente capacitado y tecnología actualizada, lo que le permite ofrecer servicios de alta calidad a sus asociados, impulsando el crecimiento y consolidación del gremio.

La misión de la SAG se centra en contribuir al incremento de la productividad y rentabilidad del sector agropecuario del Cauca, liderando y coordinando la vocería de los intereses del gremio. Además, se encarga de suministrar información clave para la correcta toma de decisiones, promoviendo el bienestar tanto de sus asociados como de la comunidad en general.

Uno de los aspectos fundamentales en la operación de la planta de beneficio animal es la gestión ambiental. Para garantizar el adecuado tratamiento de los efluentes industriales generados en el proceso de sacrificio, la instalación cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Esta infraestructura permite manejar de manera eficiente los residuos líquidos, asegurando el cumplimiento de las normativas ambientales vigentes y contribuyendo a la reducción del impacto ambiental de la actividad cárnica en la región.

2.2 Marco legal.

Normatividad legal para las plantas de beneficio animal en Colombia. La planta de beneficio animal de Popayán-Cauca debe cumplir una serie de normas legales que establecen los requisitos higiénico-sanitarios para el funcionamiento de las plantas de beneficio de especie bovina, bufalina y porcina, desposte y almacenamiento, comercialización, expendio, transporte, productos cárnicos y subproductos, control y vigilancia para la calidad del agua y licencias. Dichas normas se exponen a continuación.

Decreto 1500 de 2007 – Ministerio de la Protección Social. Modificado por los Decretos 2965 de 2008, 2380, 4131, 4974 de 2009, 3961 de 2011, 917 y 2270 de 2012. Establece el reglamento técnico del Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la Carne y productos cárnicos comestibles (Ministerio de la Protección Social, 2007).

Decreto 3930 de 2010 – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Rural. Regula los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Decreto 1594 de 1984 – Ministerio de Agricultura. Define características sobre usos del agua y residuos líquidos (Ministerio de Agricultura, 1984).

Decreto 2811 de 1974 – Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Ministerio de Agricultura, 1974).

Decreto 1200 de 2004 – Instrumentos de planificación ambiental (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Rural, 2004).

Decreto 3100 de 2003 – Reglamentación de tasas retributivas por vertimientos puntuales (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Rural, 2003).

Decreto 2667 de 2012 – Reglamentación de tasas retributivas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

Decreto 948 de 1995 – Prevención y control de la contaminación atmosférica (Ministerio de Ambiente, 1995).

Resolución 240 de 2013 – Requisitos sanitarios para funcionamiento de plantas de beneficio (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Resolución 2905 de 2007 – Requisitos sanitarios y de inocuidad de carne y productos cárnicos (Ministerio de la Protección Social, 2007).

2.2 Estado del Arte

La gestión de residuos en plantas de beneficio animal se ha consolidado como un campo de estudio prioritario en la literatura científica, dado su impacto directo en la sostenibilidad ambiental y la salud pública. Investigaciones recientes han evidenciado que los residuos más críticos corresponden a la sangre, el contenido ruminal y las aguas residuales, por su alta carga orgánica, grasas y patógenos que representan un riesgo para cuerpos hídricos y comunidades cercanas (Bustillo-Lecompte & Mehrvar, 2017; Ozdemir & Yetilmezsoy, 2019). En este

contexto, la preocupación global se centra no solo en la mitigación de impactos, sino en la transición hacia modelos de economía circular que permitan valorizar estos subproductos.

La gestión ambiental en las plantas de beneficio animal es una problemática clave en la industria cárnica debido a la generación de residuos sólidos y líquidos durante el proceso de sacrificio. Esta actividad, esencial para la seguridad alimentaria de las poblaciones humanas, presenta riesgos significativos para el medio ambiente si no se gestionan adecuadamente los subproductos generados, como la sangre, vísceras, pieles y huesos. El manejo inadecuado de estos residuos puede llevar a la contaminación de cuerpos de agua y suelos, así como a la emisión de malos olores, afectando tanto la salud pública como la biodiversidad local (Martínez & Gómez, 2020; Triana, 2019).

A nivel tecnológico, se han desarrollado diversas alternativas para el tratamiento de aguas residuales y desechos orgánicos en mataderos. La digestión anaerobia, los sistemas biológicos y los procesos avanzados de oxidación han mostrado eficiencias superiores al 80 % en la reducción de parámetros como DBO₅, DQO y sólidos suspendidos, lo que los posiciona como soluciones viables en entornos industriales (Teo et al., 2023; Kothari et al., 2024). No obstante, su implementación sigue enfrentando desafíos relacionados con la inversión, el mantenimiento y la necesidad de monitoreos constantes para garantizar la estabilidad de los procesos (UNEP, 2020; FAO, 2021).

El proceso de sacrificio en las plantas genera una gran variedad de residuos que pueden ser aprovechados o tratados para minimizar su impacto ambiental. Zhang y Chen (2020) destacan que la sangre, por su alto contenido orgánico, es uno de los desechos de mayor riesgo para la calidad del agua si no se maneja adecuadamente. Asimismo, el contenido ruminal y las vísceras han sido identificados como prioritarios en los planes de gestión ambiental, dada su

capacidad de contaminar cuerpos de agua cercanos y generar gases de efecto invernadero durante la descomposición (Montalvo et al., 2024).

La valorización de subproductos constituye otro eje central en la literatura. Autores como Wang, Wei y Wang (2023) destacan el potencial de la sangre para la producción de harinas proteicas y fertilizantes, mientras que el contenido ruminal ha sido estudiado para compostaje y digestión anaerobia, generando abonos y biogás. En países desarrollados, estas prácticas han permitido reducir la dependencia de rellenos sanitarios y crear nuevas cadenas de valor; sin embargo, en países en desarrollo persisten limitaciones técnicas y financieras que dificultan su adopción generalizada (Sukumar, 2022).

Por otro lado, el manejo de residuos sólidos como huesos, pieles y vísceras plantea desafíos importantes. Estos materiales requieren procesos de segregación y valorización, dado que, si no se gestionan de manera adecuada, contribuyen a la contaminación del suelo y el aire por descomposición de materia orgánica (Navas Leiva, 2018; Donaji et al., 2009). La literatura resalta la necesidad de investigar tecnologías de producción más limpia y alternativas energéticas, como el biogás, que permitan transformar estos desechos en recursos aprovechables (Chaux et al., 2009).

En este sentido, la economía circular ha ganado protagonismo en la industria cárnica, proponiendo transformar residuos en materias primas para otros sectores, como la cosmética, farmacéutica y agroindustria (Hernández, 2020; Grisales, 2015). Por ejemplo, la sangre puede convertirse en fertilizantes o harinas para alimentación animal, mientras que huesos y cuernos se emplean en procesos industriales especializados. Este enfoque no solo disminuye el impacto ambiental, sino que abre oportunidades económicas para las plantas de sacrificio.

En Colombia, el marco legal para las plantas de beneficio animal está sustentado en normativas como el Decreto 1500 de 2007, que regula la inocuidad de la carne y la gestión de residuos, y el Decreto 3930 de 2010, que establece disposiciones para el manejo del recurso hídrico y vertimientos (Ministerio de Salud, 2007; Ministerio de Ambiente, 2010). A pesar de estas regulaciones, estudios han evidenciado dificultades en su implementación, particularmente en el tratamiento de residuos líquidos y sólidos, así como en la capacitación del personal encargado de los procesos (Navas, 2018; Hernández & Ruiz, 2023).

Una herramienta clave en el contexto colombiano ha sido la Revisión Ambiental Inicial (RAI), que permite identificar puntos críticos en el manejo de residuos, la eficiencia en el tratamiento de efluentes y las oportunidades de mejora. Según Gómez y Ramírez (2020), la RAI resulta fundamental para el diseño de Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) que permitan planificar, monitorear y corregir las operaciones. La aplicación de esta herramienta en las plantas de beneficio es un insumo central para planes como los PGIRS (Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos), que optimizan la eficiencia operativa.

Finalmente, la tendencia internacional se orienta hacia la integración de enfoques de producción más limpia y economía circular como pilares de sostenibilidad en el sector cárnico. Modelos recientes plantean que hasta un 80 % de los residuos generados en mataderos pueden ser aprovechados mediante tecnologías adecuadas, reduciendo la huella ambiental y generando nuevas fuentes de ingresos (Fonseca & Peres, 2017; Petridi et al., 2024). En este contexto, la Planta de Beneficio Animal de Popayán constituye un caso estratégico para evaluar cómo una instalación regional puede transitar hacia un modelo de gestión integral, convirtiéndose en un referente para la región y el país.

3. COMPROMISO AMBIENTAL DE LA PLANTA

3.1 DIAGNÓSTICO OPERATIVO Y AMBIENTAL DE LA PLANTA

El diagnóstico operativo y ambiental de la Planta de Beneficio Animal de Popayán incluyó una evaluación integral de sus procesos de sacrificio y manejo de residuos, identificando deficiencias y áreas críticas mediante observación y análisis documental. Se aplicaron herramientas de ingeniería como las matrices ambientales (Matriz de Requisitos Legales, PESTAL y RAI), para evaluar el cumplimiento normativo y los factores internos y externos que afectan la operación. Este análisis permitió identificar impactos ambientales significativos, priorizando recursos como agua, suelo y aire, y proponer estrategias de mitigación y valorización de subproductos, orientadas a optimizar la eficiencia, reducir la contaminación y asegurar la sostenibilidad operativa conforme a la normativa vigente.

Diagnóstico de la planta de beneficio animal de Popayán

El estudio inició con una evaluación integral de la planta, donde se identificó las condiciones actuales de los procesos de sacrificio y manejo de residuos. Esta fase tiene como propósito recopilar información relevante sobre el funcionamiento de la planta, identificando posibles deficiencias y áreas críticas que requieran intervención. Para ello, se aplicarán métodos de observación, revisión documental y análisis de las prácticas operativas utilizadas en la obtención de carne y subproductos.

Diagnóstico general. Como parte de esta evaluación, se llevó a cabo una inspección detallada de las instalaciones del matadero. Durante esta etapa, se identificarán los métodos de sacrificio empleados, se analizarán los volúmenes promedio de animales procesados diariamente y se examinarán las estrategias utilizadas para la gestión de residuos generados en el proceso.

Además, el diagnóstico se complementó con una revisión de literatura especializada en producción limpia, gestión de recursos naturales y control de la contaminación. Esto permitirá contextualizar la problemática dentro del marco de las mejores prácticas internacionales y fundamentar las estrategias de mejora propuestas en el estudio. Con base en los hallazgos obtenidos, se formularán propuestas específicas para mitigar los impactos negativos identificados en la planta.

Análisis del diagnóstico. Una vez completado el diagnóstico, se procedió a realizar un análisis exhaustivo de las problemáticas detectadas. Se prestará especial atención a los procesos más críticos, priorizando aquellos que requieren ajustes inmediatos para cumplir con la normativa vigente.

Este análisis permitió establecer un orden de prioridad en la implementación de soluciones, enfocándose en la reducción de la contaminación, la optimización del aprovechamiento de subproductos y la mejora de los procedimientos operativos. A partir de esta información, se propondrán estrategias concretas para optimizar la eficiencia ambiental de la planta.

Revisión de la documentación. Paralelamente al diagnóstico, se realizó una revisión exhaustiva de la normativa vigente que regula el funcionamiento de las plantas de sacrificio en Colombia. Se analizaron especialmente las disposiciones emitidas por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) y otras entidades reguladoras.

Esta revisión documental se enfocó en aspectos clave como los métodos de sacrificio permitidos, el manejo y disposición de residuos, y las condiciones ambientales exigidas para su operación. Adicionalmente, se complementó con las necesidades detectadas en la evaluación de la planta, lo que permitirá ajustar las estrategias propuestas a la realidad operativa del matadero de Popayán.

3.2 DESARROLLO DE MATRICES AMBIENTALES

Una vez completado el diagnóstico inicial, se procedió con el diseño y aplicación de matrices ambientales, herramientas que permitirán evaluar el grado de cumplimiento de la normativa, así como otros factores determinantes en la operación de la planta. Estas matrices posibilitarán un análisis estructurado de los aspectos legales, sociales, económicos y tecnológicos que inciden en la gestión de residuos y el desempeño ambiental de la instalación.

Matriz de requisitos legales. También conocida como Matriz de Marco Legal Ambiental, es una herramienta que compila de manera sistemática las normas, leyes, decretos y resoluciones que aplican a una organización en materia ambiental. Esta matriz tiene como propósito principal facilitar el cumplimiento de las obligaciones legales, asegurando que la organización opere bajo el marco normativo vigente.

En el ámbito colombiano, las plantas de beneficio animal deben registrarse por un conjunto de disposiciones legales que regulan aspectos como el manejo y disposición de residuos sólidos y líquidos, el control de emisiones atmosféricas, el vertimiento de aguas residuales, la protección del recurso hídrico, la prevención de la contaminación, el bienestar animal y la calidad sanitaria de los productos cárnicos. Dichas normativas se encuentran establecidas en documentos oficiales, tales como el Decreto 1500 de 2007, el Decreto 3930 de 2010, el Decreto 1594 de 1984, entre otros.

La matriz permite a la organización identificar el grado de cumplimiento con cada norma, lo que facilita la detección de incumplimientos o falencias que deban corregirse. Asimismo, se convierte en un instrumento de gestión preventiva, ya que permite anticipar posibles riesgos legales y adoptar medidas correctivas que aseguren el cumplimiento de los requisitos aplicables.

Dentro de esta etapa, se elaboró una matriz de requisitos legales, la cual contendrá un análisis detallado de las normativas nacionales y locales que regulan la operación de las plantas de beneficio animal. Entre las principales normativas a evaluar se encuentran el Decreto 1500 de 2007 y diversas resoluciones complementarias que establecen estándares para el manejo adecuado de residuos y la operación de estas instalaciones.

A través de esta matriz, se verificó si la planta de Popayán cumple con todos los lineamientos legales y ambientales vigentes, permitiendo detectar posibles incumplimientos y áreas de mejora. Esta herramienta sirvió como base para la formulación de estrategias correctivas y garantiza que las recomendaciones del estudio estén alineadas con los marcos regulatorios aplicables.

Matriz PESTAL. La matriz PESTAL es una herramienta de análisis estratégico que permite evaluar los factores externos que pueden afectar a una organización. La sigla PESTAL corresponde a las dimensiones Política, Económica, Social, Tecnológica, Ambiental y Legal, cada una de las cuales representa un entorno específico que influye directa o indirectamente en la toma de decisiones de una organización (Carrión, 2013).

En el contexto de la gestión ambiental, la Matriz PESTAL permite identificar oportunidades y amenazas derivadas del entorno, brindando una visión integral de los factores que inciden en la sostenibilidad de la organización. Este tipo de análisis es particularmente útil para las plantas de beneficio animal, dado que operan bajo estrictas regulaciones legales y en un entorno social y económico cambiante.

Como parte del análisis estratégico, se elaboró una matriz PESTAL, la cual permitió evaluar los factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales que influyen en la operación de la planta de beneficio animal. Esta herramienta de análisis proporcionó una visión integral del entorno externo en el que opera la organización, facilitando la identificación de oportunidades y amenazas que podrían incidir en la sostenibilidad y viabilidad de las estrategias propuestas.

El desarrollo de esta matriz permitió comprender cómo las políticas gubernamentales y normativas ambientales pueden impactar las operaciones de la planta, así como evaluar el impacto de las condiciones económicas y sociales en la gestión de los residuos generados. De igual manera, se analizaron las innovaciones tecnológicas aplicables al sector, las regulaciones ambientales vigentes y las tendencias del mercado que podrían influir en la optimización del aprovechamiento de subproductos.

A partir de los hallazgos obtenidos, se diseñaron estrategias adaptadas a la realidad del entorno, permitiendo una mejor toma de decisiones y una planificación más eficiente en la implementación de mejoras dentro de la planta de beneficio.

Matriz RAI (Revisión Ambiental Inicial). La Matriz RAI es una herramienta que permite realizar un diagnóstico detallado de la situación ambiental de una organización. Su objetivo es identificar y evaluar los aspectos e impactos ambientales generados por las actividades, productos y servicios de la organización, así como determinar el grado de cumplimiento de los requisitos legales y otros compromisos asumidos (Bonilla, 2010).

La Revisión Ambiental Inicial constituye la base para la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental, dado que permite establecer una línea de referencia a partir de la cual se definen los objetivos, metas y programas ambientales de la organización. En el caso de las plantas de beneficio animal, la matriz RAI permite evaluar la generación y manejo de residuos sólidos y líquidos, las emisiones atmosféricas, el uso de recursos naturales, el ruido y la contaminación del suelo.

Toda la información recopilada durante el proceso de diagnóstico y la revisión documental será sistematizada y consolidada en la Matriz RAI (Revisión Ambiental Inicial). Esta herramienta permitirá identificar de manera estructurada los desechos generados por la planta de beneficio animal, así como evaluar las oportunidades de aprovechamiento de subproductos derivados del proceso de sacrificio.

La matriz RAI proporcionará una visión integral del impacto ambiental de la planta, facilitando la identificación de áreas críticas que requieren mejoras en la gestión de

residuos. Además, servirá como base para el diseño de estrategias de mitigación y optimización ambiental, asegurando el cumplimiento de la normativa vigente y promoviendo un uso más eficiente de los recursos.

A partir de los valores obtenidos, se podrán formular propuestas orientadas a la reducción de la contaminación, la valorización de subproductos y la implementación de prácticas sostenibles dentro de la planta. De este modo, la matriz RAI se convierte en una herramienta clave para la toma de decisiones informadas, contribuyendo a la mejora continua de los procesos productivos y ambientales.

3.3 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Con base en los resultados obtenidos en el diagnóstico y el análisis de las matrices ambientales, se procederá a identificar las áreas de mayor impacto ambiental dentro de la planta de beneficio animal. Este proceso se enfocará especialmente en las estaciones donde la generación de residuos sólidos, emisiones atmosféricas y contaminación acústica presentan niveles críticos.

La priorización de estas áreas se realizará considerando su riesgo potencial sobre los recursos naturales, con especial énfasis en el agua, el aire y el suelo, dado que son los elementos más afectados por las actividades operativas de la planta. Esta evaluación permitirá determinar los puntos críticos en el proceso productivo y establecer medidas correctivas orientadas a minimizar su impacto negativo.

A partir de esta identificación, se formularán estrategias específicas de mitigación y optimización ambiental, asegurando que las acciones propuestas sean efectivas y viables dentro del marco regulatorio vigente. La implementación de estas estrategias no solo contribuirá a la reducción del impacto ambiental, sino que también permitirá mejorar la eficiencia operativa y promover el cumplimiento de las normativas ambientales aplicables.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como parte del presente estudio, se propuso la realización de un diagnóstico integral de la planta de beneficio animal de la ciudad de Popayán, con el propósito de evaluar su línea de producción, identificar los productos y subproductos generados, y analizar el manejo de los desechos y aguas residuales. Uno de los aspectos más relevantes de este análisis es la identificación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), la única en su tipo en el departamento del Cauca, lo que representa un factor diferencial en comparación con otras plantas de beneficio de la región. Adicionalmente, se llevará a cabo una evaluación de los aspectos e impactos ambientales, tanto positivos como negativos, derivados de las actividades operativas de la planta, con base en la problemática identificada y el análisis de literatura especializada sobre la gestión de residuos en este tipo de instalaciones.

Con los datos obtenidos, se procedió a la construcción de una matriz de requisitos legales, la cual permitirá contrastar las condiciones observadas en la planta con el marco normativo vigente. Esta matriz se sustentará en la revisión de la legislación aplicable, incluyendo decretos y normativas emitidas por entidades gubernamentales, con el fin de desarrollar estrategias que fomenten la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA). Asimismo, se plantearán alternativas para el aprovechamiento de los residuos post-productivos, con el objetivo de reducir el impacto ambiental generado por las operaciones de la planta y minimizar la contaminación de los ecosistemas circundantes.

De manera complementaria, se desarrollará un análisis PESTEL, a través del cual se identificarán los factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales que influyen en la operación de la planta. Este análisis permitirá establecer qué factores impactan de manera positiva, negativa o indiferente en el desempeño de la instalación, facilitando el diseño de estrategias

para la optimización de sus procesos productivos. A partir de estos hallazgos, se planteará una propuesta de mejora para el sistema actual, con énfasis en el aprovechamiento de los residuos post-productivos, particularmente la sangre, mediante la creación de un área específica para su tratamiento y valorización.

Asimismo, se planifica la elaboración de una matriz RAI (Revisión Ambiental Inicial), con el propósito de analizar en mayor profundidad los impactos ambientales asociados a las actividades de la planta. Esta herramienta permitirá evaluar y clasificar los impactos según intervalos de valoración, proporcionando una base para realizar un seguimiento continuo y proponer mejoras en los procesos que generan mayores afectaciones ambientales.

A partir de estos análisis, se busca que la organización pueda fortalecer su conocimiento y capacidades en materia de sostenibilidad, promoviendo mejoras en la productividad del sector cárnico y reduciendo significativamente los efectos ambientales adversos sobre fuentes hídricas, suelos y aire. Para ello, se plantean estrategias como el fortalecimiento del Plan de Gestión Integrado de Residuos Sólidos (PGIRS) y la optimización de los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES), los cuales desempeñan un papel fundamental en la reducción del impacto ambiental y la mejora de las condiciones sanitarias de la planta.

Por último, se destaca la importancia de la capacitación y concienciación del personal operativo, especialmente en lo que respecta al uso adecuado de los Elementos de Protección Personal (EPP). La implementación de estas medidas no solo contribuirá a la seguridad y bienestar de los trabajadores, sino que también garantizará un ambiente laboral más higiénico y seguro, alineado con los estándares de calidad y sostenibilidad exigidos en el sector cárnico.

Línea de producción de ganado mayor en la central de sacrificio: En el siguiente apartado se describen los procesos operativos que se realizan en la planta de beneficio animal de Popayán actualmente, adicional se menciona el diagnóstico que se realizó respecto al manejo y utilización que se les da a los residuos, catalogados como subproductos, generados en el proceso de sacrificio.

La planta de beneficio animal del municipio de Popayán es una organización que presta el servicio de sacrificio; esta entidad se enfoca principalmente en la obtención del principal producto proveniente de la materia prima del sector cárnico. La central de sacrificio de ganado bovino y porcino de la ciudad de Popayán se rige bajo la normatividad vigente, entre estas, direccionada por el Decreto 2278 de 1982 del MinSalud, por el cual se reglamenta de manera parcial el título V de la ley 09 de 1979 para el sacrificio de animales para consumo humano y procesamiento, transporte y comercialización de su carne.

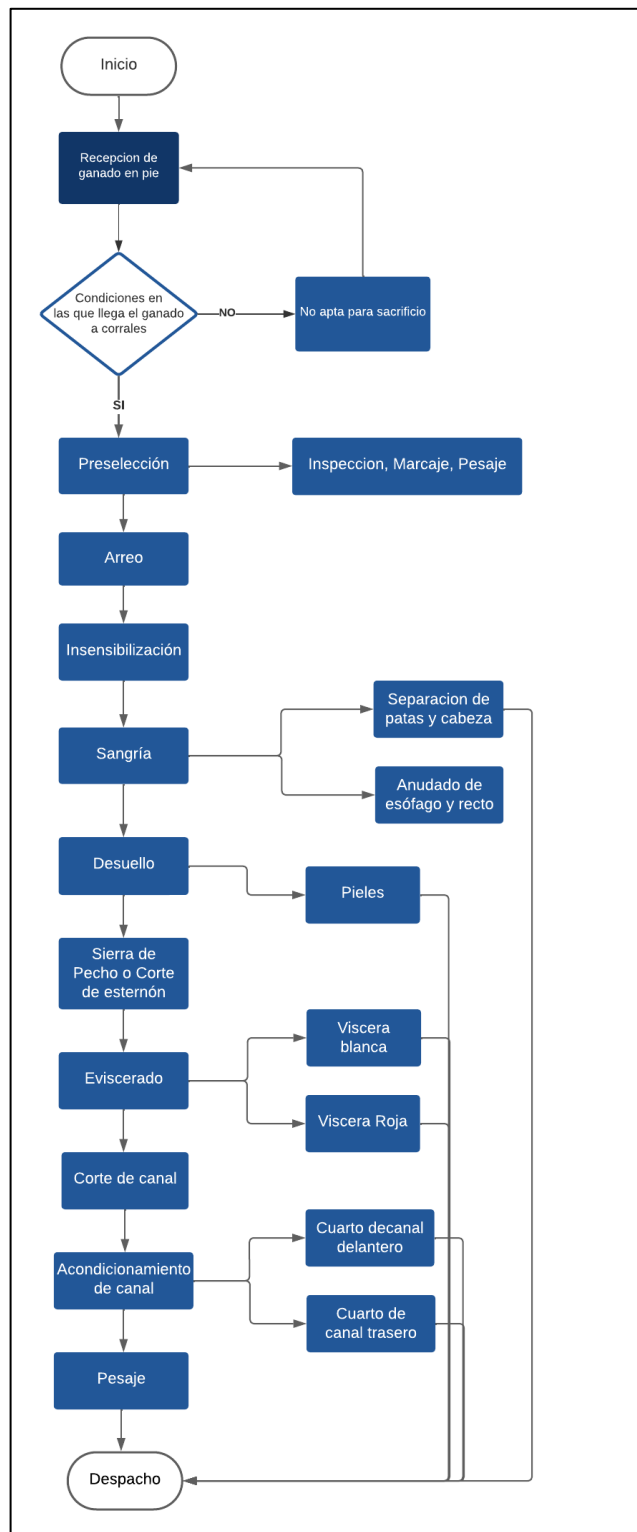


Figura 4. Mapa de proceso (Fuente: El autor)

De igual manera se rige bajo el Decreto 1500 de 2007 del Ministerio de la Protección Social, siendo éste el más relevante, debido a que establece el reglamento técnico para la creación del sistema oficial de inspección, vigilancia y control de la carne, productos cárnicos comestibles y derivados cárnicos destinados para consumo humano. Además, el Decreto 2270 de 2012 siendo una versión más actualizada que modifica el Decreto 1500 de 2007 dictando otras disposiciones. La Resolución 0240 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección social donde establece los requisitos sanitarios para el funcionamiento de las plantas de beneficio animal, desposte, almacenamiento, comercialización, expendio, transporte, importación o exportación de carne y productos cárnicos comestibles.

La planta de beneficio animal de la ciudad de Popayán desarrolla sus actividades con el cumplimiento de las normas mencionadas anteriormente, con la finalidad de mantener la inocuidad del producto terminado, para ser un alimento apto para el consumo humano.

Procesos previos al sacrificio. Son todos aquellos procesos por los cuales el animal se somete desde la salida del establo hasta el proceso de arreo previo a ser insensibilizado.

Transporte. Se debe contar con camiones de tipo sencillo, con las condiciones adecuadas, es decir, ventilación, piso antideslizante, protección, enfatizando en el bienestar del animal. Además, los transportadores deben portar la guía sanitaria de movilización que expide el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Recepción, marcaje y pesaje. En la antigua plaza de ferias se cuenta con un área de corrales con desembarcaderos suficientes para el traslado de los animales; posteriormente al ser desembarcados en los corrales se codifican los animales en la parte superior con anticorrosivo rojo permitiendo diferenciar los lotes de cada proveedor, además, se tiene un registro de la hora de llegada, para tener un control

de tiempo de permanencia en los corrales; también el matadero dispone de una báscula para tener registro del peso vivo de los animales.

Inspección y reposo. En la planta de beneficio se cuenta con médicos veterinarios, que son los encargados de hacer la inspección sanitaria a todos los animales que se reciben en los corrales para posteriormente ser sacrificados, verificando así que estén en un buen estado de salud; luego de haber realizado lo mencionado anteriormente, el animal debe reposar un tiempo no menor a seis horas, donde tendrá un descanso digestivo y corporal, contribuyendo positivamente a la calidad de la carne.

Arreo. En este proceso para poder trasladar el animal del corral a la planta por la manga de conducción, se utiliza una picana eléctrica para que el animal siga el camino al cajón de insensibilización; cabe recalcar que este elemento se utiliza siempre en los cuartos posteriores del animal, nunca en las zonas sensibles como la boca, orejas, región genital, con el fin de evitar que el animal sufra de estrés afectando la calidad del producto terminado (ver figura 5).



Figura 5. Arreo (Fuente: El autor)

Proceso de sacrificio y faenado. A partir de este punto se describen los procesos de sacrificio y faenado, partiendo desde la insensibilización hasta la evisceración total, para la obtención de la carne en canal.

Insensibilización. Este proceso permite el aturdimiento del animal, de tal modo que facilite el izado y sangría, en el matadero del municipio de Popayán el cajón de insensibilización está construido con los requerimientos estipulados, sin embargo, este es bastante amplio, por lo cual el animal presenta un movimiento constante. Para el método de aturdimiento se utiliza una pistola knocker la cual opera dando una descarga de presión, alrededor de 165 a 180 PSI en la parte anterior de la nuca a nivel de la cabeza con el cuello (ver figura 6).

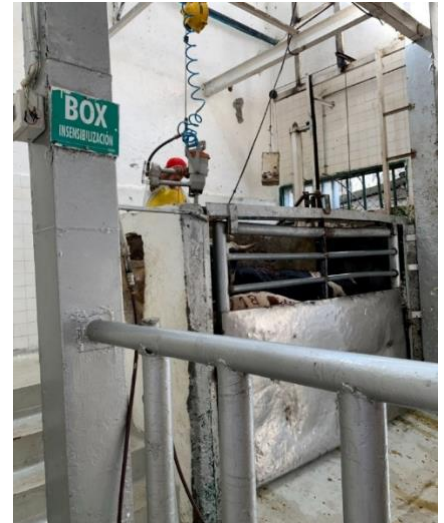


Figura 6. Insensibilización con pistola knocker (Fuente: El autor)

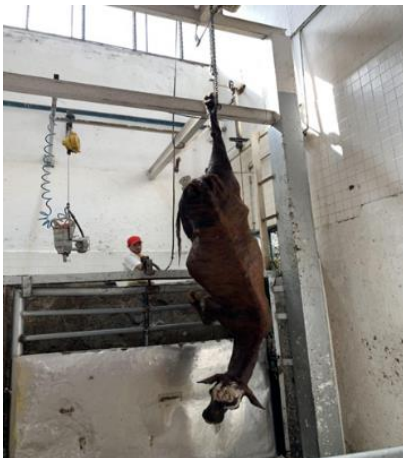


Figura 7. Izado (Fuente: El autor)

Izado. Se cuelga el animal de una de sus extremidades posteriores a un riel para así facilitar la sangría, en el matadero este proceso se realiza lavando simultáneamente al animal quitando algunas impurezas. (ver figura 7)

Sangría. En el proceso de sangría se hace un énfasis debido al impacto ambiental que genera la sangre con su carga contaminante, adicionalmente otros procesos que se mencionan a lo largo del desarrollo del proyecto. La sangría o degüello consiste en realizar el corte de los vasos sanguíneos, ya sea por la parte de atrás de la mandíbula inferior o en el lado izquierdo de la unión entre el cuello y el pecho. Este método es utilizado en la planta de beneficio de Popayán (ver figura 8), a pesar



Figura 8. Proceso de sangría (Fuente: GRISALES Oscar, 2015)

de que éste no es el método más rápido, es muy útil para que no se reduzca la calidad de la carne. No obstante, por norma se tiene establecido un tiempo mínimo de desangrado de tres minutos antes de comenzar el desuello; para poder continuar con el proceso, el operario debe verificar que el animal esté sin signos vitales; en este proceso se descompensa el sistema cardiovascular del animal donde finalmente muere por anemia.

Separación de patas y cabeza. La separación debe realizarse inmediatamente al terminar la sangría con la ayuda de un cuchillo que previamente se ha lavado y esterilizado. Al ser retiradas las extremidades estas son conducidas al área de patas y cabezas, la cual es contigua al proceso de sangría, para ser acondicionadas según las especificaciones del proveedor.

Anudado de esófago. Este proceso se realiza con el fin de evitar la salida del contenido gastrointestinal durante el desuello y eviscerado, con una fibra de polipropileno se anuda el esófago, siendo este uno de los puntos con mayor control del proceso de sacrificio.

Corte de esternón. Al llegar el animal a esta estación se corta primeramente el vientre del animal para luego introducir una sierra eléctrica para realizar el corte del esternón. (ver figura 9)



Figura 9. Estación de corte de esternón con sierra eléctrica (Fuente El autor)



Figura 10. Retiro de piel con cilindro desollador (Fuente El autor)

Desollado. Al terminar de separar la piel desde el cuello hasta el vientre, para retirarla en su totalidad y prevenir que el subproducto pueda generar contaminación cruzada por la alta carga contaminante, la piel es retirada con ayuda de un polipasto de transferencia y un cilindro desollador (ver figura 10). Luego de haber retirado la piel, esta es conducida para el área de pieles, donde es acondicionada y pesada.

Eviscerado. En este proceso se extraen el conjunto de víscera blanca y roja; la blanca es retirada a partir de la terminación de los intestinos y se deja caer sobre una mesa de acero inoxidable que se dirige a la zona de lavado y acondicionamiento de vísceras blancas (ver figura 11). Del mismo modo se extrae la vesícula biliar, teniendo en cuenta que a esta se le extrae el contenido (bilis), el cual es almacenado



Figura 11. Retiro de víscera blanca
(Fuente el autor)

para ser aprovechado posteriormente. Continuando con el proceso, se retira el conjunto de víscera roja el cual se cuelga en un gancho para ser inspeccionado. Cabe recalcar que al ser sacrificado el animal no debe superarse el tiempo de 30 minutos para realizar el proceso de evisceración, debido a que el aparato digestivo es el factor más propenso a contaminar la carne, ya que las paredes del intestino se dilatan y permiten el paso de microorganismos por la relajación del músculo.

Corte y acondicionamiento de canal. Con ayuda de una sierra eléctrica la canal se divide en dos partes iguales (ver figura 12). Cabe mencionar que previamente a realizarse el corte se retiran del animal (macho) los órganos; una vez la canal está dividida a la mitad con ayuda de un cuchillo lavado y esterilizado, se retira la médula espinal y se finaliza con el cuarteo y lavado de canales para su respectiva inspección y pesado. En la central de sacrificio de Popayán no se cuenta con cuartos fríos por ende se procede a despachar los cuartos de canal a los proveedores luego de ser inspeccionados y pesados en los camiones refrigerados. (ver figura 13)



Figura 12. Corte de canal con sierra eléctrica (Fuente el autor)



Figura 13. Cargue de cuartos de canal posterior a la inspección y pesado (Fuente el autor)

Identificación de áreas de impacto ambiental. Las áreas identificadas y descritas, en la planta de beneficio animal de Popayán requieren una atención y/o supervisión prioritaria en términos de implementación de medidas para poder mitigar el impacto ambiental. Por lo tanto, es crucial desarrollar estrategias efectivas para poder darle un buen manejo a la carga contaminante previo a ser vertida en el efluente, del mismo modo el ruido y los olores que genera el proceso del sacrificio, para poder garantizar una operación más sostenible y responsable centrándose en un punto de vista ambiental.

Área de sangría. El área de sangría se señala como la de mayor impacto ambiental debido a la elevada carga contaminante que se libera al efluente. Este tipo de contaminación no solo afecta la calidad del recurso hídrico, sino que también puede presentar repercusiones en el ecosistema y la salud pública si no se le da el manejo adecuado.

Compresores. Se resalta el área de compresores y sierra de canales, siendo estas unas fuentes significativas de contaminación auditiva; el ruido que se produce en estas dos estaciones, llega a causar un impacto negativo en la salud de los trabajadores, provocando estrés, fatiga y en casos extremos la pérdida de la audición.

Separador de sólidos. Se identifica un factor relacionado con la contaminación odorífera, derivada de los residuos que se generan durante el proceso de sacrificio; estos olores no sólo presentan una inconformidad para la comunidad, sino que también pueden aumentar el riesgo de generar problemas sanitarios.

Procesamiento y uso de los productos secundarios. Además de la carne en canal, el proceso de sacrificio genera diversos productos secundarios que complementan la comercialización del producto terminado. Estos subproductos se clasifican en comestibles y no comestibles, desempeñando un papel fundamental en la optimización del aprovechamiento de los recursos generados en la planta de beneficio animal.

Comestibles. Los subproductos comestibles incluyen una variedad de órganos y partes del animal que pueden ser utilizados para el consumo humano, ya sea de forma directa o como materia prima en la elaboración de otros productos cárnicos:

- Visceras rojas: Corazón, pulmón, hígado, bazo y riñones, los cuales son empleados en diferentes preparaciones culinarias y en la industria alimentaria.
- Visceras blancas: Panza, bonete, librillo, cuajar, intestino delgado e intestino grueso, utilizados en la producción de embutidos y otros productos cárnicos procesados.
- Otras partes comestibles: Patas, sesos, rabo, lengua, cabeza y órganos genitales, algunos de los cuales tienen demanda en mercados especializados.
- Restos cárnicos: Esófago y músculos subcutáneos, empleados principalmente en la fabricación de embutidos.

No comestibles. Los subproductos no comestibles también representan una fuente importante de materias primas para diferentes industrias. Su adecuado procesamiento permite maximizar su aprovechamiento y reducir el impacto ambiental generado por los desechos.

- Cueros: Constituyen el subproducto de mayor valor comercial, por lo que su acondicionamiento y procesamiento deben realizarse bajo estrictos controles de calidad. Es fundamental evitar cortes y rasgaduras durante su manipulación, ya que estos pueden afectar significativamente su valor en el mercado.
- Sangre: Se recolecta para su aprovechamiento en diversas aplicaciones industriales. La planta de beneficio de Popayán mantiene un convenio con Refinal S.A.S, empresa que utiliza un porcentaje de la sangre recolectada para su transformación en productos como harinas y aceites. Asimismo, este subproducto puede ser empleado en la fabricación de embutidos, optimizando su reutilización dentro de la industria cárnica.
- Sebo: Es la grasa bruta obtenida durante la extracción y limpieza de las vísceras. Generalmente, se destina a la fabricación de alimentos concentrados para animales y se utiliza en la industria cosmética, donde se incorpora en la elaboración de productos como jabones y cremas.

El correcto procesamiento y valorización de estos subproductos no solo contribuye a la optimización de los recursos generados en la planta, sino que también representa una oportunidad de desarrollo económico mediante la comercialización de insumos derivados del sacrificio animal. Adicionalmente, su aprovechamiento permite reducir la cantidad de residuos y minimizar el impacto ambiental asociado a la actividad cárnica.

Subproductos generados en la planta de sacrificio. En la actualidad, los frigoríficos han adoptado un nuevo enfoque en el beneficio bovino, integrando no solo el sacrificio, sino también la transformación, maquila y comercialización de los productos derivados. Dentro de este modelo, el aprovechamiento de los

subproductos se ha convertido en una estrategia clave para promover el desarrollo sustentable, reduciendo el impacto ambiental y optimizando el uso de los recursos generados en la planta.

A nivel internacional, las plantas de sacrificio son clasificadas como organizaciones estratégicas en la generación de recursos proteicos para la alimentación humana y animal, lo que permite maximizar la utilización de los desechos que producen. En este sentido, los subproductos de origen bovino han cobrado una gran relevancia en la industria, no solo por su valor comercial, sino también por su contribución a la sostenibilidad y reducción de residuos.

Las vísceras rojas y blancas son consideradas subproductos del sacrificio, sin embargo, su alta demanda comercial las convierte en insumos de gran importancia para el mercado. Entre los más solicitados por los consumidores se encuentran el hígado, los pulmones, la panza, los librillos y los intestinos, los cuales son ampliamente utilizados en la gastronomía y en la producción de derivados cárnicos.

Por otro lado, existen subproductos generados en la planta de beneficio que, a pesar de su potencial de aprovechamiento, no han sido optimizados en su totalidad. Entre estos se encuentran la sangre, la médula espinal, la bilis, los cachos, el contenido ruminal, el cuero o piel y los fetos. La correcta gestión de estos desechos no solo representa una oportunidad económica para la industria, sino que también permite reducir la contaminación ambiental, al evitar la disposición inadecuada de residuos. A continuación, se presentan las características de los subproductos menos aprovechados en la planta de sacrificio, su manejo actual y sus posibles aplicaciones industriales:

Sangre. La sangre bovina es un líquido conectivo de color rojo, cuya tonalidad se debe a la presencia de hemoglobina. Circula a través de las arterias y venas del organismo del animal, desempeñando funciones fisiológicas esenciales como la

distribución de oxígeno y nutrientes a las células. Su composición se divide en dos partes principales: plasma y paquete celular.

El plasma sanguíneo representa entre el 60 y el 65% del volumen total y está compuesto en su mayoría por agua, mientras que el paquete celular, conformado por glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas, constituye entre el 35 y el 40% de la sangre total del bovino (Linden y Lorient, 1997).

A pesar de que la sangre es un componente constante en los organismos, su composición química varía en función de diversos factores, tales como la raza del animal, su edad, estado fisiológico y alimentación. No obstante, se ha establecido una composición media aproximada, en la que la sangre bovina contiene 80% de agua, 18% de proteínas y 2% de hidratos de carbono, lípidos y sales minerales (Linden y Lorient, 1997).

El aprovechamiento de la sangre bovina representa una alternativa sustentable y rentable, ya que su correcta gestión permite su uso en la producción de harinas, aceites y embutidos, así como en aplicaciones en la industria farmacéutica y de fertilizantes. Sin embargo, para que su valorización sea efectiva, es fundamental establecer protocolos de recolección, procesamiento y almacenamiento que aseguren su calidad y viabilidad para las diferentes industrias.

Manejo de la sangre en la planta de sacrificio. Anteriormente, la sangre generada durante el proceso de sacrificio en la planta de beneficio animal de Popayán era vertida a través de una canaleta de drenaje, la cual conducía el fluido hacia un tanque de almacenamiento ubicado en el exterior de la planta. Este tanque permanecía en uso hasta alcanzar su capacidad máxima, momento en el cual la sangre era extraída mediante una bomba de succión y redirigida hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Sin embargo, este método de manejo presentaba importantes problemáticas ambientales y económicas. Entre los inconvenientes más relevantes se encontraban la generación de malos olores, que afectaban tanto al personal de la planta como a la comunidad aledaña, y el incremento en los costos operativos, debido a la sobrecarga de la PTAR y el mantenimiento continuo requerido para su óptimo funcionamiento.

Con el objetivo de mitigar los impactos negativos asociados a la disposición de la sangre, a inicios del año 2014 la planta de beneficio inició un proceso de evaluación de estrategias de gestión más sostenibles. Como parte de esta iniciativa, se analizó la posibilidad de aprovechar la sangre como materia prima para la industria agropecuaria y alimentaria.

Dado que en el departamento del Cauca no existen plantas especializadas en el procesamiento y aprovechamiento de sangre bovina, se realizó un análisis exhaustivo de posibles aliados estratégicos en la región. Dicha situación llevó a contactar con la empresa Refinal S.A., ubicada en el municipio de Candelaria, Valle del Cauca, la cual manifestó interés en la adquisición de la sangre proveniente de la central de sacrificios de Popayán para su transformación en productos agroindustriales.

Si bien los costos de transporte eran bastante elevados para el matadero, la necesidad de la planta de sacrificio de evacuar este residuo llevó a un acuerdo entre ambas partes. Como resultado de esta negociación, Refinal S.A. asumió los costos de transporte sin generar remuneración económica para la planta de beneficio, aprovechando la materia prima mientras la planta reducía sus problemas ambientales y operativos.

Para garantizar que la sangre recolectada se mantuviera en condiciones óptimas para su aprovechamiento, la planta de beneficio implementó modificaciones en su

infraestructura y procesos operativos. Entre los cambios realizados, se destaca la instalación de un soporte metálico, cuya función es evitar que, durante el desangrado del animal, el contenido gastrointestinal entre en contacto con la sangre. Esta adecuación permitió reducir significativamente el nivel de contaminación del fluido, mejorando su calidad y facilitando su posterior procesamiento por parte de Refinal S.A.

En el siguiente apartado se presenta un comparativo entre el método anterior y actual de recolección y manejo de la sangre en la central de sacrificios de Popayán, evidenciando las mejoras implementadas y su impacto en la gestión ambiental de la planta.



Figura 14. Anterior método de recolección de la sangre (Fuente: GRISALES Oscar, 2015.)

El cambio presentado en el método de recolección para mejorar el porcentaje de aprovechamiento es la adición de una rejilla, que ayuda en cierta proporción a retener el contenido gastrointestinal que expulsa el animal en el proceso de sangría. En el método de recolección utilizado anteriormente en la planta de beneficio se pueden identificar deficiencias, ya que no se tenía la prevención de garantizar su calidad para su posterior aprovechamiento. En la figura anterior se

puede observar como la sangre cae a la canaleta directamente sin importar que otros residuos puedan afectar su composición química, no obstante, se resalta el cuidado prioritario que se le tiene a la sangre que está destinada al consumo humano para la preparación de embutidos y platos autóctonos de la región, debido a que su recolección se lleva a cabo sin que esta toque el suelo y siendo almacenada en recipientes previamente lavados y esterilizados.



Figura 15. Método actual de recolección de la sangre. (Fuente. El autor)

Se observa en el método de recolección actual un soporte metálico el cual no asegura en un cien por ciento que la sangre esté completamente libre de contenido gastrointestinal o del agua que se utiliza en el proceso, sin embargo, la instalación de este soporte ha contribuido de manera positiva al aprovechamiento, cabe recalcar que las condiciones de recolección de la sangre en el matadero permiten aprovechar la sangre para la alimentación animal o como fertilizante.

Aplicaciones industriales de la sangre. Además del aprovechamiento de la sangre en la elaboración de harinas de sangre para la alimentación animal y en la producción de plasma como emulsificante, este subproducto cuenta con diversas aplicaciones industriales. Su alto contenido en nutrientes lo convierte en una materia prima valiosa para la fabricación de fertilizantes y en la preparación de productos tradicionales de gran valor culinario en la región, como la rellena.

Cuernos o capa córnea. Para garantizar el bienestar animal, se recomienda la implementación de una práctica denominada topizado, la cual consiste en evitar el crecimiento de los cuernos en la región frontal de la cabeza del bovino. Este procedimiento debe realizarse antes de que el animal cumpla seis meses de edad, bajo condiciones adecuadas que minimicen el riesgo de infecciones y otros efectos adversos en su salud.

El topizado permite reducir los riesgos asociados al manejo de los bovinos y disminuye la posibilidad de heridas o traumatismos ocasionados por los cuernos. No obstante, esta práctica aún no se encuentra completamente estandarizada en la industria, por lo que la capa córnea se mantiene como un subproducto con alto potencial de aprovechamiento. Los cuernos bovinos están compuestos principalmente por queratina, una proteína rica en azufre. Para su separación de la cabeza, es necesario someterlos a un proceso de inmersión en agua caliente (entre 65 y 70°C) durante algunos minutos, tras lo cual se pueden separar mediante un golpe de martillo en la base del hueso.

Manejo de los cuernos en la planta de beneficio. Se estima que alrededor del 90% del ganado que ingresa a la planta de beneficio no ha sido sometido al proceso de topizado, por lo que sus cuernos permanecen intactos en el momento del sacrificio. En la fase de post-sacrificio, la cabeza del animal es sometida a un proceso de lavado e inspección sanitaria. Sin embargo, en la planta de beneficio no

se realiza la extracción de los cuernos, por lo que la cabeza completa se entrega directamente al usuario que ha contratado el servicio de sacrificio.

Aplicaciones industriales de los cuernos. Los cuernos bovinos poseen un amplio rango de aplicaciones industriales, ya que pueden ser utilizados en la fabricación de diversos productos de uso cotidiano. Entre sus aplicaciones más comunes se encuentran:

- Mangos para cuchillos y herramientas
- Harina de cuerno, empleada como fertilizante orgánico por su alto contenido de nitrógeno
- Instrumentos musicales
- Piezas de ajedrez y otros artículos artesanales

El aprovechamiento de este subproducto representa una alternativa sustentable que, además de reducir los desechos generados en la planta de beneficio, brinda oportunidades de comercialización en sectores como la artesanía, la agricultura y la industria manufacturera.

Bilis y vesícula biliar. La bilis es un fluido biológico producido en el hígado y almacenado en la vesícula biliar. Su función principal es facilitar la digestión de grasas y vitaminas liposolubles (A, D, E y K) en el intestino delgado. En el caso de los rumiantes, la digestión ocurre en gran parte dentro del rumen, donde los microorganismos degradan los ácidos grasos volátiles (AGV) antes de que los alimentos lleguen al intestino. No obstante, la bilis sigue desempeñando un papel fundamental en la absorción de lípidos de cadena larga, contribuyendo así a la regulación del metabolismo del animal.

Situación actual de la planta de tratamiento de aguas residuales. La planta de beneficio animal de la ciudad de Popayán, realiza sus vertimientos de agua residual en el Río Ejido, esto se debe a que este es el efluente más cercano. Teniendo como propósito dar cumplimiento a la normatividad actual en cuanto a vertimientos, por lo

cual, el matadero cuenta con una planta industrial de tratamiento de aguas residuales la cual permite obtener porcentajes de remoción de carga orgánica.



Figura 16. Planta de tratamiento (Fuente el autor)

A continuación, en las siguientes tablas se observan los resultados obtenidos en eficiencias de remoción para los parámetros más importantes de vertimientos, es decir, para mantener los niveles adecuados de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST) y grasas en la caracterización de vertimientos generados en la Central de Sacrificios se muestran a continuación. (ver tablas 1 y 2).

Tabla 1. Eficiencia de la planta de tratamiento (Fuente: Sociedad Agricultores y Ganaderos del Cauca, 2023).

EFLUENTE	EFLUENTE INDUSTRIAL		
Cargas/Eficiencia	Cargas totales entrada	Cargas totales salida	Eficiencia
DBO_5 (Kg/día)	365,22	62,88	82,78
DQO (Kg/día)	561,37	136,74	75,64
SST (Kg/día)	182,63	35,54	80,54
Grasas (Kg/día)	38,57	4,28	88,90

Tabla 2. Eficiencia de la planta de tratamiento por día de operación y eficiencias de remoción teniendo en cuenta remoción en seco de rumen (Fuente: Adaptado de: Sociedad Agricultores y Ganaderos del Cauca, 2023).

EFLUENTE	PTO DE MUESTREO		EFLUENTE INDUSTRIAL		
Cargas/Eficiencia	Rumen	Vertimiento	Cargas E.	Cargas S.	Eficiencia
DBO ₅ (Kg/día)	87,02	365,22	452,24	62,88	86,10
DQO (Kg/día)	182,13	561,37	743,5	136,74	81,61
SST (Kg/día)	109,09	182,63	291,71	35,54	87,82
Grasas (Kg/día)	1,85	38,57	40,42	4,28	89,40

El matadero de la ciudad de Popayán cumple con las normas ambientales estipuladas en el decreto 1594 de 1984 que expende el Ministerio de Agricultura, para vertimiento cuerpo a cuerpo de agua en cuanto a temperatura máxima, pH máximo y mínimo. (ver tabla 3).

Tabla 3. Cumplimiento de la normatividad ambiental (Fuente: Sociedad Agricultores y Ganaderos del Cauca, 2023).

Punto de muestreo	Legislación	Salida PTAR
Jornada de composición	Decreto 1594/84	14:30- 20:30
pH mínimo	5,0	6,4
pH máximo	9,0	6,8
Temperatura máxima (°C)	< 40,0	22,9
DBO ₅ (%)	> 80,0	86,10
SST	> 80,0	87,82
Grasas y/o aceites	> 80,0	89,40

Tabla 4. Sacrificio de ganado (Fuente. Adaptación de tabla del DANE, 2024)



DEPARTAMENTO
ADMINISTRATIVO
NACIONAL DE
ESTADÍSTICA

INFORMACIÓN ESTADÍSTICA

SACRIFICIO DE GANADO VACUNO Y PORCINO EN 61 MUNICIPIOS

MOVIMIENTO POR CIUDADES SEGÚN MESES

Enero - Diciembre 2004

MUNICIPIO	PERIODO	Carácter de la	V A C U N O							
POPAYAN	Enero	P	1.604	561.755	1.269	437.805	335	123.950	202	17.550
POPAYAN	Febrero	P	1.650	618.100	1.300	509.600	350	108.500	245	20.994
POPAYAN	Marzo	P	1.781	698.568	1.436	553.578	345	144.990	238	24.150
POPAYAN	Abril	P	1.685	654.356	1.352	514.436	333	139.920	160	14.430
POPAYAN	Mayo	P	1.583	605.573	1.255	475.853	328	129.720	133	11.755
POPAYAN	Junio	P	1.738	671.550	1.423	548.350	315	123.200	125	11.280
POPAYAN	Julio	P	1.755	667.325	1.475	564.925	280	102.400	184	17.230
POPAYAN	Agosto	P	1.852	705.480	1.432	558.480	420	147.000	159	15.480
POPAYAN	Septiembre	P	1.786	707.050	1.551	587.200	235	119.850	194	17.860
POPAYAN	Octubre	P	1.496	581.620	1.220	465.700	276	115.920	112	9.955
POPAYAN	Noviembre	P	1.989	795.159	1.637	646.615	352	148.544	160	14.200
POPAYAN	Diciembre	P	1.817	758.649	1.492	629.624	325	129.025	187	18.440

Tabla 5. Rendimiento del proceso de sacrificio (Fuente. El autor)

Día	N° de reses promedio
Lunes	37
Martes	35
Miércoles	48
Jueves	57
Viernes	61
Sábado	78
Total, semanal	316

Para rendimiento del proceso de sacrificio la mayoría de residuos generados en el sacrificio son aprovechables y cuentan con cierto valor económico, por ende, es importante mantener un buen rendimiento en el proceso según el tipo de subproducto a aprovechar. (ver tablas 4 y 5). En el siguiente apartado se muestra el aprovechamiento promedio obtenido en las reses de aproximadamente 300-400 kg sacrificadas en el matadero de Popayán.

El porcentaje de aprovechamiento de los residuos generados durante el sacrificio en el matadero de Popayán puede variar debido a las prácticas presentadas en el proceso de sacrificio, según los datos anteriormente suministrados, indican que el porcentaje de producto no aprovechable para consumo humano en el matadero oscila entre un 20% o 30% del peso vivo del animal (ver figura 17). Sin embargo, es importante destacar que muchos de estos subproductos no comestibles pueden ser aprovechados en otras industrias, como la producción de harinas, gelatinas y cueros, reduciendo así la cantidad de residuos finales.

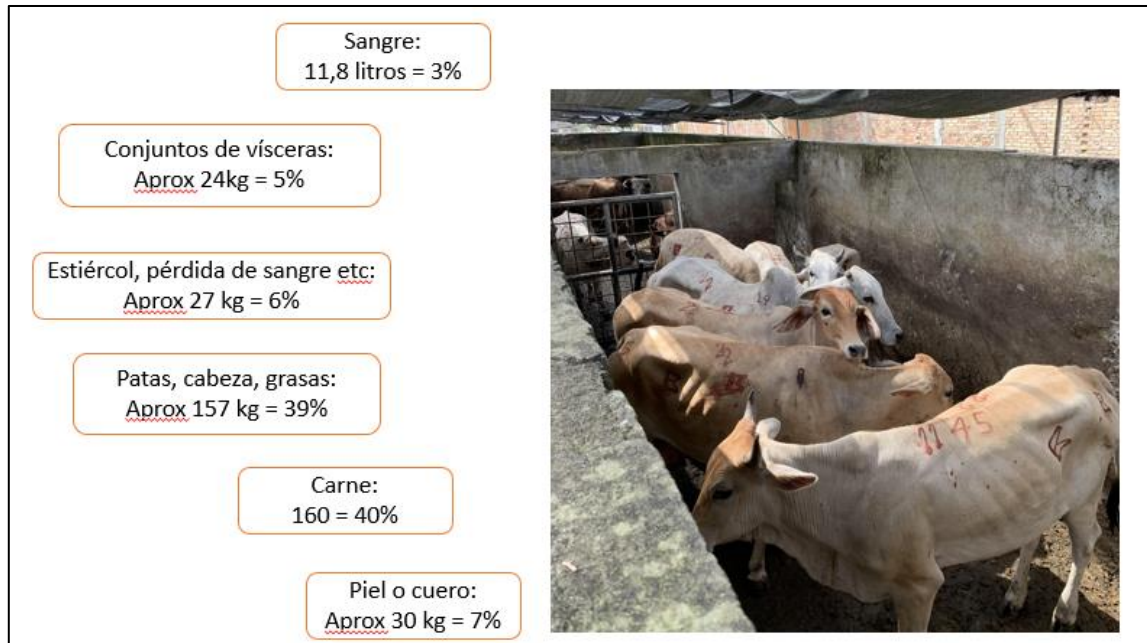


Figura 17. Aprovechamiento promedio por res sacrificada. (Fuente: El autor)

4.2 Análisis obtenidos de la valoración de las matrices ambientales

4.2.1 Análisis general de la matriz legal ambiental (ANEXO 1)

La matriz de marco legal (Ver Anexo 1) constituye una recopilación normativa relevante para la gestión ambiental de una organización, estructurada por componentes clave como agua, energía, residuos, aire, suelo y otros aspectos asociados, particularmente a la producción cárnica, de tal modo que se analiza la evaluación mediante una tabla de escala de cumplimiento como se observa en la tabla 6 (ver tabla 6). Se destacan normas nacionales (leyes, decretos, resoluciones) que han sido emitidas por diferentes entidades del Estado colombiano, especialmente ministerios como el de Ambiente, Salud, Agricultura y Vivienda. Aunque se observa una amplia y pertinente inclusión de normas, resulta preocupante la ausencia de evaluación del cumplimiento en cada uno de los casos, lo cual limita su utilidad como herramienta de gestión y seguimiento.

Componente agua: En el apartado relacionado con el recurso hídrico, se incluyen normas fundamentales como el Decreto 3930 de 2010, que regula los vertimientos y usos del recurso, y la Ley 373 de 1997, que promueve el uso eficiente del agua. También se destacan disposiciones sobre tasas retributivas (Decretos 3100 y 2667) y regulaciones técnicas sobre calidad del agua potable (Resolución 2115 de 2007). No obstante, en ningún caso se especifica si la organización cuenta con los permisos de vertimiento, registros ante autoridades ambientales o planes de ahorro y uso eficiente del agua, lo cual impide verificar el grado de conformidad legal en este frente.

Componente energía: En cuanto al uso de energía, la matriz incluye normas como la Ley 697 de 2001 y el Decreto 1073 de 2015, que exigen a las organizaciones implementar programas de uso racional y eficiente de la energía. El Decreto 1299 de 2008 también es clave, al requerir sistemas de gestión ambiental en industrias que así lo demanden. A pesar de lo anterior, no se consigna si existen programas activos de eficiencia energética, auditorías, o si la empresa realiza un control periódico sobre el consumo eléctrico. Esto constituye una omisión crítica para evidenciar la responsabilidad ambiental corporativa en el uso de recursos energéticos.

Componente residuos: Este componente está especialmente enfocado en la gestión de residuos en sectores como el bovino, bufalino y porcino, incluyendo normas como la Ley 430 de 1996 (residuos peligrosos), el Decreto 4741 de 2005 (manejo de residuos peligrosos) y el Decreto 1076 de 2015 (decreto único ambiental). El contenido normativo es adecuado, pero nuevamente se evidencia la falta de evaluación del cumplimiento: no se indica si los residuos peligrosos están siendo segregados correctamente, si se cuenta con planes de manejo de residuos sólidos (PMIRS) aprobados, ni si se hace disposición final conforme a la normativa vigente. Esto podría implicar riesgos legales y operativos importantes.

Componente aire: La legislación relacionada con la calidad del aire se representa mediante el Decreto 948 de 1995 y la Resolución 601 de 2006. Estas normas establecen límites permisibles de emisiones y estándares de calidad del aire. Aunque su inclusión es adecuada, la matriz no ofrece datos sobre monitoreos, controles de fuentes fijas, ni sobre acciones correctivas en caso de sobrepasar los niveles de emisión. Esta omisión impide confirmar si la entidad ejerce una gestión efectiva sobre sus emisiones atmosféricas.

Componente suelo: Respecto al suelo, sólo se hace mención a la Ley 388 de 1997, relacionada con el ordenamiento territorial. Si bien es una norma de importancia, su inclusión aislada podría indicar una visión reducida de los impactos sobre el suelo. Sería pertinente complementar este eje con normas sobre protección de suelos agrícolas, manejo de sustancias químicas o restauración ecológica en caso de intervención del terreno.

Otros componentes: sanidad e inocuidad alimentaria: Un componente relevante en la matriz es el vinculado al procesamiento de productos cárnicos. Normas como el Decreto 1500 de 2007 y las Resoluciones 240 de 2013 y 2905 de 2007 establecen criterios sanitarios para el sacrificio, almacenamiento y transporte de productos animales destinados al consumo humano. Estas disposiciones son indispensables para garantizar la inocuidad alimentaria, sin embargo, al no incluirse información sobre inspecciones, registros ante autoridades sanitarias o cumplimiento de condiciones técnicas, no se puede valorar adecuadamente el grado de cumplimiento en esta materia.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la matriz de requisitos legales, se evidencia que la empresa cumple con el 64% de las disposiciones normativas vigentes. Sin embargo, este nivel de cumplimiento aún no es suficiente para alcanzar el puntaje de satisfacción requerido, el cual debe superar el 80%.

El análisis revela que un 29% de los requisitos se cumplen de manera parcial, lo que indica la necesidad de fortalecer ciertos procesos administrativos y operativos para garantizar su implementación total. Asimismo, se detectó que el 7% de los requisitos no se cumplen, lo que representa una brecha significativa que podría generar riesgos legales, ambientales y operativos para la empresa. (ver figura 18) Ante este panorama, se hace imperativo el diseño e implementación de un sistema de gestión ambiental dentro de la organización, el cual permita corregir las deficiencias detectadas, optimizar la gestión de residuos y garantizar el cumplimiento total de la normativa vigente. La adopción de este sistema no solo contribuirá a mejorar el desempeño ambiental de la empresa, sino que también fortalecerá su sostenibilidad y competitividad en el sector.

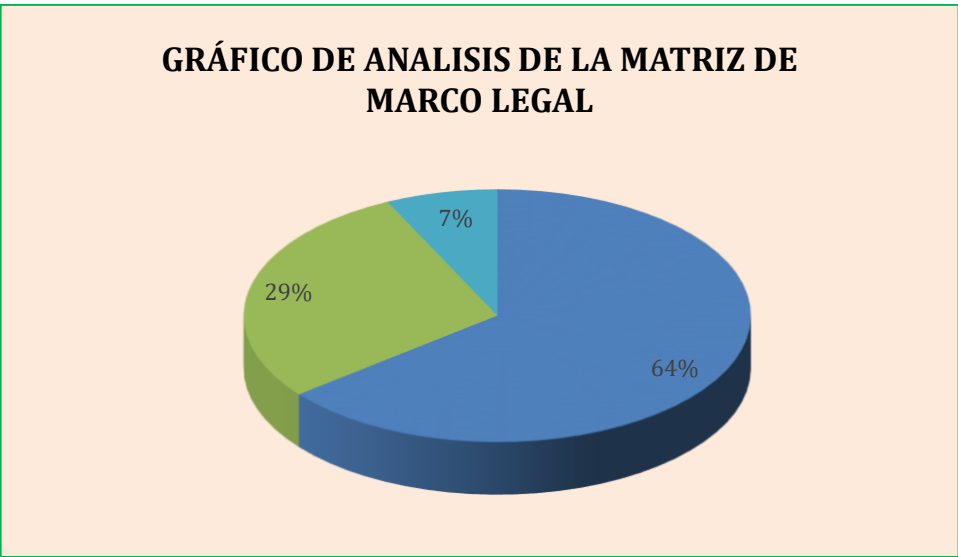


Figura 18. Gráfico de análisis de la matriz de marco legal (Fuente. El autor)

Tabla 6. Escala de interpretación (Fuente. El autor)

CUMPLE	CUMPLE PARCIALMENTE	NO CUMPLE
64%	29%	7%

ESCALA DE INTERPRETACIÓN		
VALOR	COLOR	DENOMINACION
Puntaje < 60%		DEFICIENTE
Puntaje < 80%		BUENO
Puntaje > 80%		SATISFACTORIO

4.2.2 Análisis de la matriz PESTAL (Anexo 2).

La matriz PESTAL (ver anexo 2) proporciona una visión integral del entorno que rodea a la entidad, permitiendo anticipar riesgos y capitalizar oportunidades. Las dimensiones tecnológica y ambiental presentan el mayor potencial de beneficio a largo plazo, posteriormente se evalúa mediante valoraciones cuantitativas y cualitativas como se presenta en la tabla 7 (ver tabla 7). Mientras que las esferas política y económica implican riesgos que deben ser gestionados cuidadosamente. Se recomienda utilizar esta matriz como insumo estratégico para la toma de decisiones, planificación ambiental, gestión del riesgo y mejora continua del servicio. Una revisión periódica de estos factores es fundamental para mantener la pertinencia del análisis en un contexto dinámico.

En el ámbito político, la matriz identifica varios factores de riesgo y oportunidad. Entre los más relevantes a largo plazo se encuentran el cambio de gobierno y los posibles distanciamientos entre el gobierno y entidades clave como FEDEGÁN, lo que podría reducir el acceso a tierras y afectar el sacrificio de ganado. La reforma tributaria y la política fiscal también se consideran amenazas por sus posibles efectos desfavorables, con impacto en plazos medios y largos. Por otro lado, se destaca como una oportunidad positiva la existencia de convenios con la administración municipal, que permitirían mejorar la calidad del servicio mediante

cooperación institucional. En general, el entorno político presenta una mezcla de incertidumbres y oportunidades que deben gestionarse de forma anticipada.

En lo económico, se evidencian riesgos significativos como la devaluación del peso colombiano, la inflación y el desempleo, todos con consecuencias directas sobre los costos operativos y la demanda del servicio de sacrificio. A pesar de estos riesgos, la matriz destaca el Producto Interno Bruto (PIB) como un factor favorable, con impactos positivos en todos los plazos. El índice de confianza del consumidor también se considera relevante, ya que incide en la percepción de los servicios prestados. Sin embargo, el déficit gubernamental no se percibe como un factor de gran impacto por la naturaleza diferenciada del convenio institucional. Esta dimensión refleja que las condiciones macroeconómicas deben ser monitoreadas continuamente para adaptar las estrategias operativas y financieras de la entidad.

Desde lo social, se identifican varios elementos que pueden afectar directamente el servicio. La expropiación de tierras representa una amenaza importante para la sostenibilidad del negocio ganadero y, por ende, la demanda del servicio. El personal no capacitado es otro riesgo que puede deteriorar la calidad del servicio, haciendo urgente la implementación de planes de formación continua. Factores como el taponamiento de vías también afectan la logística y distribución del producto. En contraste, elementos como los medios de comunicación juegan un papel positivo a largo plazo si se utilizan de manera estratégica para comunicar efectivamente los beneficios del servicio. En general, esta dimensión resalta la importancia de fortalecer el capital humano y la comunicación institucional.

La dimensión tecnológica presenta grandes oportunidades para la modernización y eficiencia operativa. Se destaca la automatización de procesos, el desarrollo de tecnologías que reducen el ruido y la implementación de cabinas modernas para la insensibilización del ganado. Estas innovaciones, previstas principalmente a largo plazo, pueden mejorar tanto la productividad como la aceptación social de la

entidad. No obstante, el uso de internet se considera de bajo impacto en este contexto, posiblemente por la naturaleza más operativa que digital del servicio. En suma, se evidencia una clara tendencia hacia la adopción de tecnologías limpias y eficientes que optimicen la operación del matadero.

En lo ambiental, se reconocen acciones clave como el aprovechamiento de desechos y la producción más limpia, que apuntan a reducir la contaminación y los riesgos asociados. También se valora el cumplimiento de la norma ISO 14001, lo cual evidencia un compromiso con la gestión ambiental responsable. Sin embargo, se identifican impactos negativos relacionados con el consumo excesivo de recursos y la contaminación odorífera, ambos con potencial de generar inconformidades en la comunidad. Aunque el cambio climático no se percibe como una amenaza directa al sacrificio, el enfoque en sostenibilidad debe mantenerse como una prioridad transversal. Esta dimensión destaca la necesidad de robustecer la gestión ambiental como eje estratégico.

La dimensión legal muestra factores altamente relevantes, como la salud y seguridad en el trabajo, las inspecciones del INVIMA y la normatividad cárnica (especialmente el Decreto 1500). Estas regulaciones son determinantes para la continuidad operativa del servicio, ya que su incumplimiento puede acarrear la suspensión de actividades. También se incluyen normativas laborales y ambientales, las cuales, aunque no presentan efectos inmediatos, sí influyen en la estabilidad jurídica y reputacional de la entidad. Este entorno legal exige vigilancia permanente y cumplimiento estricto para asegurar el funcionamiento sin contratiempos.

El análisis PESTAL aplicado a la planta de beneficio animal de la ciudad de Popayán permitió identificar un total de 36 factores que influyen en su operación y sostenibilidad. De estos, 7 factores (9%) fueron clasificados como indiferentes, ya que no representan riesgos ni beneficios significativos para la empresa.

Por otro lado, 28 factores (36%) fueron catalogados con una valoración negativa, debido a su impacto desfavorable en el desempeño de la planta. Estos elementos pueden estar relacionados con restricciones normativas, condiciones económicas adversas o limitaciones tecnológicas que afectan la eficiencia de los procesos operativos.

Finalmente, 42 factores (55%) fueron considerados positivos, ya que contribuyen al fortalecimiento de la gestión ambiental y operativa de la empresa. Este porcentaje indica que, a pesar de la existencia de riesgos y desafíos, el entorno externo presenta condiciones favorables que pueden ser aprovechadas para mejorar la sostenibilidad y competitividad de la planta. (ver figura 19)

Estos resultados reflejan la importancia de implementar estrategias que mitiguen los efectos de los factores negativos y potencien las oportunidades identificadas, garantizando así un desarrollo más eficiente y alineado con los principios de sostenibilidad ambiental y económica.

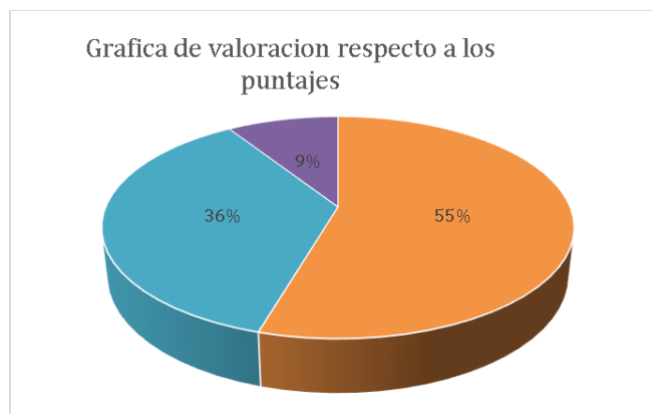


Figura 19. Grafica de valoración respecto a los puntajes (Fuente. El autor)

Tabla 7. Calificación según factores (Fuente. El autor)

TABLA DE CALIFICACION			
VALORACION	POSITIVA	NEGATIVO	INDIFERENTE
VALORACION CUALITATIVA	3	2	1
PUNTAJE	42	28	7

4.2.3 Análisis de la matriz de revisión ambiental inicial, RAI (ANEXO 3)

La matriz de revisión ambiental inicial demuestra un esfuerzo sólido por identificar y valorar los aspectos ambientales del proceso de beneficio animal. Se abordan múltiples tipos de impactos (hídrico, atmosférico, de suelo), el método de evaluación de esta matriz se desarrolla con una tabla de clasificación de impacto como se observa en la tabla 8 (ver tabla 8), y se diferencian claramente los residuos valorizables de los no aprovechables. De este modo, se garantizará no solo el cumplimiento legal, sino también la mejora continua del desempeño ambiental de la entidad.

Caracterización general del análisis: La matriz presenta una revisión sistemática de los aspectos ambientales derivados de las distintas fases de la línea de producción, desde la insensibilización del animal hasta el pesaje de los cuartos. Para cada actividad se analiza el estado operacional, los insumos y salidas, el tipo de aspecto ambiental (real o potencial), su clasificación (positivo o negativo), la descripción del impacto asociado (suelo, agua, aire), y una evaluación semicuantitativa basada en criterios como frecuencia, severidad, alcance, control y legislación. El resultado de dicha evaluación permite clasificar los impactos en rangos de medio a alto.

Aspectos e impactos significativos: Los impactos ambientales de mayor criticidad se encuentran principalmente asociados a la generación de aguas

residuales y residuos sólidos orgánicos, especialmente sangre, vísceras y subproductos del sacrificio. Actividades como la sangría, el lavado de canales, y la división de cuartos generan vertimientos líquidos con alto potencial de contaminación hídrica, siendo evaluados con puntuaciones de impacto entre 15 y 16 (alto impacto). Estos procesos deben contar con un manejo estricto de residuos líquidos, probablemente mediante sistemas de tratamiento, convenios de disposición y registros ante la autoridad ambiental.

Residuos sólidos aprovechables y no aprovechables: Un conjunto importante de subproductos como patas, cabezas, vísceras, piel y médula espinal se identifican como residuos sólidos generados durante el proceso. En muchos casos, estos residuos son clasificados como aspectos ambientales positivos (REAL +), por su potencial de aprovechamiento para consumo humano o uso industrial. Esta distinción es clave, pues permite visualizar oportunidades para fortalecer la economía circular, aunque se requiere que su manipulación, almacenamiento y disposición se haga conforme a normas sanitarias y ambientales.

Como parte del diagnóstico general realizado en la línea de producción de la planta de beneficio animal de Popayán, se formuló la matriz de aspecto e impacto ambiental, la cual permitió identificar el nivel de afectación de cada actividad dentro del proceso productivo. Los resultados obtenidos indican que el 50% de las actividades evaluadas presentan un impacto ambiental de nivel medio, lo que sugiere la necesidad de implementar estrategias de control para evitar su progresión a niveles críticos. Asimismo, se evidenció que el 35% de las actividades se encuentran en una categoría de impacto alto o crítico, destacando como principales fuentes de afectación la generación de residuos sólidos durante el sacrificio y la contaminación auditiva generada en el área de compresores, encargada de suministrar aire para las herramientas de trabajo. Estos aspectos requieren un seguimiento detallado y la adopción de medidas de mitigación para reducir su impacto ambiental y optimizar los procesos operativos.

Por otro lado, el análisis refleja que el 15% de las actividades evaluadas no generan un impacto ambiental significativo, por lo que no se incluyen dentro de los rangos de causa-efecto de la matriz. (ver figura 20). A partir de lo identificado, se hace evidente la necesidad de establecer estrategias de control y mejora que permitan reducir los impactos negativos, priorizando las áreas de mayor afectación. La implementación de medidas correctivas contribuirá no solo al cumplimiento de la normativa ambiental vigente, sino también a la mejora del desempeño sostenible de la planta de beneficio animal.

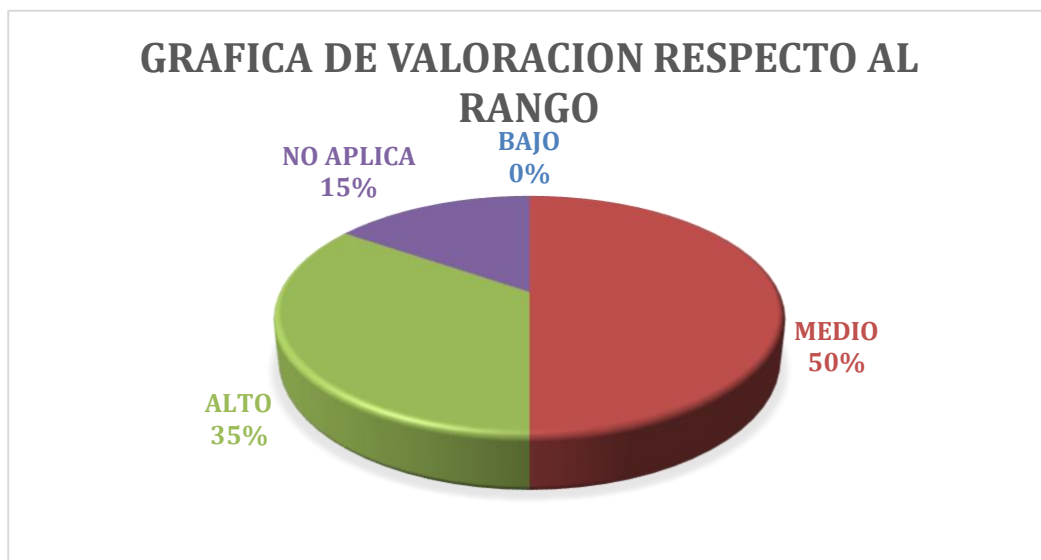


Figura 20. Valoración respecto al rango (Fuente el autor)

Tabla 8. Clasificación de impacto (Fuente. El autor)

CARACTERISTICA	CALIFICACIÓN	VALOR ASIGNADO
FRECUENCIA (FR)	Continuo	3
	Frecuente	2
	Infrecuente	1
PROBABILIDAD (PRO)	Muy probable	3
	Moderado	2
	Poco probable	1
CANTIDAD (CT)	Alta	3
	Media	2
	Baja	1
SEVERIDAD (SEV)	Serio	3
	Moderado	2
	Menor	1
ALCANCE (ALC)	Zonal	3
	Local	2
	Puntual	1
REVERSIBILIDAD (REV)	Irreversible	2
	Reversible	1
LEGISLACION APLICABLE (LEG)	Existe norma de obligatorio cumplimiento y no se cumple	3
	Se cumple parcialmente	2
	Se cumple plenamente o no existe legislación aplicable	1

RANGO	MENOR A 9	ENTRE 10 - 12	MAYORES A 13	
PRIORIDAD	BAJO	MEDIO	ALTO	NO APLICA
PUNTAJE	0	13	9	4

5. CONSIDERACIONES FINALES

5.1. CONCLUSIONES

El desarrollo de esta investigación permitió identificar de manera integral las principales problemáticas ambientales asociadas al funcionamiento de la planta de beneficio animal del municipio de Popayán, en particular aquellas relacionadas con la inadecuada gestión de residuos sólidos, la eficiencia limitada en el tratamiento de aguas residuales y el escaso aprovechamiento de subproductos cárnicos.

Uno de los hallazgos más relevantes es que, si bien la planta cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y ha implementado procedimientos que evidencian cierto grado de gestión ambiental, aún persisten debilidades en el control y aprovechamiento de los residuos generados. Se constata que materiales como la sangre bovina, el contenido ruminal, la bilis y los cuernos no se aprovechan

adecuadamente, generando impactos ambientales que podrían mitigarse con estrategias de valorización y reaprovechamiento.

El convenio establecido con la empresa Refinal S.A.S. representa un avance significativo en la reducción del impacto ambiental de la sangre bovina, transformándola en insumos útiles para la producción de harinas y aceites de uso agroindustrial. Sin embargo, esta estrategia aún no abarca el conjunto total de subproductos con potencial de aprovechamiento, lo que refleja una oportunidad de mejora bajo el enfoque de economía circular.

El diagnóstico también reveló que, aunque la planta cumple parcialmente con los requisitos establecidos en la normativa ambiental colombiana —especialmente en lo estipulado en el Decreto 1500 de 2007 y la Resolución 2184 de 2019—, persisten vacíos en el cumplimiento total, ya que el 29 % de las obligaciones se atienden de forma parcial y el 7 % no se cumplen. Esta situación compromete no solo el cumplimiento legal, sino también la sostenibilidad de las operaciones en el mediano y largo plazo.

Adicionalmente, la información obtenida por medio de encuestas a la comunidad adyacente y al personal de la planta permite concluir que existe una percepción negativa frente a los impactos ambientales generados, especialmente en lo referente a olores ofensivos, presencia de vectores y posible afectación a fuentes hídricas.

Por último, se concluye que el sector cárnico, pese a sus altos impactos ambientales, ofrece un amplio margen de mejora y transformación sostenible mediante la implementación de sistemas de gestión ambiental sólidos, el fortalecimiento del PGIRS y POES, y el aprovechamiento responsable de los residuos y subproductos. Estos elementos son clave para garantizar un proceso productivo eficiente, legalmente conforme y ambientalmente responsable.

5.2 PROPUESTAS DE MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Como resultado del diagnóstico ambiental, se identificaron deficiencias relevantes en la gestión de residuos sólidos, líquidos y perjudiciales en la planta de beneficio animal de Popayán. Estas deficiencias representan tanto un riesgo ambiental como una oportunidad para optimizar el funcionamiento de la planta mediante acciones correctivas, preventivas y de valorización. A continuación, se presentan las estrategias propuestas, agrupadas en tres líneas de acción.

5.2.1 Fortalecimiento del Plan de Gestión Integral de Residuos (PGIR)

Se propone la actualización y estructuración completa del PGIR (ver anexo 4), con base en la Resolución 2184 de 2019 y el Decreto 1076 de 2015 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015, 2019).

La implementación de este plan responde no solo al cumplimiento de la normativa vigente, como lo establece el Decreto 1500 de 2007, sino también a la necesidad de promover una cultura de responsabilidad ambiental que trascienda las obligaciones legales y fortalezca la sostenibilidad de la operación.

El PGIR define las acciones específicas orientadas a la reducción en la generación de residuos, su adecuada segregación, almacenamiento, recolección, transporte, aprovechamiento y disposición final, buscando siempre minimizar el impacto ambiental asociado a la actividad productiva.

Con este plan, la Planta de Beneficio Animal reafirma su compromiso con el desarrollo sostenible de la región, incorporando prácticas de mejora continua que favorezcan tanto la eficiencia interna como el bienestar colectivo, contribuyendo a la protección de los recursos naturales y al cumplimiento de los estándares de inocuidad y sanidad exigidos para la industria cárnica en Colombia.

Además, se recomienda la integración del PGIRS con el sistema general de gestión de calidad e inocuidad de la planta, a fin de evitar duplicidades y asegurar una trazabilidad clara del manejo de residuos.

5.2.2 Implementación de estrategias de aprovechamiento de subproductos

Una parte importante de los residuos orgánicos generados (vísceras, contenido ruminal, sangre, grasas) posee un alto potencial de valorización bajo esquemas de economía circular (Refinal S.A.S., 2021; Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2020). Se proponen las siguientes acciones:

Alianza con empresas de transformación para comercializar subproductos aprovechables (por ejemplo, harinas proteicas, aceites y fertilizantes).

Implementación de un sistema de pretratamiento interno, que incluya tamizado, separación de fases y almacenamiento en frío de subproductos.

Reutilización del contenido ruminal como compostaje, bajo condiciones controladas, para producir abono orgánico utilizable en zonas rurales del municipio.

Estas estrategias permitirán disminuir el volumen de residuos enviados a disposición final, reducir emisiones por descomposición anaerobia y generar ingresos adicionales a la planta.

5.2.3 Optimización de la gestión de aguas residuales

Pese a contar con una PTAR operativa, se identificó que no existen controles efectivos sobre la carga contaminante de los vertimientos, lo cual puede generar incumplimientos frente al Decreto 1594 de 1984 y al Decreto 3930 de 2010 (Ministerio de Agricultura, 1984; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Posteriormente se propone; la instalación de un sistema de medición de DBO5, DQO y SST con muestreo periódico. Adecuación de las trampas de grasas y canaletas de drenaje en zonas críticas del proceso (evisceración y

lavado), mantenimiento preventivo semestral de la PTAR, con registro técnico de su operación.

Estas medidas permitirán disminuir el impacto sobre fuentes hídricas y asegurar el cumplimiento de los valores máximos permisibles establecidos por la normativa ambiental nacional.

Se plantea una estrategia de capacitación permanente al personal operativo y administrativo, enfocada en: Buenas prácticas ambientales en el manejo de residuos, identificación de residuos peligrosos y su disposición adecuada, cultura de reducción, reutilización y reciclaje (3R).

La apropiación de estas prácticas contribuirá a consolidar una cultura organizacional ambientalmente responsable, mejorando la eficiencia interna y la imagen institucional ante entes de control y la comunidad (Cárdenas & Rodríguez, 2021; Mejía et al., 2018).

Estas propuestas son técnica y financieramente viables, y su implementación progresiva permitirá que la planta de beneficio animal de Popayán avance hacia una operación sostenible, cumpliendo con la normativa nacional, reduciendo sus impactos ambientales y mejorando su competitividad en el sector cárnico regional.

5.3 RECOMENDACIONES

Fortalecer el Sistema de Gestión Ambiental (SGA): Se recomienda estructurar e implementar un SGA integral que contemple todos los aspectos ambientales críticos identificados. Este sistema debe incluir indicadores claros de desempeño, programas de seguimiento, auditorías internas y estrategias de mejora continua, garantizando la alineación con la legislación ambiental vigente.

Optimizar el aprovechamiento de subproductos: Se sugiere ampliar los convenios de transformación con empresas especializadas, como Refinal S.A.S., y

explorar nuevas aplicaciones industriales para los subproductos que actualmente no se valorizan, como la bilis, cuernos y el contenido ruminal. Esto permitirá reducir la carga ambiental y generar nuevas fuentes de ingreso para la planta.

Modernizar el tratamiento de aguas residuales: Aunque la PTAR existente permite cumplir con los vertimientos al río Ejido, se recomienda evaluar tecnologías complementarias que aumenten la eficiencia en la remoción de carga contaminante. Esto contribuirá a una mejora real en la calidad de las descargas y a un uso más racional del recurso hídrico.

Actualizar y reforzar el cumplimiento normativo: Se debe realizar una revisión exhaustiva de todos los requisitos legales aplicables a la operación de la planta, estableciendo planes de acción para alcanzar el 100 % de cumplimiento. Esto incluye la actualización de procedimientos internos, implementación de formatos de verificación y capacitación específica para el personal en materia legal y ambiental.

Capacitar al personal en el uso de Elementos de Protección Personal (EPP): Es indispensable fortalecer la cultura de seguridad y salud en el trabajo mediante procesos de formación continua sobre el uso adecuado de los EPP. Esto no solo mejora las condiciones laborales, sino que también reduce los riesgos de contaminación cruzada y enfermedades ocupacionales.

Adoptar un enfoque de economía circular: La implementación de prácticas orientadas al ciclo de vida de los residuos, como la producción de fertilizantes, artículos de uso cotidiano, o insumos farmacéuticos a partir de subproductos permitirá maximizar la eficiencia de los recursos utilizados y minimizar los impactos ambientales.

Mejorar la logística de gestión de residuos: Se recomienda realizar un análisis costo-beneficio del proceso de recolección, transporte y disposición de los residuos

generados. La regionalización del tratamiento de ciertos subproductos o el establecimiento de puntos intermedios de recolección puede reducir significativamente los costos operativos y mejorar la eficiencia en el manejo.

Implementar programas de educación y sensibilización ambiental: La formación del personal operativo y de la comunidad vecina sobre prácticas sostenibles, manejo adecuado de residuos y cuidado del entorno es esencial para consolidar una gestión ambiental participativa y socialmente aceptada.

Monitorear los impactos ambientales de forma periódica: Es recomendable realizar auditorías ambientales al menos semestralmente, con el fin de evaluar los efectos de las estrategias implementadas y realizar ajustes oportunos que aseguren una mejora continua del desempeño ambiental.

Fomentar la innovación y la investigación aplicada al sector cárnico: Finalmente, se sugiere establecer alianzas con instituciones académicas o centros de investigación para el desarrollo de tecnologías limpias y prácticas sostenibles que promuevan una producción cárnica más eficiente, rentable y ambientalmente responsable.

BIBLIOGRAFIA

- Alcaldía de Popayán. (2020). Diagnóstico ambiental del municipio de Popayán. [Informe técnico].
- Al-Gheethi, A., Ma, N. L., Rupani, P. F., Sultana, N., Yaakob, M. A., Radin Mohamed, R. M. S., & Soon, C. F. (2021). Biowastes of slaughterhouses and wet markets: An overview of waste management for disease prevention. *Environmental Science and Pollution Research International*, 30(28), 71780–71793. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16629-w>
- Bailone, R. L., Roça, R. O., Morais, H. A., & Trindade, M. A. (2021). Animal by-products: Valuable resources or waste? *Waste Management & Research*, 39(7), 851–864. <https://doi.org/10.1177/0734242X211001398>
- Barrios Guañarita, J. M. (2025). Estrategias de mejora en la gestión ambiental de residuos en la Planta de Beneficio Animal en la ciudad de Popayán. Corporación Universitaria Comfacaucá.
- Bhunja, P., Ghosh, S., & Ghosh Ray, S. (2021). Cleaner production in meat processing: A review on environmental impacts and sustainable approaches. *Journal of Cleaner Production*, 287, 125079. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125079>
- Bustillo-Lecompte, C. (2023). Environmental management strategies in slaughterhouses: Circular economy approaches. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(2), 2561–2575. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24212-4>

Bustillo-Lecompte, C., & Mehrvar, M. (2017). Slaughterhouse wastewater: Treatment, management and resource recovery. *Journal of Environmental Management*, 196, 227–252. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.02.068>

Chatham House. (2021). La economía circular en América Latina y el Caribe.

ChileMink. (2022). Subproductos cárnicos en la economía circular. ChileMink Blog.

Conoce mi municipio de Popayán. (s.f.). Información general.

Cornare. (2017). Diagnóstico de plantas de beneficio animal y gestión ambiental en Antioquia. Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare.

Cuestos, M. J., Gomez, X., Otero, M., & Moran, A. (2010). Anaerobic digestion and co-digestion of slaughterhouse wastes: Influence of heat and pressure pre-treatments in biogas yield. *Waste Management*, 30, 1780–1789.

Diario del Cauca. (2023). Impacto ambiental de mataderos en Popayán.

FAO. (2004). Tratamiento y utilización de residuos de origen animal. FAO.

FAO. (2021). Transforming food and agriculture to achieve the SDGs. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2022). Avances y desafíos en la ganadería de América Latina y el Caribe. División de Ganadería.

- Ferronato, N., et al. (2024). Review of the slaughter wastes and meat by products recycling. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1410640>
- Fonseca, J. M., & Peres, R. (2017). Circular economy in the meat processing industry: Challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 140(2), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.048>
- Gómez, J., & Ramírez, D. (2020). Revisión ambiental inicial en plantas de sacrificio. *Revista Técnica de Ingeniería Ambiental*, 18(1), 55–72.
- Gómez, R., & Ramírez, J. (2020). Planificación estratégica en la gestión ambiental de plantas de beneficio animal (RAI y PGIRS). [Libro o informe técnico]. [Completar datos].
- Gómez Gallego, D. (2017). Sostenibilidad ambiental en mataderos rurales. *Revista de Gestión Ambiental*.
- González, M. (2022). Manual de tratamiento de residuos industriales. EcoEditores.
- Grisales, C. (2015). Gestión ambiental en plantas de beneficio animal: Estudio de caso en Popayán. Universidad del Cauca.
- Habchi, R., Mohamad, O. A., & Hajj, R. (2024). Towards sustainable slaughterhouse waste management: Circular bioeconomy perspectives. *Sustainable Production and Consumption*, 38, 281–293. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.09.013>
- Hernández, A. (2020). Valorización de subproductos cárnicos. *Revista Agroindustria y Medio Ambiente*, 12(2), 88–96.

- Hernández, J., & Ruiz, D. (2023). Evaluación del cumplimiento normativo ambiental en plantas de beneficio animal de Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Ambientales*, 15(2), 101–115.
- ICONTEC. (2015). NTC-ISO 14001:2015. Sistemas de gestión ambiental - Requisitos con orientación para su uso. Bogotá: ICONTEC.
- INVIMA. (2023). Listado de plantas de beneficio autorizadas.
- Kothari, R., Kumar, A., & Singh, D. P. (2024). Slaughterhouse wastewater: Characterization and sustainable treatment technologies. *Journal of Water Process Engineering*, 56, 104059. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104059>
- Lee, J., Cho, S., Kim, D., Ryu, J., Chung, H., & Park, K. Y. (2021). Conversion of slaughterhouse wastes to solid fuel using hydrothermal carbonization. *Energies*, 14(6), 1768. <https://doi.org/10.3390/en14061768>
- Martínez, L., & Gómez, P. (2020). Problemáticas ambientales en plantas de beneficio animal en Colombia. *Revista Luna Azul*, 51, 65–80.
- Montalvo, C., Ramírez, J., & López, F. (2024). Circular economy approaches for slaughterhouse waste management in developing countries. *Waste Management*, 160, 121–135. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.12.005>
- Navas Leiva, J. M. (2018). Gestión de residuos sólidos en plantas de beneficio animal en Colombia. [Informe técnico]. [Completar datos].
- Navas, H. (2018). Economía circular en subproductos cárnicos. *Revista Técnica Agroindustrial*.

- OECD, & CAF. (2022). Perspectivas económicas de América Latina 2022: hacia una transición verde y justa. <https://doi.org/10.1787/leo-2022-es>
- Okanović, Đ., Tasić, T., & Pavličević, A. (2011). Utilization of slaughterhouse by-products in Serbia. *Tehnologija Mesa*, 52(1), 106–111.
- Ortiz, S., Ramos, E., Montesino, A., & Ramos, A. (2018). Evolución de la industria cárnica en Colombia. Repositorio Universidad de La Costa.
- Ozdemir, C., & Yetilmezsoy, K. (2019). A review of the treatment of slaughterhouse wastewater: Sustainability perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 239, 118074. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118074>
- Petridi, A., Kokkinos, K., & Drosou, M. (2024). Circular economy in agri-food industries: Policy and practice. *Resources, Conservation and Recycling*, 197, 107004. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107004>
- Prudencio, R., Carvalho, A., & Vieira, S. (2024). Cleaner production and environmental indicators in the meat processing industry. *Journal of Cleaner Production*, 412, 137014. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137014>
- Rivera-Castellanos, M., López, J., & Salazar, R. (2023). Sustainability assessment of slaughterhouse waste management in Mexico. *Waste and Biomass Valorization*, 14(2), 399–411. <https://doi.org/10.1007/s12649-022-01763-3>
- Sukumar, R. (2022). Waste valorization challenges in developing countries: Case of meat industry. *Environmental Challenges*, 7, 100523. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100523>

- Sun, S., Feng, C., Tong, S., Zhao, Y., Chen, N., & Zhu, M. (2021). Evaluation of advanced phosphorus removal from slaughterhouse wastewater using industrial waste-based adsorbents. *Water Science & Technology*, 83(6), 1407–1417. <https://doi.org/10.2166/wst.2021.069>
- Teo, C. L., Ong, S. A., & Ho, L. N. (2023). Biological and chemical treatment of slaughterhouse wastewater: A review. *Environmental Technology & Innovation*, 32, 102509. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.102509>
- UNEP. (2020). Meat processing and the environment: Challenges and opportunities. United Nations Environment Programme.
- United Nations Environment Programme. (2000). Cleaner Production Assessment in Meat Processing. UNEP Publications.
- Wang, Y., Wei, L., & Wang, Y. (2023). Resource recovery from slaughterhouse waste: A circular economy approach. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11(5), 110932. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.110932>
- Zhang, W., & Chen, L. (2020). Waste management in meat processing. *Journal of Environmental Protection*.

TABLA DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de requisitos legales para la planta de beneficio animal

Anexo 2. Matriz PESTEL

Anexo 3. Matriz de aspectos e impactos ambientales (RAI)

Anexo 4. Plan de gestión integral de residuos (PGIR)

Anexo 1. Matriz de requisitos legales para la planta de beneficio animal

		GESTION AMBIENTAL					CODIGO:		
		MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES PARA LA PLANTA DE BENEFICIO ANIMAL					VERSION:		
COMPONENTE	ASPECTO AMBIENTAL	TIPO DEL REQUISITO LEGAL U OTRO	AÑO	TITULO DEL REQUISITO LEGAL U OTRO	ARTICULO	ENTIDAD QUE EMITE	CUMPLIMIENTO		
							CUMPLE	CUMPLE PARCIALMENTE	NO CUMPLE
AGUA		DECRETO 3930	2010	Establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el ordenamiento del recurso hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados.	Art. 1	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo rural.			
		DECRETO 1594	1984	Se establece las características en cuanto al uso del agua y residuos líquidos.	General	Ministerio de agricultura			
		DECRETO 3100	2003	Por medio del cual se reglamenta las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.	Art. 1 3	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo rural.			

		DECRETO 3102	1997	Por el cual se reglamenta el artículo 15 de la ley 373 de 1997 en la instalación de equipos, sistemas e implementación de bajo consumo de agua.	General	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.			
		DECRETO 1311	1998	Por el cual se reglamenta el literal G del artículo 11 de la ley 373 de 1997.	General	Ministerio de ambiente.			
		RESOLUCION 3957	2009	Las aguas residuales que se generan en la instalación son domesticas no requiere registro ni permiso. Si son aguas residuales diferentes a las domesticas se debe realizar el registro ante la secretaria distrital de ambiente.	General	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.			
		RESOLUCION 2115	2007	Por medio de la cual se señala características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.	Art. 2 3 4 5	Ministerio de la protección social, ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.			
		DECRETO 2667	2012	Por el cual se reglamenta la tasa retribuía por optimización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones.	General	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.			

		Ley 373	1997	Por el cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.	Art. 1 2	Congreso de la república.			
ENERGIA		LEY 697	2001	Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.	General	Congreso de la república.			
		DECRETO 1073	2015	Por el cual se establece en la sección 2 que se debe encontrar con un programa de uso eficiente de la energía y verificar practicas acorde con el mismo.	Art. 2.2.3.6.3.1 2.2.3.6.3.3 2.2.3.6.3.4	Presidente de la república.			
		DECRETO 1299	2008	El presente decreto se aplicará para todas las empresas a nivel industrial y las actividades, de acuerdo a la normatividad ambiental vigente, requiera de licencia ambiental, plan de manejo ambiental, permisos, concesiones y demás autorizaciones ambientales.	Art. 3 4 5 6 7	Presidente de la república.			
		DECRETO 2231	2007	Por el cual se establece una medida tendiente al uso racional y eficiente de energía eléctrica.	General	Presidente de la república.			

RESIDUOS	BOVINO, BUFALINO Y PORCINO	LEY 430	1996	Reglamenta en materia ambiental lo referente a desechos peligrosos y se dicta otras disposiciones.	General	Congreso de la república.			
	BOVINO, BUFALINO Y PORCINO	DECRETO 2981	2013	Establece el régimen en general de los servicios públicos domiciliarios.	General	Ministerio de vivienda, ciudad y territorio.			
	BOVINO, BUFALINO Y PORCINO	DECRETO 1713	2002	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.	Capt. 1 2	Presidente de la república.			
	BOVINO, BUFALINO Y PORCINO	DECRETO 1076	2015	Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible.	General	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.			
	BOVINO, BUFALINO Y PORCINO	DECRETO 4741	2005	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integra.	Capt. 1 2 3	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.			
	BOVINO, BUFALINO Y PORCINO	DECRETO 605	1996	Por el cual se reglamenta la ley 142 de 1994 en relación con la prestación de servicio público domiciliario de aseo.	General	Presidente de la república.			

AIRE		DECRETO 948	1995	En relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.	General	Ministerio de ambiente.			
		DECRETO 2107	1995	Protección y control de la calidad de aire.	General	Congreso de la república.			
		RESOLUCION 601	2006	Por la cual se establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia	Art. 1 3	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.			
SUELO		LEY 388	1997	Por la cual se modifica la ley 9 de 1989, la ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones.	General	Congreso de la república.			
OTROS		DECRETO 1500	2007	Modificado por los Decretos 2965 de 2008, 2380, 4131, 4974 de 2009, 3961 de 2011, 917 y 2270 de 2012, se estableció el reglamento técnico a través del cual se crea el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la Carne, Productos Cárnicos Comestibles y Derivados Cárnicos, destinados para el consumo humano y se fijaron los requisitos sanitarios y de inocuidad que se deben cumplir en su producción primaria, beneficio, desposte,	General	Ministerio de la protección social.			

				desprese, procesamiento, almacenamiento, transporte, comer.					
		DECRETO 2070	2012	Por el cual se modifica el Decreto 1500 de 2007, modificado por los Decretos 2965 de 2008, 2380, 4131, 4974 de 2009, 3961 de 2011, 917 de 2012 y se dictan otras disposiciones.	General	Ministerio de salud y protección social.			
		RESOLUCION 240	2013	Por la cual se establecen los requisitos sanitarios para el funcionamiento de las plantas de beneficio de especies bovinas, bufalinas y porcinas para el desprese y almacenamiento, comercialización, expendio, transporte, importación o exportación de carne y productos cárnicos comestibles.	Capt. 1 2 3	Ministerio de Salud y Protección Social			
		RESOLUCION 2905	2007	Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios y de inocuidad de la carne y productos cárnicos comestibles de las especies bovina y bufalina destinados para el consumo humano y las	General	Ministerio de la Protección Social			

				disposiciones para su beneficio, desposte, almacenamiento, comercialización, expendio, transporte, importación o exportación.					
		DECRETO 1200	2004	Por el cual se determinan los instrumentos de planificación ambiental y se adoptan otras disposiciones	General	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo rural.			
							18	8	2
							28		

Anexo 2. Matriz PESTEL

		GESTIÓN AMBIENTAL			CODIGO:	
		PESTAL			VERSIÓN:	
FACTOR		DETALLE	PLAZO			IMPACTO
			CORTO (< 4 meses)	MEDIANO (4 - 12 meses)	LARGO (>12 meses)	
POLITICO	Cambio de gobierno	Se realizaría un cambio en la administración por orientaciones políticas			X	2
	Reforma tributaria	Cambios inapropiados en la legislación, los cuales no son favorables		X		2
	Política fiscal	Cambios inapropiados en la legislación, los cuales no son favorables		X	X	2
	Distanciamiento entre el gobierno y FEDEGAN	Escasez de tierras para el ganado y disminución de sacrificio		X		2
	Convenios con la administración municipal	Se prestaría un servicio de mejor calidad, ya que los dos aportan a la entidad	X	X		3
	Conflicto internos y externos	Sin afección		X		1
ECONOMICO	Devaluación de peso colombiano	Aumento en los costos en general			X	2
	PIB	Es favorable	X	X	X	3
	Desempleo	No se prestaría el servicio de sacrificio	X			2
	Inflación	Aumentarían los costos de los insumos cárnicos y disminuiría la demanda		X		2

	Déficit gubernamental	Sin afección ya que el convenio es diferente			X	1
	Índice de confianza del consumidor	La entidad se confía de la satisfacción de sus clientes	X	X		2
SOCIAL	Expropiación de tierras	Los ganaderos perderían sus tierras de trabajo y disminuiría la demanda de servicio	X			2
	Personal no capacitado	El servicio disminuiría la calidad	X			2
	Especulaciones de los precios de las gasolinas	Sin afección ya que el ACPM no sube su precio		X	X	1
	Taponamiento de vías	No se pueden transportar el producto para su beneficio	X			2
	Movimientos al margen de la ley	Sin afección porque no roban al convenio que tiene la entidad	X	X		1
	Medios de comunicación	Buena información transmitida			X	3
TECNOLOGICO	Automatización de los procesos de producción	Eficiencia en el tiempo de producción			X	3
	Desarrollo tecnológico	Automatización y eficiencia de los procesos de producción			X	3
	Internet	No es de gran necesidad en el servicio		X		1
	Compresores que disminuyen el ruido	La comunidad no se molestaría con la entidad			X	3
	Cabina para insensibilización (moderna)	El proceso de sensibilización es más eficaz			X	3
AMBIENTAL	Aprovechamiento de los desechos	Se disminuye la contaminación ambiental	X	X	X	3
	Producción más limpia	Prevenir y mitigar los riesgos ambientales	X			3
	Consumo de los recursos	Agotamiento de los recursos			X	2
	ISO 14001	Cumplimiento de los requisitos normativos para el beneficio en general			X	3
	Contaminación odorífera	Inconformidades de la comunidad por los olores que genera la entidad	X	X	X	2
	Cambio climático	No afecta el sacrificio			X	1

LEGAL	Salud y seguridad en el trabajo	Para prevenir los riesgos laborales	X	X		3
	Inspecciones del Invima	Por los mínimos errores de sanidad, se inhabilita el servicio	X			2
	Normas y decretos gubernamentales	Cumplimiento de normas para operación		X		3
	Salarios apropiados	Sin afección	X			1
	Normatividad cárnica (decreto 1500)	Por ser obligatoria la norma, el matadero está en operación	X	X	X	3
	Legislación ambiental	Disminuye la contaminación del medio ambiente			X	3

Anexo 3. Matriz de aspectos e impactos ambientales (RAI)

													REVISIÓN AMBIENTAL INICIAL													RAI-IAA Enero - 2025	
													MATRIZ DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES														
IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES													EVALUACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES														
Area física	Actividad	Descripción de la actividad	Estado de operación	Clasificación del aspecto								Aspecto ambiental	Descripción	Impacto ambiental			Criterios ambientales							Valor del impacto	Rango		
				Entradas				Salidas						Tipo	Clase	Descripción	FR	PRO	CT	SEV	ALC	REV	LEG				
				MP	E	A	DA	RS	VS	EA																	
LINEA DE PRODUCCIÓN	Insensibilización	Aturdir El Animal	Normal	X	X						Generación De Ruido	Ruido	Contaminación Del Aire	REAL -		3	1	3	2	1	1	1	Medio	12			
	Izado	Suspender Al Animal	Normal		X	X	X		X		Generación De Aguas Residuales	Agua Con Contenido Ruminal	Contaminación Hídrica	REAL -		3	2	3	2	3	1	1	Alto	15			
	Sangría	Descompensar El Sistema Cardio Vascular Del Animal	Normal				X		X		Generación De Vertimientos (Sangre)	Sangre	Contaminación Hídrica	REAL +	Convenio Con Refinar	3	3	3	2	3	1	1	Alto	16			
	Retiro De Patas	Separar Las Patas Como Subproducto	Normal					X				Generación De Residuos Sólidos	Patas Delantaras		REAL +	Apta Para El Consumo Humano	3	1	3	1	1	1	1	Medio	11		

									(Subpro ducto)														
Retiro De Cabeza	Separar La Cabeza Como Subprodu cto	Normal					X		Genera ción De Residuo s (Subpro ducto)	Cabeza Y Cachos		REAL +	Aplicaciones Industriales Y Consumo Humano	3	1	3	1	1	1	1	Medio	11	
Anudado De Esófago	Amarrar El Esófago Para Evitar La Salida Del Rumen	Normal						X	Genera ción De Residuo s Solidos	Fibra De Polipro pileno	Contaminació n Del Suelo	REAL -		3	1	3	2	1	1	1	Medio	12	
Anudado De Recto	Amarrar El Recto Para Facilitar El Eviscerad o	Normal							Genera ción De Aguas Residua les	Fibra De Polipro pileno	Contaminació n Del Suelo	REAL -		3	1	3	2	1	1	1	Medio	12	
Retiro De Patas Traseras	Separaci ón De Las Patas Como Subprodu cto	Normal					X		Genera ción De Residuo s (Subpro ducto)	Patas Trasera s		REAL +	Apta Para El Consumo Humano	3	1	3	1	1	1	1	Medio	11	
Desoye De Región Trasera	Retirar La Piel Trasera Del Animal	Normal							No Aplica	No Aplica	No Aplica	NO APLIC A									No aplica	No aplica	
Cambia Vías	Ancla Las Ambas Patas Al Riel	Normal							Genera ción De Ruido	Ruido	Contaminació n Del Aire	REAL -		3	1	3	1	1	1	1	Medio	11	

	Desolle De Sobre Barriga	Retirar La Piel De Sobre Barriga	Normal							No Aplica	No Aplica	No Aplica	NO APLIC A								No aplica	No aplica	
	Desolle De Cola	Reitirar La Piel De Cola	Normal							No Aplica	No Aplica	No Aplica	NO APLIC A								No aplica	No aplica	
	Corte De Esternón	Corte De Pecho Para Facilitar Eviscerado	Normal		X					Generación De Residuos Solidos	Esquirlas De Hueso Y Sangre	Contaminación Del Suelo	REAL -		3	2	3	2	2	1	1	Alto	14
	Descuera do	Retirar La Piel Del Animal En Su Totalidad	Normal		X			X		Generación De Residuos Sólidos (Subproducto)	Piel		REAL +	Aplicaciones Industriales	3	1	3	1	1	1	1	Medio	11
	Retiro De Viscera Blanca	Dejar La Canal Sin Visceras	Normal			X	X	X		Generación De Residuos Sólidos (Subproducto)	Conjunto De Viscera Blanca		REAL +	Apta Para El Consumo Humano	3	1	3	1	1	1	1	Medio	11
	Adecuación Y Pesaje De V.B	Acondicionar Las Visceras Para El Consumo	Normal			X	X	X	X	Generación De Residuos Sólidos (Subproducto)	Estómagos, Intestinos Y Criadillas		REAL +	Apta Para El Consumo Humano	3	1	3	1	1	1	1	Medio	11
	Retiro De Viscera Roja	Dejar La Canal Sin Visceras	Normal			X	X	X		Generación De Residuos Sólidos (Subproducto)	Conjunto De Viscera Roja		REAL +	Apta Para El Consumo Humano	3	1	3	1	1	1	1	Medio	11

	Adecuación Y Pesaje De V.R	Acondicionar Las Visceras Para El Consumo	Normal			X	X	X	X		Generación De Residuos Sólidos (Subproducto)	Riñón, Corazón E Hígado		REAL +	Apta Para El Consumo Humano	3	1	3	1	1	1	1	1	Medio	11
	Sierra De Canales	Dividir La Canal A La Mitad	Normal		X	X	X		X		Generación De Aguas Residuales Y Ruido	Agua Sangre Y Ruido	Contaminación Hídrica Y Del Aire	REAL -		3	2	3	2	1	1	1	1	Alto	13
	Cuarto De Canales	Marcar La Media Canal En Cuarto Delantero Y Trasero	Normal								Generación De Residuos Sólidos	Esquirlas De Hueso	Contaminación Del Suelo	REAL -		3	1	3	1	1	1	1	1	Medio	11
	Lavado De Canales	Limpiar Los Restantes De La Canal	Normal			X	X		X		Generación De Aguas Residuales	Agua Residuales	Contaminación Hídrica	REAL -		3	2	3	2	3	1	1	1	Alto	15
	Retiro De Medula Espinal	Retirar La Medula Espinal	Normal						X		Generación De Residuos Sólidos	Medula Espinal	Contaminación Del Suelo	REAL +	Convenio Con Refinar	3	2	3	2	3	1	1	1	Alto	15
	División De Cuarto Delantero	Dividir Con El Cuchillo El Cuarto Delantero De La Media Canal	Normal								Generación De Aguas Residuales	Agua Residuales	Contaminación Hídrica	REAL -		3	2	3	2	3	1	1	1	Alto	15
	División De Cuarto Trasero	Dividir Con El Cuchillo El Cuarto Trasero De La Media Canal	Normal								Generación De Aguas Residuales	Agua Residuales	Contaminación Hídrica	REAL -		3	2	3	2	3	1	1	1	Alto	15

	Pesaje De Cuartos	Pesar Los Cuartos De Canal	Normal		X					No Aplica	No Aplica	No Aplica	NO APLIC A								No aplica	No aplica	
	Compresores	Generar La Energía Para Los Instrumentos De La Planta	Normal		X					Generación De Ruido	Ruido	Contaminación Del Aire	REAL -		3	2	3	3	3	1	1	Alto	16

*MP: Materia prima; E: Energía; A: Agua; DA: Descarga de aguas; RS: Residuos sólidos; VS: Vertimientos Sólidos; Emisiones a la atmósfera

Anexo 4. Plan de gestión integral de residuos (PGIR)

	PLAN DE GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS (PGIR)
---	--

PRESENTACIÓN

La Planta de Beneficio Animal de Popayán, administrada de manera conjunta entre la Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Cauca (SAG) y la Alcaldía Municipal de Popayán, consciente de la importancia de su rol en la cadena de abastecimiento de alimentos, presenta el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIR). Este documento se enmarca dentro del compromiso institucional de garantizar un manejo ambientalmente adecuado de los residuos generados durante las actividades de beneficio animal.

La implementación de este plan responde no solo al cumplimiento de la normativa vigente, como lo establece el Decreto 1500 de 2007 [2], sino también a la necesidad de promover una cultura de responsabilidad ambiental que trascienda las obligaciones legales y fortalezca la sostenibilidad de la operación.

El PGIR define las acciones específicas orientadas a la reducción en la generación de residuos, su adecuada segregación, almacenamiento, recolección, transporte, aprovechamiento y disposición final, buscando siempre minimizar el impacto ambiental asociado a la actividad productiva.

Con este plan, la Planta de Beneficio Animal reafirma su compromiso con el desarrollo sostenible de la región, incorporando prácticas de mejora continua que favorezcan tanto la eficiencia interna como el bienestar colectivo, contribuyendo a

la protección de los recursos naturales y al cumplimiento de los estándares de inocuidad y sanidad exigidos para la industria cárnica en Colombia.

1. INTRODUCCIÓN

La actividad de sacrificio animal desempeña un papel fundamental en la seguridad alimentaria de las poblaciones urbanas y rurales. Sin embargo, este proceso genera una serie de residuos sólidos, líquidos y peligrosos que, de no ser gestionados adecuadamente, pueden ocasionar impactos negativos sobre el medio ambiente, la salud pública y la calidad de vida de las comunidades cercanas.

Conscientes de esta realidad, la Planta de Beneficio Animal de Popayán ha asumido el reto de implementar prácticas de producción más limpia a través de la formulación e implementación de su Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIR), en concordancia con los lineamientos establecidos en el Decreto 1500 de 2007 [2] y demás normativas ambientales aplicables en el territorio colombiano.

El PGIR representa una herramienta estratégica que permite estructurar acciones orientadas a la prevención de la generación de residuos, su correcta segregación en la fuente, el aprovechamiento de materiales valorizables y la disposición adecuada de aquellos residuos que no pueden ser reutilizados. Además, promueve la adopción de buenas prácticas de manejo ambiental entre el personal operativo, fortaleciendo una cultura institucional comprometida con la sostenibilidad y la mejora continua.

A través de este instrumento, la planta no solo busca garantizar el cumplimiento de los requisitos legales y sanitarios vigentes, sino también contribuir activamente a la protección de los recursos naturales, a la reducción de los impactos ambientales asociados a su actividad y al fortalecimiento de su responsabilidad social empresarial.

La implementación efectiva de este plan permitirá optimizar los procesos internos, reducir costos asociados al manejo de residuos, mejorar las condiciones de trabajo y proyectar una imagen organizacional comprometida con el medio ambiente y el bienestar colectivo de la ciudad de Popayán.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Formular e implementar el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de la Planta de Beneficio Animal de Popayán, garantizando la adecuada gestión de los residuos generados y promoviendo la mejora ambiental continua.

2.2 Objetivos Específicos

- Cumplir con la normatividad ambiental vigente relacionada con la gestión de residuos.
- Identificar y caracterizar cualitativa y cuantitativamente los residuos generados.
- Promover la segregación en la fuente, el aprovechamiento y la valorización de residuos.
- Minimizar el volumen de residuos enviados a disposición final.
- Fomentar la cultura ambiental entre el personal de la planta.
- Implementar programas de capacitación y sensibilización ambiental.

3. ALCANCE

El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIR) de la Planta de Beneficio Animal de Popayán aplica a todas las áreas operativas y administrativas donde se genera, manipula o almacena cualquier tipo de residuo sólido producto de las actividades de beneficio animal.

Entre las zonas involucradas se encuentran: corrales de recepción, áreas de sangría, salas de faenado, zonas de desposte y empaque, áreas de lavado y desinfección, espacios administrativos, comedores, vestuarios, patios, parqueaderos y zonas de carga y descarga. Cada uno de estos espacios representa un punto crítico para la generación de residuos, razón por la cual requiere de una gestión diferenciada y controlada.

El alcance del plan comprende todas las etapas del ciclo de vida de los residuos dentro de la planta: generación, separación en la fuente, almacenamiento temporal, recolección interna, transporte interno, tratamiento, aprovechamiento, entrega a gestores externos autorizados y disposición final.

Asimismo, el PGIR incluye actividades de sensibilización y capacitación dirigidas a todos los colaboradores, contratistas y visitantes de la planta, con el propósito de fomentar una cultura ambiental responsable que permita fortalecer el cumplimiento de los objetivos del plan y mejorar continuamente los procesos internos.

Este instrumento tiene como horizonte de aplicación permanente, sujeto a revisiones y actualizaciones anuales o cuando se presenten cambios significativos en los procesos productivos, en la legislación ambiental aplicable o en las condiciones internas de la planta.

Con la implementación del PGIR, la Planta de Beneficio Animal de Popayán ratifica su compromiso con el cumplimiento del Decreto 1500 de 2007 [2], las políticas ambientales vigentes y su propósito de contribuir activamente a la protección del medio ambiente, la salud pública y la calidad de vida de la comunidad.

4. MARCO LEGAL

- Decreto 1500 de 2007 [2]
- Decreto 3930 de 2010 [3]

- Decreto 1594 de 1984 [4]
- Decreto 2811 de 1974 [5]
- Decreto 3100 de 2003 [6]
- Resolución 240 de 2013 [7]
- Resolución 2905 de 2007 [8]
- Resolución 2184 de 2019 [9]
- Decreto 1076 de 2015 [10]

Este marco legal regula la generación, manejo, transporte y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones atmosféricas, así como los criterios de calidad ambiental a los cuales debe sujetarse la planta.

5. MARCO REFERENCIAL

La Planta de Beneficio Animal de Popayán se encuentra ubicada en el barrio Las Ferias, en el sector sur de la ciudad de Popayán, departamento del Cauca, Colombia.

Esta instalación cumple una función esencial dentro del sistema de abastecimiento cárnico de la ciudad y la región, proporcionando servicios de sacrificio, faenado, procesamiento primario y acondicionamiento sanitario de ganado bovino y porcino destinados al consumo humano.

Su construcción ha sido diseñada bajo los lineamientos técnicos y sanitarios exigidos por el Decreto 1500 de 2007 [2] y su normativa complementaria, incluyendo áreas de corrales de recepción, sala de sangría, áreas de faenado, zonas de refrigeración, áreas de empaque, bodegas de almacenamiento, vestuarios, áreas administrativas, patios de maniobras y una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

La operación de la planta genera diferentes tipos de residuos, tanto orgánicos como inorgánicos, los cuales requieren de una gestión integral que permita minimizar los

impactos negativos sobre el entorno. La PTAR instalada cumple un rol fundamental en el tratamiento de los vertimientos generados, asegurando que las aguas residuales cumplan con los parámetros de vertimiento establecidos en la normativa ambiental vigente [3].

En términos de gestión de residuos sólidos, la planta enfrenta el reto de implementar prácticas de minimización, separación en la fuente, aprovechamiento y disposición final adecuada, en cumplimiento no solo del marco normativo colombiano, sino también de los principios de producción más limpia y economía circular.

El contexto en el que se desarrolla la operación de la Planta exige una actuación responsable que tenga en cuenta no solo los aspectos productivos y económicos, sino también los factores ambientales, sociales y sanitarios asociados. El presente Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIR) se formula como una respuesta a estos desafíos, buscando fortalecer la sostenibilidad de la planta, reducir su huella ambiental y aportar a la calidad de vida de la población payanesa.

6. COMPROMISO INSTITUCIONAL AMBIENTAL Y SANITARIO

La Planta de Beneficio Animal de Popayán manifiesta su compromiso con la protección ambiental mediante:

- Cumplimiento estricto de la normatividad ambiental vigente.
- Fomento de buenas prácticas ambientales entre el personal operativo y administrativo.
- Promoción de la cultura de la prevención de la contaminación en todos los niveles de la organización.
- Implementación de programas de capacitación ambiental continua.
- Desarrollo de acciones orientadas a la minimización de residuos generados.
- Monitoreo y control permanente de los residuos peligrosos y no peligrosos generados en las operaciones diarias.

7. GRUPO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SANITARIA

La Planta de Beneficio Animal de Popayán ha conformado un Grupo Administrativo de Gestión Ambiental y Sanitaria con el objetivo de planificar, ejecutar, supervisar y fortalecer las acciones relacionadas con el manejo adecuado de los residuos sólidos, líquidos y peligrosos generados en sus operaciones.

Este grupo multidisciplinario reúne representantes de diferentes áreas claves dentro de la planta, asegurando un enfoque integral que vincula tanto las actividades operativas como las administrativas, garantizando el cumplimiento de las disposiciones establecidas en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIR) y en la normativa ambiental vigente.

La existencia de este equipo permite coordinar esfuerzos, optimizar recursos, definir responsabilidades claras y realizar un seguimiento continuo de los procesos implementados, con el fin de identificar oportunidades de mejora y asegurar una gestión ambiental efectiva y sostenible.

El Grupo Administrativo de Gestión Ambiental y Sanitaria está conformado por:

- **Jefe de Planta**
- **Coordinador Ambiental**
- **Jefe de Calidad e Inocuidad**
- **Auxiliar de Aseo y Mantenimiento**
- **Representantes del Personal Operativo**

Cada uno de estos actores desempeña un rol fundamental en la ejecución exitosa del PGIR, actuando bajo los principios de responsabilidad, cooperación, mejora continua y cumplimiento legal.

7.1 Responsabilidades y Funciones

El Grupo Administrativo de Gestión Ambiental y Sanitaria asume las siguientes responsabilidades específicas:

- **Jefe de Planta:**
 - Liderar la formulación, actualización y ejecución del PGIR.
 - Aprobar políticas y programas ambientales internos.
 - Garantizar la disponibilidad de los recursos humanos, técnicos y financieros necesarios para la implementación del plan.
- **Coordinador Ambiental:**
 - Coordinar y supervisar la correcta ejecución de las actividades contempladas en el PGIR.
 - Elaborar informes periódicos de avances en la gestión de residuos.
 - Capacitar y sensibilizar al personal en temas de manejo ambiental y buenas prácticas.
- **Jefe de Calidad e Inocuidad:**
 - Verificar el cumplimiento de los procedimientos de segregación, almacenamiento y disposición de residuos.
 - Realizar auditorías internas y controles de calidad relacionados con la gestión de residuos.
 - Asegurar la trazabilidad de los residuos peligrosos hasta su entrega a gestores autorizados.
- **Auxiliar de Aseo y Mantenimiento:**
 - Ejecutar las tareas de segregación, limpieza, recolección interna y almacenamiento temporal de residuos.
 - Reportar cualquier anomalía o incumplimiento en la gestión de residuos a los responsables directos.
- **Representantes del Personal Operativo:**
 - Cumplir con los protocolos establecidos para el manejo de residuos en cada una de sus áreas de trabajo.

- Participar activamente en las capacitaciones ambientales programadas.
- Reportar incidentes o situaciones de riesgo ambiental de manera oportuna.

El trabajo articulado de este grupo permite garantizar una gestión eficiente, coherente y responsable de los residuos generados, contribuyendo así al cumplimiento de los compromisos ambientales y sanitarios de la Planta de Beneficio Animal de Popayán.

8. DIAGNÓSTICO ACTUAL

La Planta de Beneficio Animal de Popayán, en cumplimiento de su compromiso ambiental y en el marco del Decreto 1500 de 2007 [2], realizó un diagnóstico detallado de la situación actual relacionada con la generación y manejo de residuos sólidos, líquidos y peligrosos. Este diagnóstico constituye la base para la formulación de estrategias que permitan optimizar la gestión de residuos, mitigar impactos ambientales y garantizar el cumplimiento de la normativa vigente.

8.1 Identificación de Residuos Generados

Durante el proceso productivo y administrativo de la planta, se generan diferentes tipos de residuos clasificados en:

- **Residuos orgánicos:** Sangre, contenidos ruminales, vísceras, tejidos no aptos para consumo, estiércol y restos de alimentos.
- **Residuos reciclables:** Envases plásticos, papel, cartón, empaques secundarios y metales provenientes de herramientas desechadas.

- **Residuos no reciclables:** Servilletas usadas, toallas sanitarias, residuos de limpieza contaminados y material de empaque no valorizable.
- **Residuos peligrosos:** Aceites usados, productos de limpieza químicos (detergentes, desinfectantes), trapos contaminados con grasas y envases de sustancias peligrosas.

Cada tipo de residuo requiere de un manejo diferenciado, de acuerdo con su naturaleza, riesgos asociados y potencial de aprovechamiento o disposición final.

8.2 Puntos Críticos de Generación de Residuos

Se identificaron los siguientes puntos críticos de generación de residuos dentro de la operación:

- **Área de Corrales:** Producción de estiércol, residuos de cama animal y restos orgánicos.
- **Área de Sangría:** Generación significativa de sangre y residuos biológicos.
- **Área de Faenado:** Producción de tejidos, grasas, huesos y empaques contaminados.
- **Zona Administrativa y Vestuarios:** Generación de residuos de papel, cartón, residuos orgánicos domésticos y elementos sanitarios.
- **Áreas de Lavado y Mantenimiento:** Generación de aguas residuales contaminadas, restos de lubricantes, detergentes y materiales absorbentes.

La identificación de estos puntos críticos permite establecer estrategias de segregación en la fuente y de manejo específico en cada área.

8.3 Caracterización Cualitativa y Cuantitativa de los Residuos

A partir de mediciones realizadas en la planta, se establecieron las siguientes características:

- **Cantidad diaria estimada de residuos sólidos ordinarios:** Aproximadamente 3 kg.
- **Volumen diario estimado de sangre recolectada:** Alrededor de 200 litros por jornada de sacrificio.
- **Porcentaje de residuos reciclables:** Representan cerca del 8% del total de residuos generados.
- **Porcentaje de residuos peligrosos:** Corresponde aproximadamente al 2% del volumen total generado.

Adicionalmente, se observaron variaciones en la cantidad y tipo de residuos en función del número de animales sacrificados, la estacionalidad de la demanda y el tipo de procesos ejecutados.

8.4 Evaluación de Vertimientos

Las aguas residuales generadas en el proceso de beneficio animal contienen altas cargas orgánicas y deben ser tratadas adecuadamente antes de su vertimiento. Actualmente, la Planta cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) que realiza el tratamiento primario y secundario de las aguas, garantizando que los parámetros fisicoquímicos cumplan con los límites establecidos en la normatividad ambiental vigente [3].

El vertimiento tratado se descarga al Río Ejido, por lo cual se realiza un monitoreo periódico para verificar el cumplimiento de los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales y grasas y aceites, entre otros.

8.5 Evaluación de Emisiones Atmosféricas

Si bien las actividades principales de la Planta de Beneficio Animal no implican procesos de combustión significativa, se han identificado algunas fuentes menores de emisiones atmosféricas, tales como:

- Emisiones difusas de partículas provenientes del movimiento de animales y limpieza de áreas.
- Emisiones sonoras producidas por compresores, sistemas de bombeo y equipos de refrigeración.

Estas emisiones, aunque de bajo impacto, son gestionadas mediante buenas prácticas de mantenimiento preventivo y limpieza rutinaria.

8.6 Evaluación del Manejo de Sustancias Químicas

El manejo de sustancias químicas se considera un aspecto crítico dentro de la operación.

En la planta se utilizan productos como detergentes, desinfectantes, lubricantes y biocidas para la limpieza, desinfección y mantenimiento de equipos.

Actualmente, las sustancias químicas:

- Son almacenadas en áreas específicas, ventiladas, señalizadas y dotadas de kits de emergencia.
- Se manejan siguiendo protocolos internos de seguridad e higiene industrial.
- Cuentan con hojas de seguridad (HDS) disponibles para consulta del personal.
- Se controlan mediante inventarios actualizados para evitar acumulaciones innecesarias o vencimientos.

La correcta gestión de sustancias químicas es fundamental para minimizar riesgos de contaminación ambiental y proteger la salud de los trabajadores.

9. ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN EL PGIR

Con el fin de garantizar la implementación efectiva del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIR) en la Planta de Beneficio Animal de Popayán, se han establecido un conjunto de actividades estratégicas que buscan prevenir, reducir, gestionar y dar un destino adecuado a los residuos generados durante las operaciones de la planta.

Estas actividades están orientadas a fortalecer la cultura ambiental, mejorar los procesos internos, garantizar el cumplimiento normativo y minimizar los impactos negativos sobre el entorno natural y social.

Las principales actividades a desarrollar son:

9.1 Sensibilización y Capacitación Ambiental

- Realizar capacitaciones trimestrales dirigidas a todos los colaboradores, enfocadas en la segregación adecuada de residuos, el manejo de residuos peligrosos y las buenas prácticas ambientales.
- Implementar programas de inducción ambiental para personal nuevo y contratistas, reforzando la importancia de la gestión integral de residuos.
- Elaborar y distribuir material educativo como afiches, manuales y boletines informativos sobre buenas prácticas de gestión de residuos.

9.2 Segregación en la Fuente

- Dotar a todas las áreas de la planta con puntos ecológicos correctamente señalizados, que permitan la separación de residuos en residuos orgánicos, reciclables, no aprovechables y peligrosos.
- Capacitar al personal en la correcta identificación y disposición de cada tipo de residuo, siguiendo el código de colores establecido en la Resolución 2184 de 2019 [9].

9.3 Recolección, Transporte Interno y Almacenamiento

- Establecer rutas internas de recolección de residuos, con frecuencias definidas según el volumen de generación de cada área.
- Implementar protocolos de manejo seguro para residuos peligrosos, utilizando equipos de protección personal y contenedores adecuados.
- Adecuar un área de almacenamiento temporal de residuos peligrosos, cumpliendo con los requisitos de ventilación, impermeabilización y señalización establecidos por la normatividad ambiental.

9.4 Aprovechamiento de Residuos

- Promover la entrega de residuos reciclables a gestores autorizados, contribuyendo a la reducción del volumen de residuos enviados a disposición final.
- Evaluar la viabilidad de implementar programas de compostaje para residuos orgánicos como estiércol y restos vegetales, reduciendo la cantidad de residuos dispuestos en rellenos sanitarios.

9.5 Entrega a Gestores Externos

- Formalizar y mantener actualizados los convenios con empresas autorizadas para la recolección y disposición de residuos reciclables, no aprovechables y peligrosos.

- Garantizar que cada entrega de residuos a gestores externos se documente mediante actas de entrega, manifiestos de transporte y certificados de disposición final.

9.6 Monitoreo y Seguimiento

- Realizar **auditorías internas semestrales** para evaluar el cumplimiento de las actividades del PGIR.
- Registrar mensualmente la cantidad de residuos generados por tipo y área, identificando tendencias y oportunidades de mejora.
- Elaborar informes de gestión de residuos de carácter semestral, para su análisis por parte del Grupo Administrativo de Gestión Ambiental y Sanitaria.

9.7 Actualización y Mejora Continua

- Actualizar anualmente el diagnóstico de residuos, adaptándolo a cambios en procesos productivos o en la normativa ambiental vigente.
- Incorporar las observaciones y recomendaciones surgidas de las auditorías internas en los planes de acción para la mejora continua.

10. INDICADORES Y CRONOGRAMA

La correcta implementación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIR) requiere del establecimiento de indicadores de gestión que permitan medir su efectividad, identificar avances, corregir desviaciones y garantizar la mejora continua de los procesos. Asimismo, un cronograma de actividades organizado es fundamental para asegurar el cumplimiento oportuno de las acciones planteadas.

10.1 Indicadores de Gestión

Se han definido los siguientes indicadores para realizar el seguimiento y evaluación periódica de la gestión de residuos en la planta:

- **Porcentaje de residuos segregados adecuadamente:**

Mide la eficiencia de la separación en la fuente.

Fórmula: $(\text{Cantidad de residuos segregados correctamente} / \text{Total de residuos generados}) \times 100$.

- **Porcentaje de residuos reciclados:**

Permite evaluar el nivel de aprovechamiento de materiales valorizables.

Fórmula: $(\text{Cantidad de residuos reciclados} / \text{Total de residuos generados}) \times 100$.

- **Porcentaje de residuos peligrosos entregados a gestores autorizados:**

Refleja el cumplimiento de la normativa en la disposición de residuos de manejo especial.

Fórmula: $(\text{Cantidad de residuos peligrosos entregados a gestores} / \text{Total de residuos peligrosos generados}) \times 100$.

- **Cumplimiento del cronograma de capacitaciones:**

Mide la ejecución de las actividades de sensibilización ambiental planificadas.

Fórmula: $(\text{Número de capacitaciones realizadas} / \text{Número de capacitaciones programadas}) \times 100$.

- **Reducción de residuos no aprovechables:**

Permite evaluar el impacto de las campañas de reducción y segregación.

Fórmula: $[(\text{Cantidad de residuos no aprovechables inicial} - \text{Cantidad actual}) / \text{Cantidad inicial}] \times 100$.

- **Número de incidentes ambientales reportados:**
Permite identificar fallas en el manejo de residuos y actuar preventivamente.

Los indicadores serán evaluados trimestralmente por el Grupo Administrativo de Gestión Ambiental, quienes elaborarán informes para analizar tendencias, identificar oportunidades de mejora y fortalecer la toma de decisiones.

10.2 Cronograma de Actividades PGIR - Año 2025

A continuación, se presenta el cronograma general de ejecución de las actividades contempladas en el PGIR para el año 2025:

Tabla 8. Cronograma de ejecución de actividades

Actividad	Periodicidad	Responsable
Capacitación al personal sobre gestión de residuos	Trimestral	Coordinador Ambiental
Inspección de puntos críticos de generación de residuos	Bimensual	Coordinador Ambiental / jefe de Calidad
Campañas internas de separación en la fuente	Bimensual	Grupo Ambiental
Registro y control de residuos generados	Mensual	Coordinador Ambiental / Auxiliar de Aseo
Entrega de residuos reciclables a gestores autorizados	Mensual	Grupo Ambiental
Entrega de residuos peligrosos a gestores certificados	Semestral	Grupo Ambiental

Actividad	Periodicidad	Responsable
Auditoría interna de cumplimiento del PGIR	Semestral	Coordinador Ambiental
Actualización del diagnóstico de residuos	Anual	Coordinador Ambiental
Actualización de convenios con gestores externos	Anual	Dirección de Planta

Fuente: el autor

Este cronograma podrá ser ajustado en función de los resultados de los indicadores, cambios en los procesos operativos o modificaciones en la legislación ambiental aplicable.

11. REFERENCIAS

[1] J. M. Barrios Guañarita, *Estrategias de mejora en la gestión ambiental de residuos en la Planta de Beneficio Animal en la ciudad de Popayán*, Corporación Universitaria Comfacaucá, 2025.

[2] Decreto 1500 de 2007, “Por el cual se establece el reglamento técnico para los requisitos sanitarios y de inocuidad en la producción primaria, beneficio, desposte, procesamiento, almacenamiento, transporte, comercialización, expendio, importación o exportación de carne para consumo humano.” Ministerio de la Protección Social, Colombia.

[3] Decreto 3930 de 2010, “Por el cual se reglamenta la gestión integral del recurso hídrico y se dictan otras disposiciones.” Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Colombia.

[4] Decreto 1594 de 1984, “Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979 en cuanto a vertimientos de aguas residuales.” Ministerio de Salud y Protección Social, Colombia.

[5] Decreto 2811 de 1974, “Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.” Presidencia de la República de Colombia.

[6] Decreto 3100 de 2003, “Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 99 de 1993 en relación con las tasas retributivas por el uso directo del agua.” Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Colombia.

[7] Resolución 240 de 2013, “Por la cual se establecen requisitos sanitarios para el funcionamiento de plantas de beneficio animal.” Ministerio de Salud y Protección Social, Colombia.

[8] Resolución 2905 de 2007, “Por la cual se reglamentan aspectos relacionados con el control sanitario de los productos cárnicos comestibles.” Ministerio de la Protección Social, Colombia.

[9] Resolución 2184 de 2019, “Por la cual se adopta el Código de Colores para la separación de residuos sólidos en la fuente y se dictan otras disposiciones.” Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia.

[10] Decreto 1076 de 2015, “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.” Presidencia de la República de Colombia.

[11] Decreto 1713 de 2002, “Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo y la actividad complementaria de disposición final de residuos sólidos.” Presidencia de la República de Colombia.

[12] Decreto 4741 de 2005, “Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de residuos peligrosos generados en el marco de la gestión ambiental.” Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Colombia.

[13] B. S. Velázquez de Lucio, E. M. Hernández Domínguez y L. A. Mastranzo Pérez, “Valorización de residuos de la industria alimentaria: pilar clave para la economía circular en México,” *Bioeconomía en Latinoamérica*, vol. 3, 2024.

[14] Chatham House, “La economía circular en América Latina y el Caribe: Perspectivas regionales,” *Chatham House Reports*, 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.chathamhouse.org/>

[15] ChileMink, “Subproductos Cárnicos en la Economía Circular,” *Blog ChileMink*, 2022. [En línea]. Disponible: <https://www.chilemink.cl/blog/subproductos-economia-circular>

[16] Asociación Nacional de Industrias de la Carne de España (ANICE), “Reutilización de residuos en la industria cárnica,” *Plataforma Tierra*, 2022. [En línea]. Disponible: <https://www.plataformatierra.es/>

[17] Organización de las Naciones Unidas (ONU), “Objetivos de Desarrollo Sostenible,” *ONU Agenda 2030*. [En línea]. Disponible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

[18] Refinal S.A.S., “Aprovechamiento de subproductos cárnicos: harinas y aceites a partir de sangre bovina,” Informe corporativo, Candelaria, Valle del Cauca, 2021.