



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LAS
PLANTAS DE BENEFICIO DE GANADO BOVINO
EN COLOMBIA**

Claudia Patricia Rendón Echeverri

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, (Posgrados Escuela Ambiental)

Medellín, Colombia

2020



**Impacto ambiental generado por las plantas de beneficio de ganado bovino en
Colombia**

Claudia Patricia Rendón Echeverri

Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en Gestión Ambiental

Asesor:

Juan Pablo Salazar Giraldo, Geólogo, Especialista en Evaluación del Impacto Ambiental,
Ph.D. Ingeniería

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Posgrados Escuela Ambiental.
Medellín, Colombia

2020

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Objetivos.....	5
1.3 Objetivo general.....	5
1.4 Objetivos específicos	5
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Proceso de beneficio de ganado bovino.....	7
2.2 Normatividad ambiental aplicada a las plantas de beneficio de ganado bovino en Colombia.....	11
2.3 Principales aspectos ambientales generados en plantas de beneficio de ganado bovino	16
2.4 Clasificación de los residuos sólidos de las plantas de beneficio animal	18
2.5 Estado del arte.....	19
3. METODOLOGÍA	23
3.1 Fases metodológicas	24
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	26
4.1 Impactos ambientales generados por las plantas de beneficio de ganado bovino	26
4.2 Medidas preventivas, de mitigación y controles existentes para los impactos ambientales generados en las plantas de beneficio de ganado bovino	34
4.3 Metodología de gestión ambiental para los impactos generados en la planta de beneficio de ganado bovino del municipio de Cauca - Antioquia	57
5. CONCLUSIONES	66
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación plantas de beneficio animal	7
Tabla 2. Normatividad ambiental para plantas de beneficio animal	11
Tabla 3. Impactos ambientales generados por las plantas de beneficio de ganado bovino ..	26
Tabla 4. Valores de consumo de agua para planta de beneficio en Colombia	31
Tabla 5. Medidas preventivas, de mitigación y control para el consumo de agua	36
Tabla 6. Usos de la sangre de ganado bovino.....	51
Tabla 7. Usos de huesos, sebos y decomisos aprovechables de ganado bovino	52
Tabla 8. Uso del contenido ruminal para consumo animal	52
Tabla 9. Análisis comparativo de alternativas entre la deshidratación de sangre y compostaje	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de las etapas del proceso de beneficio de ganado bovino	8
Figura 2. Diagrama de flujo de entradas, procesos y salidas de una planta de beneficio.....	17
Figura 3. Clasificación de residuos en una planta de beneficio animal.....	18
Figura 4. Diseño metodológico	23
Figura 5. Recolección de sangre y harina para concentrado de animales.	60
Figura 6. Molino o prensa para contenido ruminal	61
Figura 7. Harina para concentrado de animales	64
Figura 8. Deshidratación de pieles	65

RESUMEN

Este trabajo se desarrolla, con el fin de contextualizar el proceso que se realiza en una planta de beneficio de ganado bovino, dado que dicho proceso genera una huella ambiental importante, identificando y analizando concienzudamente los impactos ambientales generados, además se presentan medidas preventivas, de mitigación y controles existentes para minimizar los impactos ambientales generados por este proceso en Colombia. Sin embargo, aunque existe una amplia legislación ambiental y se han creado mecanismos eficaces destinados al control de la contaminación y reducción de dichos impactos, con los cuales las autoridades pueden garantizar la defensa de los recursos naturales y ambientales, su incumplimiento es una práctica común en un sin número de plantas. Es así como decidimos profundizar un poco más en el impacto ambiental generado por las plantas de beneficio de ganado bovino en Colombia, además se presentan una serie de metodologías y estrategias que las plantas de beneficio animal pueden implementar para trabajar de una manera ambientalmente responsable, con esto se pretende demostrar que la implementación de estas estrategias durante el proceso previene y garantiza la protección ambiental y el uso razonable de los recursos naturales

Durante este proceso y tratando de investigar sobre el tema, pudimos ver que existe poca información acerca de él, igualmente notamos que en este sector industrial, la inversión para lograr mitigar el impacto ambiental producto de su actividad es muy baja, lo que significa que los entes de control no ejercen eficazmente su función, además las empresas al dejar de lado la gestión y tratamiento de dichos residuos, están perdiendo una oportunidad de ingresos con la comercialización de los subproductos que resultan de dichos tratamientos.

Palabras clave: Impacto ambiental, ganado vacuno, carne de ganado, deterioro ambiental, contaminación.

ABSTRACT

This work is developed, in order to contextualize the process that is carried out in a plant of benefit of cattle, since this process generates an important environmental footprint, identifying and analyzing conscientiously the generated environmental impacts, in addition it is presented preventive measures, of mitigation and existing controls to minimize the environmental impacts generated by this process in Colombia. However, even though there is a wide environmental legislation and effective mechanisms have been created to control pollution and reduce such impacts, with which the authorities can guarantee the defense of natural and environmental resources, its noncompliance is a common practice in many plants. This is how we decided to go deeper into the environmental impact generated by the cattle benefit plants in Colombia. In addition, we present a series of methodologies and strategies that the animal benefit plants can implement to work in an environmentally responsible way, with this we intend to demonstrate that the implementation of these strategies during the process prevents and guarantees the environmental protection and the reasonable use of natural resources.

During this process and trying to investigate about the subject, we could see that there is little information about it, also we noticed that in this industrial sector, the investment to manage to mitigate the environmental impact product of its activity is very low, which means that the control entities do not exercise their function effectively, in addition the companies when leaving aside the management and treatment of these residues, are losing an opportunity of income with the commercialization of the subproducts that result from these treatments.

Keywords: Environmental impact, cattle, beef, environmental degradation, pollution.

1. INTRODUCCIÓN

De todos los alimentos producidos por el hombre, la producción de carne bovina es el que presenta la mayor huella ambiental para su producción, este proceso se realiza en plantas de beneficio animal, donde se da la transformación del animal en carne para consumo humano, sin embargo, durante este proceso se generan diferentes vertimientos, residuos sólidos y emisiones gaseosas, los que deben ser tratados cumpliendo las normativas establecidas para tal fin previo a su disposición final, con el fin de evitar problemas ambientales y lograr una reducción en el impacto de la actividad sobre el medio ambiente.

Algunos de los principales impactos negativos vinculados con este proceso son: “eutrofización en los cuerpos del agua de superficie, filtración de nitratos y patógenos en los mantos acuíferos, acumulación de nutrientes en el suelo y el agua, contaminación de los recursos suelo y agua por patógenos, liberación de grandes cantidades de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, amoníaco y otros gases a la atmósfera” (Núñez, 2018, pág. 4).

Entre los residuos y subproductos no comestibles que comúnmente generan este tipo de empresas están: en primer lugar, los residuos líquidos que incluyen estiércol, orina, sangre, pelos, restos de sebos o carne, entre otros, en estos residuos se pueden encontrar niveles considerables de DBO₅, DQO, SST, grasas y aceites; ocasionando contaminación de fuentes hídricas superficiales y subterráneas; en segundo lugar se generan residuos sólidos orgánicos como sebo, huesos, pezuñas, piel, cuernos, entre otros; por último se generan emisiones atmosféricas como humos, olores, dióxido de carbono, metano y químicos usados para sistema de refrigeración (freón, R22, amoniaco, entre otros); emisiones que acusan efecto invernadero y deterioro de la capa de ozono, los cuales al no ser controlados pueden provocar un deterioro ambiental en todo el ecosistema.

En el desarrollo de este trabajo se presenta una contextualización del proceso que se realiza en una planta de beneficio animal, identificando y analizando concienzudamente los impactos ambientales generados, además se presentaran medidas preventivas, de mitigación y controles existentes para minimizar los impactos ambientales generados por este proceso en Colombia.

A pesar de que en Colombia existe una amplia legislación ambiental y se han creado mecanismos eficaces destinados al control de la contaminación y reducción del impacto ambiental, con los cuales las autoridades pueden garantizar la defensa de los recursos naturales y ambientales, su incumplimiento es una práctica común en un sin número de empresas.

1.1 Planteamiento del problema

- **Antecedentes**

La mayoría de las plantas de beneficio de ganado bovino en Colombia se construyeron hace más de 20 años como simples mataderos para suplir las necesidades alimentarias frente al producto obtenido, sin tener una proyección a largo plazo del crecimiento de la industria cárnica del país, además careciendo de una claridad frente a la normatividad sanitaria y ambiental que deben cumplir generado grandes impactos al medio ambiente.

En el año 2013 Acero et al., (2013), realizaron una evaluación del sistema de gestión ambiental de los frigoríficos cárnicos en Colombia, encontrando que la mayoría de las plantas de beneficio animal estaban ubicadas en las riberas de los ríos, con la práctica de verter los residuos en sus cauces, igualmente encontraron que existían pocas plantas que implementaran tratamientos de aguas residuales con tecnologías biológicas anaerobias o aerobias y físico químicas o una combinación de las dos que cumplieran con los parámetros de vertimientos exigidos en la normatividad colombiana.

A la fecha se han realizado varios estudios en Colombia para comprobar el cumplimiento de la normatividad vigente ambiental y sanitaria en este sector, es el caso del estudio realizado por Echavarría et al., (2016) a 14 plantas de beneficio animal en la jurisdicción de Corantioquia, las cuales presentaron un alto riesgo ambiental por el consumo excesivo de agua y el escaso control de su uso, generando vertimientos con elevados niveles de carga orgánica en términos de DBO₅ y SST. Para el año 2019, se concluye por medio de un estudio realizado por Triana (2019), que las plantas de beneficio en Colombia no cuentan con una infraestructura apropiada para operar ambientalmente el proceso, omitido el cumplimiento de la normatividad ambiental y sanitaria, lo que ha generado cierres por parte del INVIMA a diversas plantas del país, generando con esto el aumento de los mataderos clandestinos, afectando negativamente los recursos naturales.

En Colombia no se cuenta con plantas de beneficio de ganado bovino con la infraestructura necesaria para el manejo correcto de los residuos generados durante este proceso, sin embargo, se propone el análisis de metodologías de medidas preventivas, de mitigación y control, buscando que esta industria tenga opciones responsables con el medio ambiente.

- **Descripción**

Basados en la argumentación anterior, se plantean las siguientes preguntas, donde se menciona la problemática ambiental y de cumplimiento de la normatividad para el sector de las plantas de beneficio de ganado bovino en Colombia, se plantean las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los impactos ambientales generados por las plantas de beneficio de ganado bovinos?
- ¿Cuál es el impacto ambiental más significativo generado por las plantas de beneficio de ganado bovino?
- ¿Cuáles pueden ser las acciones, técnicas o métodos para prevenir, minimizar y controlar los impactos ambientales generados por el proceso de las plantas de beneficio de ganado bovino?
- ¿Las plantas de beneficio de ganado bovino cumplen con la normatividad ambiental establecida en Colombia?

- **Formulación**

¿Cuáles son los impactos ambientales generados por una planta de beneficio de ganado bovino?, el beneficio de ganado bovino, necesita de una serie de procesos que generan diferentes contaminantes al medio ambiente. La obtención de la carne requiere del uso de diferentes equipos y procedimientos, todos importantes para la transformación de animal a carne, pero que afectan considerablemente a los recursos naturales, los más afectados son el agua, el suelo y la atmosfera, pero ¿cuál debería ser la manera más adecuada para prevenir, mitigar y controlar estos impactos?

Los impactos ambientales generados por el beneficio de ganado bovino en Colombia podrían tratarse de mejor manera dando cumplimiento a la normatividad ambiental y garantizando la protección a los recursos naturales, la industria cárnica debe promover avances tecnológicos, programas y metodologías con el objetivo de mejorar el manejo de los residuos, para su reducción y aprovechamiento, con el fin de lograr una mayor eficiencia y eficacia productiva y así consolidar un sistema industrial que asegure el desarrollo sostenible.

1.2 Objetivos

1.3 Objetivo general

Analizar los impactos ambientales generados por el proceso productivo en las plantas de beneficio de ganado bovino en Colombia, determinando alternativas de manejo ambiental en la planta de beneficio del municipio de Caucasia.

1.4 Objetivos específicos

- Identificar cuáles son los impactos ambientales generados por las plantas de beneficio de ganado bovino.
- Analizar medidas preventivas, de mitigación y controles existentes para los impactos ambientales generados en las plantas de beneficio de ganado bovino.
- Proponer una metodología de gestión ambiental para los impactos generados en la planta de beneficio de ganado bovino del municipio de Caucasia - Antioquia.

2. MARCO TEÓRICO

El proceso para la obtención de la carne de res para consumo humano se genera gracias al beneficio de ganado bovino, este se realiza en plantas frigoríficas o mataderos como comúnmente se conoce, allí se produce la transformación de los animales en carne, este proceso comprende varias etapas, como son el transporte, recibo de animales, corrales, baño ante mortem, insensibilización, sangría, zona intermedia, acondicionamiento de la canal, almacenamiento y despacho del producto terminado (carne en canal). “Se denominan productos cárnicos a todos aquellos que hacen parte de la cadena productiva de origen animal para el consumo humano. Este sector se encuentra constituido por las industrias que enfocan sus actividades a mataderos, salas de despiece, frigoríficos e industrias de elaborados cárnicos, siendo estas últimas aquellas que se dedican a la fabricación de embutidos como salchichas, jamones, entre otros, donde la materia prima es la carne en canal de plantas de beneficio” (Urrego y Acero, 2015, pág. 9).

De todos los alimentos producidos por el hombre, la producción de carne bovina es el que presenta la mayor huella ambiental para su producción, principalmente al consumo de agua potable y energía eléctrica a lo largo del proceso de beneficio bovino” (Núñez, 2018, pág. 4). Algunos de los principales impactos negativos vinculados con este proceso son: “eutrofización en los cuerpos del agua de superficie, filtración de nitratos y patógenos en los mantos acuíferos, acumulación de nutrientes en el suelo y el agua, contaminación de los recursos suelo y agua por patógenos, liberación de grandes cantidades de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, amoníaco y otros gases a la atmósfera” (Núñez, 2018, pág. 4), causando la destrucción del ecosistema que se encuentre alrededor de la planta de beneficio.

Para la entender mejor este proceso, se inicia con el concepto de planta de beneficio animal es cual es: “el conjunto de infraestructura, equipos y recursos humanos, donde se sucede el intercambio de relaciones que se dan a su interior, dentro del proceso de sacrificio, como al exterior, en las actividades previas al beneficio y las posteriores de distribución y comercialización” Barbosa y Solano, 2015, pág.18).

Colombia cuenta con una clasificación para las plantas de beneficio descrita en el decreto 2270 de 2012 del Ministerio de Salud y Protección Social, (Tabla 1), en el artículo 10 se especifica las dos clasificaciones existentes para nuestro país, las cuales se muestran a continuación:

Tabla 1.

Clasificación plantas de beneficio animal

Clasificación	Descripción.
Planta de beneficio animal de categoría nacional.	Es la planta de beneficio animal autorizada por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos, INVIMA, para la comercialización de carne y productos cárnicos comestibles dentro del territorio nacional.
Planta de beneficio animal categoría de autoconsumo.	Es la planta de beneficio animal autorizada por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos, INVIMA, para abastecer de carnes al respectivo municipio en el cual se encuentra ubicada.

Fuente: Decreto 2270 de 2012. Ministerio de Salud y Protección Social.

2.1 Proceso de beneficio de ganado bovino

Para una mayor comprensión de las actividades y la identificación de aspectos ambientales, a continuación, se ilustra el proceso productivo de una planta de beneficio de bovino, el cual comprende una serie de etapas y actividades que se ejecutan para lograr la transformación del animal en carne, en la figura 1 se muestra el flujo para la producción de carne bovina.

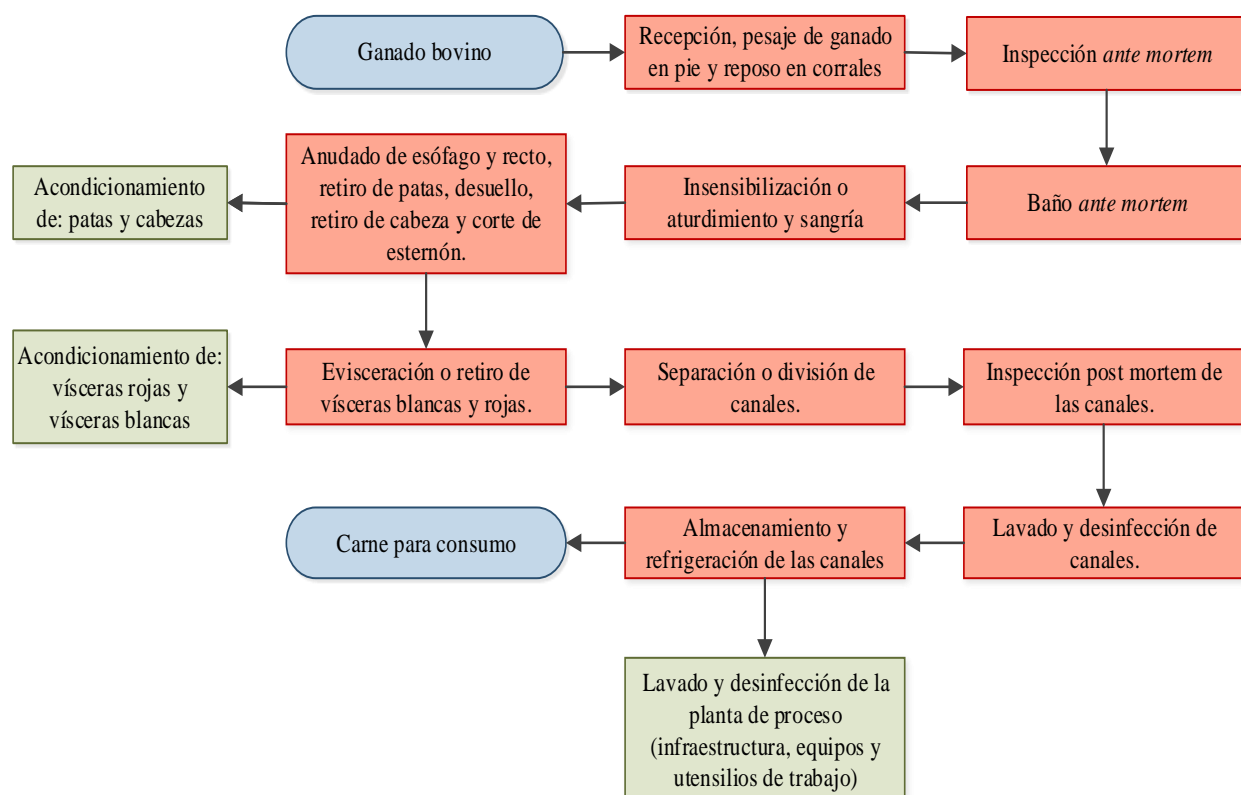


Figura 1. Diagrama de flujo de las etapas del proceso de beneficio de ganado bovino. Adaptado y Modificado de Montoya et al., 2016.

En la figura anterior se detallan las etapas que se realizan en el proceso de beneficio de ganado bovino, a continuación, se describen algunas etapas significativas del proceso productivo para entender la secuencia lógica de la transformación que se da antes de obtener el producto final (carne), y determinar en qué etapas se generan residuos de alto impacto para el medio ambiente y el ecosistema a su alrededor.

- Recepción, pesaje de ganado en pie y reposo en corrales:** Para el ingreso de los animales es necesario presentar la Guía Sanitaria de Movilización Interna de Animales expedida por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, donde se garantiza que estos llegan de predios autorizados. “Los animales son descargados por rampas móviles o fijas situadas a nivel de los corrales” (Chaves et al., 2011, pág. 5), inmediatamente “los animales se trasladan al corral de recepción y posteriormente al corral de descanso” (Palomino, s.f., pág. 7). En los corrales de descanso “permanecen sin alimento (solo agua), entre 12 a 24 horas antes del sacrificio” (Chaves et al., 2011, pág. 5), para cumplir con el tiempo de reposo establecido en la normatividad.

- **Inspección ante mortem:** Todo animal destinado al sacrificio debe ser sometido a una inspección *ante mortem*, este procedimiento lo realiza el médico veterinario de la planta y un médico veterinario del INVIMA, los cuales realizan la verificación sanitaria previa al sacrificio (Palomino, s.f.). “Mediante esta práctica se puede detectar el estado de salud de los animales, identificando cualquier anormalidad y signos de enfermedad y que no presenten síntomas visibles que hagan sospechar la presencia de enfermedades, dictaminando el destino de cada uno: sacrificio o decomiso” (Palomino, s.f., pág. 7)

- **Lavado del animal o baño ante mortem:** “El ganado en pie se lava externamente para retirar la tierra y el estiércol adheridos a su piel y así garantizar la higiene en las posteriores operaciones de sacrificio; el baño se realiza mediante un sistema de tubería perforada o con aspersores para la aspersion del agua caliente por todo su cuerpo. Cuando hay animales bastante sucios es preciso hacer un baño más riguroso, empleando mangueras para proyectar agua a presión especialmente en el lomo, el ano, los genitales y las ubres” (Castro et al., 2005, pág. 27).

- **Insensibilización o aturdimiento del animal y sangría:** La insensibilización del animal “se efectúa localizando el animal en el área de insensibilización donde se ocasiona la pérdida del conocimiento de los animales antes de ser desangrados, se utilizan comúnmente diferentes procedimientos para la insensibilización de ganado vacuno, entre las más comunes se encuentran la descarga eléctrica, el uso de pistolas neumáticas o de perno cautivo, uso de la puntilla” (Barbosa y Solano, 2015, pág. 20), y la sangría se realiza “mediante un corte que se hace a nivel del cuello, seccionando los vasos sanguíneos y provocando la salida de la sangre y muerte del animal. El sangrado debe ser lo más completo posible” (Barbosa y Solano, 2015, pág. 20).

- **Retiro de patas y cabeza:** “Se cortan las patas anteriores, se desprende la piel de la cabeza junto con las orejas y se cortan los cachos con una sierra eléctrica o neumática. Por último, se corta la cabeza liberando restos de sangre y parte del contenido ruminal contenido en el esófago, que luego es amarrado con una cuerda para evitar la contaminación en la carne” (Castro et al., 2005, pág. 30).

- **Desuello:** Es la separación o retiro total de la piel, “se hace, retirando la piel con un rodillo que separa la membrana del músculo” (Chaves et al., 2011, pág. 6).

- **Corte de esternón:** “Con un cuchillo se hace una incisión en la línea blanca del pecho y se introduce una sierra eléctrica para cortar los huesos del esternón, también se pueden utilizar hachas higienizadas previamente (Barbosa y Solano, 2015, pág. 21).

- **Evisceración o retiro de vísceras blancas y vísceras rojas:** Una vez realizado el corte del esternón, se procede a “extraer las vísceras rojas y blancas, las cuales pasan por una inspección post mortem y se ubican en áreas separadas” (Chavez et al., 2011, pág. 6). “Las vísceras rojas y blancas pasan a tratamientos posteriores en áreas separadas” (Castro et al., 2005, pág. 33) para su lavado, acondicionamiento y almacenamiento en cavas de refrigeración.

Una vez realizado el corte del esternón, se procede a “extraer las vísceras rojas y blancas, las cuales pasan por una inspección post mortem” (Chavez et al., 2011, pág. 6). Tanto las vísceras blancas, como las vísceras rojas son sometidas a la inspección post mortem, para determinar su estado y su destino, aquellas que no cumplan con los requisitos serán decomisadas y desechadas como residuos. “Las vísceras rojas y blancas pasan a tratamientos posteriores en áreas separadas” (Castro et al., 2005, pág. 33) para su lavado, acondicionamiento y almacenamiento en cavas de refrigeración.

- **Separación o división de canales:** Las canales se cortan en dos partes a lo largo de la columna vertebral utilizando una sierra eléctrica o neumática (Castro et al., 2005, pág. 33), obteniéndose dos mitades o medias canales.

- **Inspección post mortem de las canales:** La inspección es “todo procedimiento o análisis efectuado por la Autoridad Sanitaria a todas las partes pertinentes de animales beneficiados con el propósito de dictaminar la inocuidad, aptitud y disposición” (Barbosa y Solano, 2015, pág. 21).

- **Lavado y desinfección de canales:** las canales se lavan por medio de “chorros de agua

a presión, los cuales permiten retirar la suciedad que haya podido impregnar la canal durante el proceso” (Barbosa y Solano, 2015, pág. 21). Una vez lavada toda la superficie de la canal se procede a la desinfección de la misma con soluciones desinfectantes de ácido láctico o ácido peracético.

- **Almacenamiento y refrigeración de las canales:** las canales se almacenan en cuartos fríos (cavas de refrigeración) con el fin de reducir la temperatura de las mismas y de paso disminuir el crecimiento bacteriano, las canales permanecen allí hasta alcanzar una temperatura igual o inferior a 7°C según la resolución 0240 de 2013, del Ministerio de Salud y Protección Social.

2.2 Normatividad ambiental aplicada a las plantas de beneficio de ganado bovino en Colombia

Las autoridades han expedido normas para garantizar el control ambiental en el sector cárnico en Colombia, las plantas de beneficio de ganado bovino, ya sea de categoría nacional o de autoconsumo deben cumplir con la normatividad legal vigente en el ámbito ambiental del país, en la tabla 2, se describe la legislación que este sector debe cumplir:

Tabla 2.

Normatividad ambiental para plantas de beneficio animal

Recurso	Norma	Descripción
Agua	<p>Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015.</p> <p>Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.</p>	<p>Título 3: Aguas No Marítimas.</p> <p>Capítulo 1: Instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Sección 5. De los Planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas. – Sección 10. Planes de manejo ambiental.

		<p>Capítulo 2. Uso y aprovechamiento del agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Sección 1. Disposiciones generales. – Sección 2. Del dominio de las aguas, cauces y riberas. <p>Capítulo 3. Ordenamiento del recurso hídrico y vertimientos. Subsección 2. Ordenamiento del recurso hídrico.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Sección 3. Criterios de calidad para destinación del recurso.
	<p>Ley 373 de 1997. Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.</p>	<p>Uso eficiente y ahorro del agua, reglamentada por el Decreto 3102 de 1997.</p>
<p>Vertimientos</p>	<p>Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.</p>	<p>Título 3. Aguas no marítimas.</p> <p>Capítulo 2. Uso y aprovechamiento del agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Sección 20. Conservación y preservación de las aguas y sus cauces. – Sección 21. Vertimiento por uso Doméstico y Municipal. – Sección 23. Vertimiento por uso industrial y Sección 24. Prohibiciones, sanciones, caducidad, control y vigilancia. <p>Capítulo 3. Ordenamiento del recurso hídrico y vertimientos.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Sección 4. Vertimientos. – Sección 5. De la obtención de los permisos de

		<p>vertimiento y planes de cumplimiento.</p> <p>– Sección 7. Reglamentación de vertimientos.</p>
	<p>Resolución 631 de 2015.</p> <p>Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.</p>	<p>Capítulo VI. Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de Aguas Residuales no Domésticas (ARnD) a cuerpos de aguas superficiales.</p> <p>Sector: Actividades productivas de agroindustria y ganadería.</p> <p>Artículo 9.</p>
Residuos	<p>Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015.</p> <p>Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.</p>	<p>Título 6. Residuos peligrosos.</p> <p>Capítulo 1.</p> <p>– Sección 1. Objeto, alcance y definiciones.</p> <p>– Sección 2. Clasificación caracterización, identificación y presentación de los residuos o desechos peligrosos.</p> <p>– Sección 3. De las obligaciones y responsabilidades.</p> <p>– Sección 4. De la gestión y manejo de los empaques, envases, embalajes y residuos de productos o sustancias químicas con propiedad o característica peligrosa.</p> <p>– Sección 6. Del registro de generadores de</p>

		residuos o desechos peligrosos. – Anexos 1, 2 y 3.
	Decreto 351 de 2014. Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades.	Aplican a las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas que generen, identifiquen, separen, empaquen, recolecten, transporten, almacenen, aprovechen, traten o dispongan finalmente los residuos generados en desarrollo de las actividades relacionadas en la atención en salud y otras actividades (numeral 7, artículo 2).
	Resolución 1164 de 2002. Por la cual se adopta el Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de los residuos hospitalarios y similares.	Los procedimientos, procesos, actividades y estándares establecidos en el manual para la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares, serán de obligatorio cumplimiento por los generadores de residuos hospitalarios y similares.
Suelo	Ley 388 de 1997. Por el cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones.	Usos del suelo (Ordenamiento Territorial). Reglamenta mecanismos que permiten al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial.

<p>Aire</p>	<p>Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.</p>	<p>Título 5. Aire.</p> <p>Capítulo 1. Reglamento de protección y control de la calidad del aire.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Sección 1. Protección y control. – Sección 2. Disposiciones generales sobre normas de calidad del aire, niveles de contaminación, emisiones contaminantes y de ruido. – Sección 3. Emisiones contaminantes. – Sección 5. De la generación y emisión de ruido.
<p>Flora y fauna</p>	<p>Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.</p>	<p>Título 2. Biodiversidad.</p> <p>Capítulo 1. Flora silvestre.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Sección 2. Principios generales sirven de base para la aplicación e interpretación. – Sección 17. Prioridades para el uso del recurso forestal. – Sección 18. Conservación de los recursos Naturales en predios rurales. <p>Capítulo 2. Fauna silvestre.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Sección 1. Objetos y ámbitos de aplicación. – Sección 2. Administración y manejo de la Fauna Silvestre. – Sección 3. Reglas especiales para la protección y manejo de la fauna silvestre.

Fuente: Adaptado y Modificado de Triana, 2019.

2.3 Principales aspectos ambientales generados en plantas de beneficio de ganado bovino

Durante el beneficio de ganado bovino se genera una serie de residuos y decomisos (partes de un animal las cuales son declaradas por la autoridad sanitaria como no aptas para consumo humano pero que pueden ser aprovechadas industrialmente como en la producción de concentrados para especies menores (Apolinar, 2006, pág. 16)), desde el inicio hasta el final del proceso, los cuales deben ser tratados en forma adecuada previo a su disposición final, para evitar problemas ambientales y lograr una reducción en el impacto de la actividad sobre el medio ambiente.

En un estudio realizado por Cun y Álvarez, (2017), manifestaron que la especie animal más contaminante en el proceso de beneficio son los bovinos al demostrar que el valor promedio de la cantidad y tipos de residuos que produce un animal adulto faenado, peso promedio en pie de 375 libras (100% del peso vivo), es del 31% debido a productos líquidos residuales como contenido ruminal y del sistema gastrointestinal, sangre, orina y agua del aseo de la planta de procesamiento y sólidos (huesos, tejidos, grasas y heces). También, expresaron que “la cantidad de residuos sólidos que se genera en el beneficio diario por cada bovino, se calcula en una cantidad de 44 libras promedio relacionadas con el contenido ruminal, la sangre y los residuos de tejidos decomisados), tal como reportan” (Cun y Álvarez, 2017, pág. 164).

Los residuos generados en una planta de beneficio de ganado bovinos provienen en su mayoría de los corrales, proceso de sangría, desuello, evisceración, limpieza y lavado de canales, almacenamiento en cavas (refrigeración) y procesamiento o acondicionamiento de productos cárnicos comestibles (vísceras comestibles), dentro de los residuos que más se destacan son los vertimientos líquidos que incluyen estiércol, orina, sangre, también se generan residuos sólidos como el rumen, recortes o desperdicios de la limpieza de canales y vísceras, cascos, cuernos, pieles, huesos, decomisos de animales, órganos o canales (no aptos para consumo humano), por ultimo emisiones atmosféricas como humos, olores, dióxido de carbono, metano y químicos usados en la refrigeración de canales, en la figura 2, se pueden observar los principales aspectos ambientales generados en las plantas de beneficio de ganado bovino.

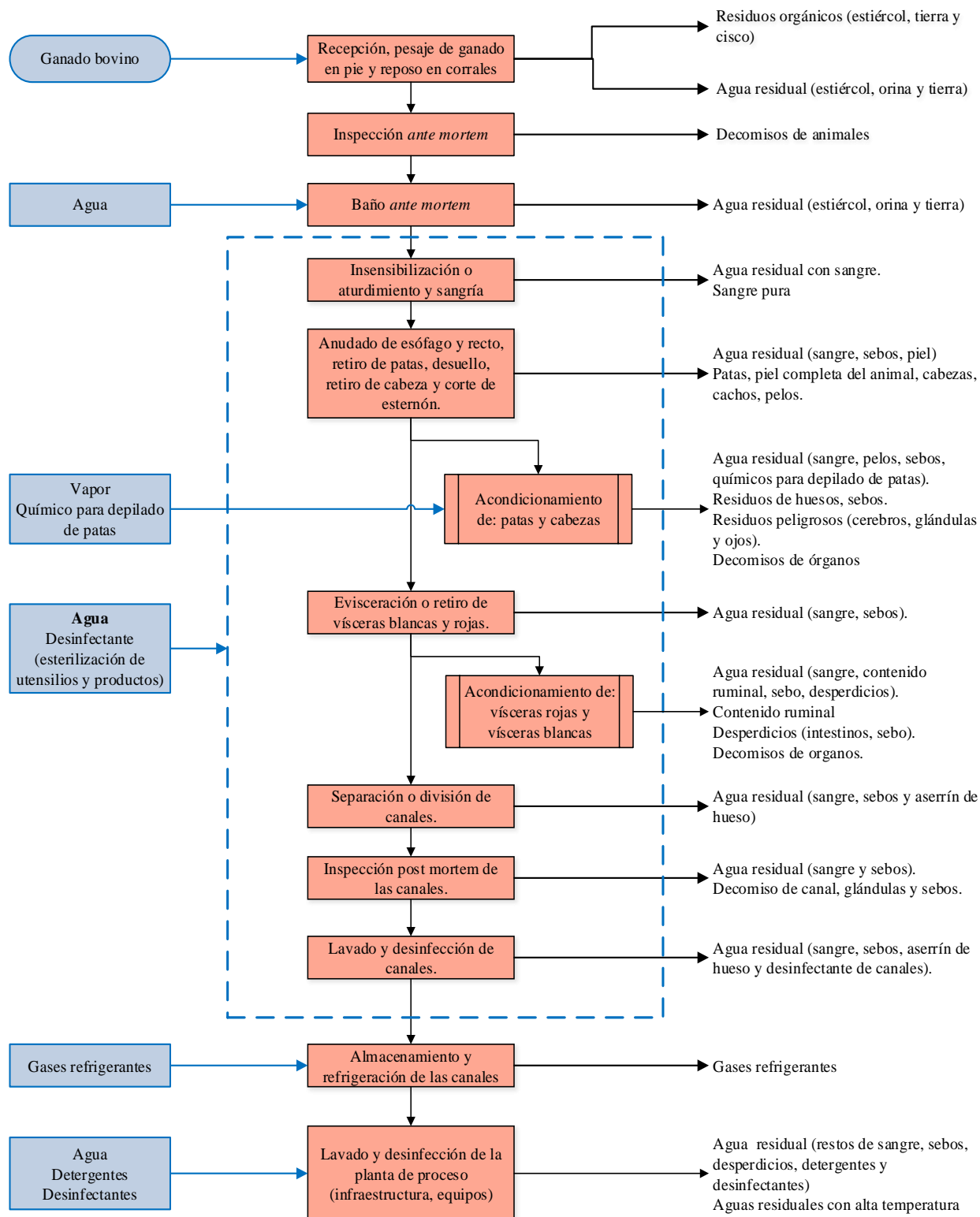


Figura 2. Diagrama de flujo de entradas, procesos y salidas de una planta de beneficio.

Adaptado y Modificado de Echavarría et al., 2016.

Los principales residuos generados en las plantas de beneficio según Montoya et al., (2016), “es el rumen o el contenido de los estómagos del ganado vacuno; junto con la sangre, es la materia causante de mayor contaminación y se caracteriza por contener lignocelulosa, mucosas y fermentos digestivos, además de presentar un elevado contenido de microorganismos patógenos” (Montoya et al., 2016, pág. 83), de igual manera lo demuestran Cun y Álvarez, (2017), donde en su estudio encontraron que “los residuos sólidos constituyen en unos de los principales contaminantes de las aguas servidas; el compuesto orgánico más contaminantes resultó ser el contenido del tubo gastrointestinal incluyendo el ruminal y las heces fecales de bovinos, seguidos del volumen de sangre como residuos del proceso, con un mayor efecto contaminante ambiental por su volumen en el animal en promedio es 27,160 L” Cun y Álvarez, 2017, pág. 164).

2.4 Clasificación de los residuos sólidos de las plantas de beneficio animal

Los residuos generados en las plantas de beneficio animal se clasifican como peligrosos y no peligrosos, acorde con lo dispuesto en el Decreto 351 de 2014 y la Resolución 1164 de 2002, tal como se ilustra en la figura 3.

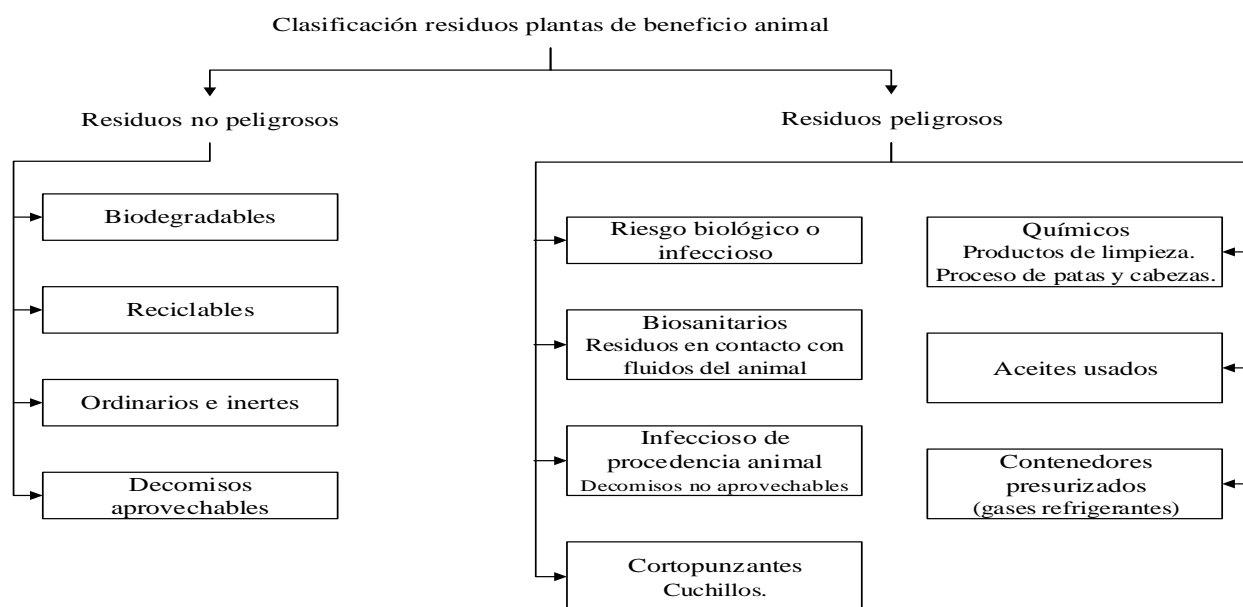


Figura 3. Clasificación de residuos en una planta de beneficio animal. Adaptado y Modificado de Montoya et al., 2016.

2.5 Estado del arte

La mayoría de las plantas de beneficio de ganado bovino en Colombia se construyeron hace más de 20 años como simples mataderos para suplir las necesidades locales del producto (carne), sin tener una proyección a largo plazo del crecimiento de la industria cárnica del país, además sin tener una claridad frente a la normatividad sanitaria y ambiental que deben cumplir generado grandes impactos al medio ambiente.

Como consecuencia de lo anterior la comunidad y los mercados internos exigieron que se crearan y establecieran prácticas y procesos para proteger los recursos naturales y el medio ambiente (Guerrero y Ramírez, 2004).

Para el año 2003 la ubicación urbana de la gran parte de las plantas de sacrificio, la cobertura y la distribución de la actividad en todos los pisos térmicos del país, crearon una gran presión sobre los recursos de agua y suelos, ya que no realizaban ningún tipo de tratamiento a los residuos generados, afectando las condiciones medio ambientales y la calidad de vida de las poblaciones urbanas y rurales, para el año 2003 se estimó que los mataderos de las clases III y IV y más pequeñas, impactaban sanitaria y ambientalmente a más de 70% de la población colombiana.

En 2002, el entonces Ministerio de Medio Ambiente en conjunto con la Sociedad de Agricultores de Colombia y con el apoyo de Fedefondos, la Asociación Colombia de Porcicultores, Corporaciones Autónomas Regionales y el BID, crearon “La Guía Ambiental para las plantas del beneficio de ganado”, con el propósito de ser una herramienta para el manejo ambiental de las actividades del sector pecuario, facilitando el desarrollo de estudios ambientales, optimización los recursos naturales, y por último brindar a los administradores de plantas de beneficio y a las autoridades ambientales, una herramienta de consulta y orientación que contenga elementos técnicos, jurídicos, metodológicos para el manejo eficiente de las plantas (Guerrero y Ramírez, 2004).

Guerrero y Ramírez (2004), presentan unas cifras donde se evidencia que el desarrollo de

esta actividad en el país, para el año 2003 generaban impactos negativos al medio ambiente, por ejemplo, el 99% de los mataderos del país no cuentan con un sistema adecuado para el tratamiento de aguas residuales, el 93% de estos viertes sus aguas residuales directamente a un cuerpo de agua, al alcantarillado o a campo abierto, el 84% disponen el contenido ruminal directamente a los cuerpos de agua o en campos abierto, el 33% no hace ningún tipo de tratamiento o uso a la sangre resultante de los procesos de beneficio animal y por el ultimo presenta que el 74% de la mataderos o plantas de beneficio están localizadas en zonas urbanas

En el año 2006 se realizó un diagnóstico ambiental en las plantas de beneficio animal en el departamento de Risaralda, para Guerrero y Monsalve (2006), se logró identificar que el mayor impacto producido por este sector es el manejo inadecuado de los subproductos tales como la sangre, desperdicios de sebo, contenido ruminal y el estiércol, hasta la fecha del estudio la mayoría de las plantas de beneficio animal en el departamento de Risaralda se encontraban en riesgo de cierre por parte de las autoridades ambientales, principalmente porque estos no efectuaban controles y manejos necesarios para el cumplimiento de la normatividad ambiental del momento, estas plantas ejercían actividades que impactan negativamente al medio ambiente, especialmente relacionado con el manejo y disposición inadecuada de los vertimientos líquidos y residuos sólidos generados durante el proceso. En este estudio, se creó una estrategia de producción más limpia que promovió una salida económicamente viable y conveniente para el tratamiento y disposición final de los subproductos bovinos en el departamento de Risaralda.

Para el año 2011 se realizó un estudio en la planta de beneficio del municipio de Zipaquirá en Cundinamarca, para la creación de un plan de seguimiento ambiental sobre los procesos de la misma, Chávez et al., (2011), identificaron el impacto ambiental más significativo durante el proceso productivo de la planta del municipio de Zipaquirá, el cual fue el recurso agua, por el alto consumo en cada una de las etapas del mismo, generando vertimientos de residuos líquidos con alta carga orgánica, no obstante, en las fases de producción también se generan residuos sólidos y olores, afectando la contaminación atmosférica y en la proliferación de vectores.

Acero et al., (2013) realizaron una evaluación del sistema de gestión ambiental de los frigoríficos cárnicos en Colombia, encontrando que la mayoría de las plantas de beneficio animal

están ubicadas en las riberas de los ríos, con la práctica de verter los residuos en el cauce de los mismos, igualmente encontraron que existen pocas plantas que “poseen plantas de tratamiento de agua residuales con tecnologías biológicas anaerobias o aerobias y físico químicas o una combinación de las dos que cumplan con los parámetros de vertimientos exigidos por la autoridad ambiental” (Acero et al., 2013, pág. 111), en la evaluación se determina que la mayoría de las plantas realizan retención de sólidos mediante rejillas o trampas de grasa, con el fin de facilitar la extracción de las grasas y los sólidos gruesos de las aguas residuales y estas por lo general son vertidas al alcantarillado o cuerpos de agua sin ningún tratamiento. Según Acero et al., (2013), las plantas de beneficio de ganado bovino de mayor capacidad realizan un control del consumo de agua por medio de medidores instalados en las diferentes áreas de las plantas para determinar el gasto por mes por animal sacrificado (m^3/animal), controlando el consumo de agua y por ende la generación de aguas residuales a tratar.

Para el manejo de los residuos sólidos Acero et al., (2013) describen que algunos frigoríficos de los cuales fueron objeto de su estudio invirtieron recursos económicos en infraestructura para tener lugares de acopio o almacenamiento temporal (biológicos, cartón y papel, vidrio y chatarra), en el caso de los residuos biológicos, se tienen contratos con empresas externas para disponerlos de manera adecuada, todo esto con el fin de dar cumplimiento a la normatividad ambiental referente al tema de residuos sólidos para ese entonces.

Por ultimo Acero et al., (2013), determinan que “los frigoríficos Clase I son privados y abastecen la mayor parte del consumo nacional y exportación, tienen implementados programas ambientales y sanitarios y, en su mayoría, tienen definida un área organizacional dedicada a los aspectos ambientales, los frigoríficos Clase II tienen no conformidades en su mayoría críticas con alto riesgo ambiental y sanitario, los frigoríficos Clase III tampoco cumplen lo estipulado en la normatividad y frigoríficos de Clase IV y mínimo, que corresponden a 81%, son propiedad de los municipios y operan sin consultar la normatividad, ni los factores ambientales, sanitarios y de mercado que los haga viables; por tanto, no cumplen los requisitos ambientales ni sanitarios y de ellos, 41% sacrifica en el piso” (Acero et al., 2013, pág. 112).

En el año 2016, Echavarría et al., (2016), junco con Corantioquia y el Centro Nacional de

Producción Más Limpia (PML) crearon el Manual Gestión del Recurso Hídrico para Plantas de beneficio animal, en este trabajo se describió los procesos de las plantas de beneficio y la identificación de los impactos ambientales generados por este tipo de empresas y por último se crean alternativas de PML para mitigar alteraciones en los recursos naturales y el medio ambiente.

Echavarría et al., (2016), determinaron durante el estudio realizado a 14 plantas de beneficio animal de la jurisdicción de Corantioquia, que estas tienen un alto potencial contaminante por el consumo excesivo de agua y poco control de su uso, generando descarga de efluentes con un elevado nivel de carga orgánica en términos de DBO₅ y SST. Dichas plantas poseen sistemas de tratamiento de aguas residuales, pero en su gran mayoría estas no cumplen con los límites permisibles de DBO₅ y SST establecidos en la resolución 631 de 2015 para este tipo de industria, para Echavarría et al., (2016), esto se da por el consumo tan alto de agua en los procesos, ya que las cargas contaminantes están influenciadas por este factor, sugiriendo así implementar programas para el ahorro y uso eficiente de agua.

Krystell M. Triana Barrera en el año 2019, realiza una investigación sobre los impactos ambientales en plantas de beneficio para su trabajo de grado, donde identifica los problemas ambientales y cumplimiento de la normatividad ambiental vigente para esta industria. Triana (2019), en su revisión bibliográfica concluye que las plantas de beneficio no cuentan con una infraestructura apropiada para operar ambientalmente, esto se refiere a tecnologías ambientales, plantas de tratamiento de aguas residuales y aprovechamiento de residuos, es por esto que a los cuerpos de agua llegan las descargas o vertimientos sin ningún tratamiento, las aguas residuales con alto contenido orgánico demandan oxígeno para la descomposición de esta materia, generando desoxigenación del agua, afectando al medio ambiente, degradación de fuentes de agua y suelos.

Según Triana (2019), las plantas de beneficio de bovinos en Colombia han omitido el cumplimiento de la normatividad ambiental, lo que ha generado cierres por parte del INVIMA a muchas plantas del país, generando con esto el aumento de los mataderos clandestinos, afectando negativamente los recursos naturales.

3. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el desarrollo de la monografía fue con un enfoque en la revisión bibliográfica de los impactos ambientales generados por las plantas de beneficio de ganado bovino en Colombia, con el objeto de responder la problemática planteada en la identificación de los principales impactos, normatividad ambiental aplicable para este sector, análisis de las medidas preventivas, de mitigación y controles existentes en nuestro país y por ultimo proponiendo una metodología de gestión ambiental para el manejo de los impactos ambientales generados en la planta de beneficio de ganado bovino en el municipio de Caucasia – Antioquia. Para el desarrollo del estudio se establecieron cuatro fases principales: planteamiento del problema, ejecución, investigación, análisis y conclusiones, a continuación, se describe cada etapa (ilustración 4):

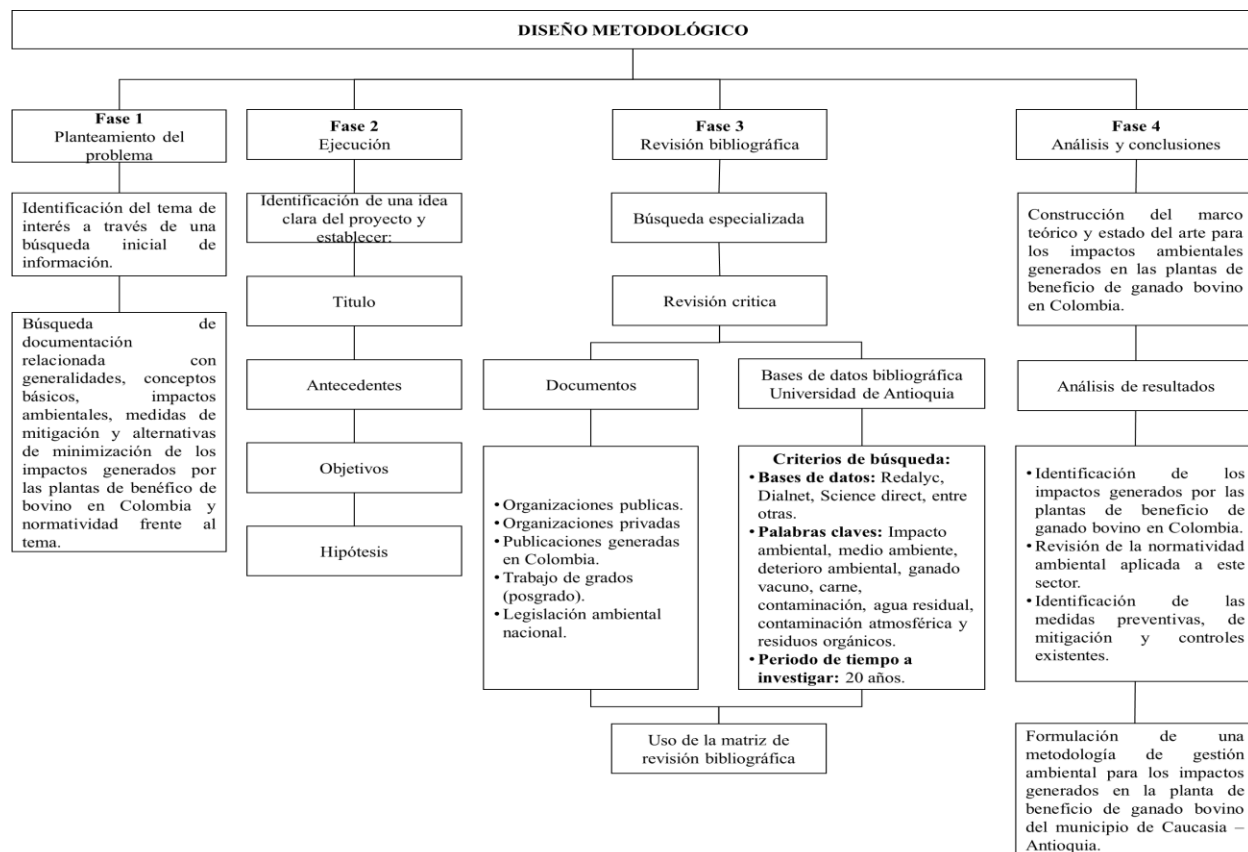


Figura 4. Diseño metodológico. Fuente: Autoría propia

3.1 Fases metodológicas

- **Fase 1: Planteamiento del problema.** Para esta primera fase se identificó el tema o área de interés a través de una búsqueda inicial de información, una vez identificado se realizó una búsqueda de documentación básica del tema, relacionada con generalidades, conceptos básicos, impactos ambientales, normatividad frente al tema, medidas de prevención, de mitigación y controles existentes de los impactos ambientales generados por las plantas de benéfico de bovino en Colombia.

- **Fase 2: Ejecución.** Seleccionado el tema o área de interés, se identificó una idea clara del proyecto, estableciendo el título de la monografía, antecedentes del tema en Colombia, se establecieron los objetivos de estudio y por último se describió la hipótesis de lo que proyectaba hallar.

- **Fase 3: Revisión bibliográfica.** Se efectuó una búsqueda especializada de documentación, realizando una revisión crítica de la información encontrada, se utilizó bases de datos especializadas de la Universidad de Antioquia y google académico, utilizando palabras claves del área de interés, la información se extrajo de artículos científicos, de revistas, trabajos de investigación, libros, trabajos de grados (pregrado y posgrado), guías de trabajo, folletos, normatividad ambiental, entre otros. La documentación encontrada se procesó en una matriz de revisión bibliográfica de Excel, donde se plasmó la información más relevante de los textos encontrados y sobre los cuales se trabajó durante la investigación bibliográfica del tema de interés.

- **Fase 4: Análisis y conclusiones.** Se realizaron lecturas y revisión de la información encontrada, el análisis consistió en dos lecturas: una lineal que exigió la revisión consecutiva de la información bibliográfica, y transversal que permitió la comparación de las fuentes a partir de las categorías aplicadas para identificar las repeticiones, vacíos, confirmaciones, ampliaciones, falencias, así como la calidad y cualidad de la información sobre el objeto de investigación. El análisis permitió construir el marco teórico y estado del arte del tema de interés, así mismo ayudo a encontrar respuestas a los objetivos planteados y realizar un análisis concienzudo sobre

los impactos, medidas preventivas, de mitigación y controles existentes para minimizar los impactos ambientales generados por este proceso en Colombia, por último, se logró obtener una propuesta o metodología de manejo ambiental para la planta de beneficio de ganado bovino en el municipio de Caucasia.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Impactos ambientales generados por las plantas de beneficio de ganado bovino

El proceso de beneficio de ganado bovino tiene un alto potencial contaminante ocasionando impactos ambientales negativos considerables en algunas etapas del proceso que afectan gravemente los recursos naturales, la siguiente tabla 3, muestra los impactos ambientales generados en cada etapa del proceso.

Tabla 3.

Impactos ambientales generados por las plantas de beneficio de ganado bovino

Proceso	Impacto ambiental
<p>Recepción del animal, inspección <i>ante mortem</i>, lavado del animal o baño <i>ante mortem</i>.</p>	<p>Alto consumo de agua.</p> <p>Contaminación de fuentes hídricas y suelos por vertimientos con alta concentración de materia orgánica producto del estiércol o materia fecal y orina de los animales.</p> <p>Contaminación del suelo, fuentes hídricas por residuos orgánicos (estiércol, cascarilla de arroz).</p> <p>Contaminación del suelo y fuentes hídricas por residuos peligrosos (decomisos de animales no aptos para consumo humano).</p> <p>Contaminación atmosférica por malos olores producidos por la presencia de ganado en los corrales.</p>
<p>Insensibilización o aturdimiento del animal y sangría.</p>	<p>Alto consumo de agua.</p> <p>Contaminación de fuentes hídricas y suelos por vertimientos con presencia de materia fecal (algunos animales al ser insensibilizados</p>

	<p>evacuan materia fecal),</p> <p>Contaminación de fuentes hídricas y suelos por vertimientos con alta presencia de materia orgánica producto de la sangre, el impacto de esta etapa se ve fuertemente acrecentado si la sangre es descargada en un efluente y no es reprocessa (obtención de harina de sangre).</p> <p>Contaminación fuentes hídricas y suelos por vertimientos con presencia de desinfectantes (esterilizadores de utensilios).</p> <p>Contaminación atmosférica por malos olores producidos durante los procesos de faenado.</p>
<p>Anudado de esófago, de recto, retiro de patas y cabeza, desuello y corten de esternón.</p>	<p>Alto consumo de agua.</p> <p>Contaminación de fuentes hídricas y suelos por vertimientos con alta carga orgánica producto de la separación de la piel, partes del animal, piel, sebos, pelos (borla de cola), cascos, cachos, presencia de restos de sangre y presencia de desinfectantes (esterilizadores de utensilios).</p> <p>Contaminación del suelo y fuentes hídricas por residuos orgánicos (sebos, intestinos, pelos, piel, órganos no aptos para el consumo humano).</p> <p>Contaminación del suelo y fuentes hídricas por residuos peligrosos (decomisos de órganos con alguna patología infecciosa).</p> <p>Contaminación atmosférica por malos olores producidos durante los procesos de faenado.</p>
<p>Evisceración o retiro de vísceras blancas y vísceras rojas.</p>	<p>Alto consumo de agua.</p> <p>Contaminación de fuentes hídricas y suelos por vertimientos con alta</p>

	<p>carga orgánica producto de la separación del esternón, sebos, desperdicios, presencia de restos de sangre y presencia de desinfectantes (esterilizadores de utensilios).</p> <p>Contaminación del suelo y fuentes hídricas por residuos orgánicos (sebos, intestinos, órganos no aptos para el consumo humano, materia fecal, contenido ruminal).</p> <p>Contaminación del suelo y fuentes hídricas por residuos peligrosos (decomisos de órganos con alguna patología infecciosa).</p> <p>Contaminación atmosférica por malos olores producidos durante los procesos de faenado.</p>
Separación o división de canales.	<p>Alto consumo de agua.</p> <p>Contaminación de fuentes hídricas y suelos por vertimientos con alta carga orgánica producto de la separación de la canal, agua sangre, restos de sebos, aserrín de hueso y presencia de desinfectantes (esterilizadores de utensilios).</p>
Inspección post mortem de las canales.	<p>Contaminación de fuentes hídricas y suelos por vertimientos con alta carga orgánica producto del retiro de partes no aptas, restos de sebo y presencia de desinfectantes (esterilizadores de utensilios).</p> <p>Contaminación del suelo y fuentes hídricas por residuos orgánicos (sebos y partes de la canal no aptos para el consumo humano).</p> <p>Contaminación del suelo y fuentes hídricas por residuos peligrosos (decomisos de canal, medula espinal, ganglios, abscesos).</p>
Lavado y desinfección de canales.	<p>Alto consumo de agua.</p> <p>Contaminación de fuentes hídricas y suelos por vertimientos con alta</p>

	carga orgánica producto de la separación de la canal, restos de sebos, aserrín de hueso y presencia de desinfectantes (esterilizadores de utensilios).
Lavado y desinfección de la planta de proceso (infraestructura, equipos y utensilios de trabajo)	<p>Alto consumo de agua.</p> <p>Contaminación de fuentes hídricas y suelos por vertimientos con alta carga orgánica (restos de sangre, sebo, aserrín de hueso).</p> <p>Contaminación de fuentes hídricas por vertimientos con presencia de detergentes, desinfectantes y aguas con temperaturas elevadas por el lavado de la planta.</p>

Fuente: Adaptado y Modificado de Sidalc, (s.f).

Según la FAO (2008), algunos de los principales impactos ambientales asociados a la producción pueden sintetizarse en los siguientes puntos:

- Eutrofización del agua de superficie, debido a la eliminación de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes, o al escurrimiento hacia las corrientes de agua, que causan daños en los humedales y los ecosistemas frágiles.
- Filtración de nitratos y patógenos en los mantos acuíferos.
- Acumulación de nutrientes y metales pesados excedentes en el suelo, nocivos para la fertilidad de las tierras.
- Contaminación de los recursos de tierras y agua por patógenos
- Liberación de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, amoníaco y otros gases a la atmósfera.
- Destrucción de los ecosistemas frágiles, como los humedales, los manglares y los arrecifes coralinos, reservas insustituibles de biodiversidad.

Chávez et al., (2011), afirman la necesidad de identificar los impactos ambientales generados en este tipo de industria cárnica que tiene como fin desarrollar e implementar medida de manejo que estén directamente relacionadas con la prevención y mitigación de afectaciones sobre el medio intervenido, que en gran número de ocasiones es el recurso agua y suelo.

Los impactos ambientales más significativos que se presentan durante el proceso de beneficio de ganado bovino son los siguientes:

- **Contaminación hídrica.** Para el proceso de beneficio de ganado bovino el consumo de agua es fundamental durante todas las etapas de producción, convirtiéndose en la principal fuente generadora de residuos líquidos con un elevado nivel de carga orgánica “la descarga de efluentes comprende entre el 85 y 95% del consumo de agua de la planta” (Sidalc, s.f, pág. 14), para Cadena (2009), las aguas de lavado y las corrientes provenientes de los procesos de desangrado y evisceración son las que aportan en gran cantidad de la carga orgánica, estimándose conveniente la segregación de dichas corrientes y el consiguiente tratamiento individualizado. Estos efluentes contienen: sangre, estiércol, pelos, grasas, huesos, proteínas y otros contaminantes solubles. En general, los efluentes tienen altas temperaturas y contienen elementos patógenos, además de altas concentraciones de compuestos orgánicos y nitrógeno.

Triana (2019), describe que estos residuos líquidos al ser vertidos a las corrientes de agua, generan el deterioro en su composición físico química y microbiológica, ya que consume el oxígeno para la oxidación y estabilización de la materia orgánica, generando una grave alteración al ecosistema acuático, las etapas del proceso donde se consume agua son:

- Lavado de corrales.
- Baño ante mortem.
- Proceso de beneficio del animal y acondicionamiento de las canales.
- Lavado y acondicionamiento de vísceras rojas y vísceras blancas.
- Escaldado de panzas.
- Lavado de las instalaciones y equipos.

Las fuentes de consumo de agua antes mencionadas son comúnmente mezcladas en los sistemas de drénales y plantas de tratamiento de agua residual, según Castro et al., (2005), las características generales del vertimiento resultante de este proceso son:

- Carga orgánica elevada, expresada como DQO, debido a la presencia de sangre, grasas, rumen y estiércol.
- Niveles elevados de grasas.

- Carga elevada DBO₅, como consecuencia de los altos contenidos de sangre y agua sangre.
- pH variable por causa del uso de limpiadores alcalinos y ácidos.
- Niveles considerables de nitrógeno, fósforo y sales disueltas.
- Altas concentraciones de SST y SD

Según Cadena (2009), el principal contaminante es “la sangre, aportando una DQO total de 375.000 mg/L y una elevada cantidad de nitrógeno, con una relación carbono/nitrógeno del orden de 3:4. Se estima que entre un 15% - 20% de la sangre va a parar a los vertidos finales, adicionalmente las proteínas y grasas son el principal componente de la carga orgánica presente en las aguas de lavado, encontrándose otras sustancias como la heparina, sales biliares, hidratos de carbono como glucosa y celulosa, detergentes y desinfectantes. Cabe destacar que estas corrientes presentan un contenido de microorganismos patógenos importante. Se estima que entre el 25% - 55% del total de la carga contaminante medida en DBO₅, son arrastradas por las aguas de limpieza” (pág. 6).

“Antecedentes internacionales, indican que el valor aproximado del caudal de aguas residuales producido en un matadero, varía entre los 100 – 1500L/unidad sacrificada”. (Montoya et al., 2016, pág. 88). Este consumo de agua por animal beneficio varía dependiendo de la infraestructura de la planta, equipos, tecnologías y prácticas utilizada al interior del proceso, según Echavarría et al., (2016) el consumo de agua depende la tecnología empleada y se muestra en la tabla 4:

Tabla 4.

Valores de consumo de agua para planta de beneficio en Colombia

Unidad		Tecnología tradicional	Tecnología media	Mejor tecnología disponible
Agua	Litros/Bovino	5.000	2.500	1.000

Fuente: Echavarría et al., 2016.

- **Contaminación del suelo.** La contaminación del suelo se da en su mayor parte por la generación de vertimientos líquidos con alta carga orgánica y la generación de residuos orgánicos susceptibles de biodegradarse, los cuales están compuestos por productos no comestibles como lo son: sebos, intestinos, decomisos de animal o órganos, piel, estiércol sólido proveniente de corrales, rumen extraído del tracto digestivo de los animales, entre otros; estos residuos se “descomponen con rapidez y su mal manejo fácilmente genera problemas de olores, presencia de mosquitos, roedores, aves de carroña, bacterias y virus, que se constituyen en un foco de generación de enfermedades” (Castro et al., 2005, pág. 77).

Para la Fundación Mapfre (2005), lo anterior se considera como riesgo alto, dando lugar a peligros secundarios para otros vectores ambientales como la atmósfera y el agua. Los riesgos ambientales para el suelo se identifican:

- “La infiltración en el terreno de vertidos incontrolados con alta carga orgánica puede dar lugar a una alteración de la disponibilidad de nutrientes o de oxígeno en el suelo, haciendo que este sea incapaz de realizar sus funciones biológicas, afectando por tanto a la vegetación y a la fauna. Además, hay que tener en cuenta la posibilidad de afección a las aguas subterráneas, de escorrentía superficial, y la aparición de nuevos focos de olores” (Mapfre, 2005, pág.4).

- “Riesgos generados como consecuencia de la deposición no controlada de cualquiera de los residuos sólidos o estiércol. Éstos van a dar lugar al mismo efecto que los vertidos de aguas contaminadas, debido a que la degradación de la materia orgánica en su proceso de estabilización, supondrá un desequilibrio en la composición del suelo. En este punto también es posible que las aguas queden afectadas por la formación de lixiviados” (Mapfre, 2005, pág. 4).

- **Contaminación atmosférica.** Para Pérez 2017), las principales emisiones atmosféricas generadas en un matadero corresponden a los gases de combustión generados en la sala de calderas. Los principales gases de combustión son CO₂, NO_x, SO_x y CO, si las instalaciones que utilizan solamente gas natural como combustible no producen emisiones de azufre o estas

son insignificantes. A un menor nivel de importancia encontramos otras emisiones atmosféricas, generalmente de carácter difuso, entre las que se pueden destacar:

- Sistemas de generación de frío (gases refrigerantes).
- Estiércol (metano, amoníaco y partículas).

Pérez (2017), describe que los sistemas de generación de frío, donde frecuentemente se emplea amoníaco (NH_3) y/o sustancias basadas en hidrofluorocarbonos (HFC) como fluidos frigoríferos e incluso como fluido caloportante en plantas con sistemas de refrigeración directo, se pueden producir pérdidas por fugas o roturas en las conducciones de transporte, o durante las operaciones de recarga. “Estas emisiones que acusan efecto invernadero, deterioro de la capa de ozono, deterioro de la calidad de aire, riesgos en la salud del personal y localidad situada alrededor de la planta de proceso. La calidad de aire en las plantas de beneficio animal se deteriora a medida que no se contribuye a una eficiencia energética” (Triana, 2019, pág. 31).

El factor aire presenta un impacto ambiental debido a las emisiones de olores, los cuales según Castro et al., (2005), “se producen por un manejo inadecuado de los subproductos al no ser procesados o evacuados de inmediato. El mal manejo de los sistemas de tratamiento biológicos (lagunas, biodigestores, compost) es otra causa de malos olores en los alrededores de la planta” (pág. 80).

“Durante la fermentación anaerobia de los estiércoles se producen emisiones de gases a la atmósfera, entre los que destacan el metano (CH_4) y amoníaco (NH_3). El primero de ellos es uno de los gases causantes del efecto invernadero, mientras que el amoníaco se asocia más a situaciones de riesgo para la salud laboral, aunque también tiene implicaciones ambientales. Dado el corto periodo de tiempo de estabulación de los animales en el matadero, la generación de estos gases es generalmente pequeña. Las condiciones de recogida y almacenamiento de las heces del ganado tienen su importancia para prevenir la emisión de dichos gases” (Pérez, 2017, pág. 20).

- **Afectación a la flora y fauna.** Los impactos generados a las flora y fauna a causa del proceso de beneficio de ganado bovino son causados por infiltraciones de vertidos

“incontrolados con alta carga orgánica y puede dar lugar a una alteración de la disponibilidad de nutrientes o de oxígeno en el suelo, haciendo que este sea incapaz de realizar sus funciones biológicas, afectando por tanto a la vegetación y a la fauna” (Triana, 2019, pág. 35).

“La modificación de especies vegetales y la alteración del hábitat de animales menores como aves e insectos son los impactos primordiales que se presentan en los factores ambientales afectados por el proceso de beneficio” (Triana, 2019, pág. 36).

4.2 Medidas preventivas, de mitigación y controles existentes para los impactos ambientales generados en las plantas de beneficio de ganado bovino

Teniendo en cuenta, los impactos ambientales identificados durante el proceso de beneficio de ganado bovino, se describen las medidas generales de prevención, mitigación y algunos controles existentes para este tipo de proceso, dichas medidas buscan minimizar los daños y evitar que surjan riesgos ambientales, que afectan la salud humana y el medio ambiente.

Algunas medidas de mitigación o controles son complejas para la implementación en las plantas de beneficio, debido a las limitaciones económicas y técnicas, en especial para plantas pequeñas o municipales.

En la guía ambiental descrita por la Fundación Mapfre (2005), la minimización del riesgo ambiental asociada a los residuos se fundamenta en la reducción de los residuos generados. En el caso de los residuos generados en las plantas de beneficio, existe la posibilidad de gestionar como subproductos la mayoría de sus residuos. Las técnicas de minimización de residuos que consigan reducirlos mediante la comercialización o reproceso se fomentarán siempre como la mejor técnica disponible para reducir el riesgo medioambiental. Alguno de estos productos, que pueden ser reprocesados o comercializados son: sangre, sebos, desperdicios, piel, huesos, pelos, estiércol, contenido ruminal, bilis, cálculos, entre otros.

4.2.1 Medidas preventivas, de mitigación y controles existentes para la contaminación hídrica. Las medidas preventivas, de mitigación y controles existentes para este impacto

ambiental se pueden dividir en dos partes, medidas para el consumo del agua durante el proceso y medidas para el vertimiento de aguas residuales.

- **Medidas para el consumo de agua durante el beneficio de ganado bovino.** Las medidas que las plantas de beneficio de ganado bovino deben estar enmarcadas con estrategias de producción sostenible y enmarcar estrategias para la protección del recurso hídrico las cuales tienen como objetivo “la reducción del consumo de agua y la reducción de la carga contaminante de los efluentes, con el fin de optimizar los costos de operación tanto del suministro de agua como del tratamiento del agua residual, obteniendo beneficios económicos y ambientales” (Sidalc, s.f., pág. 23). Para la implementación de las estrategias de producción sostenible y buenas prácticas operacionales (PML), se tienen en cuenta prácticas de limpieza, optimización de procesos, cambio en materias primas y tecnologías y el diseño de nuevos productos, entre otros.

Para Sidalc, (s.f), la reducción del volumen de agua a tratar (consumo de agua) y la disminución de la concentración de los contaminantes, hacen que el tratamiento de agua residual sea más eficiente, desde este punto de vista se reduce el riesgo de contaminación al ecosistema,

En la guía para la prevención, manejo y control de los vertimientos generados por el sector cárnico describe que es “importante tener en cuenta que los procesos para disminuir la concentración de los contaminantes del recurso hídrico que resultan de la obtención de productos cárnicos, mediante la instalación de sistemas de tratamiento de final de tubo, implican grandes inversiones en la construcción, mantenimiento y operación de estos sistemas; por esta razón se proponen estrategias que faciliten la producción más limpia y mejoren la competitividad, productividad y desempeño ambiental en el sector cárnico” (Urrego y Acero, 2015, pág. 24),

Echavarría et al., (2016), detalla que la escasez del recurso hídrico se presenta por disminución en la cantidad debido al desperdicio en el proceso de beneficio y por la mala calidad para su uso debido a vertimientos de aguas contaminadas. Los principales factores de desperdicio del recurso hídrico durante el proceso son: “personal operativo, manejo de materias primas y productos, tecnologías obsoletas, procedimientos y proveedores” (Echavarría et al., 2016, pág. 39).

Existen múltiples opciones que se pueden agrupar de distintas formas buscando el mejoramiento del desempeño ambiental y la reducción de desperdicios en el proceso de beneficio de ganado bovino, estas opciones pueden clasificarse de la siguiente manera: “buenas prácticas operativas, sustitución de materiales, cambios tecnológicos y reciclaje interno y externo” (Echavarría et al., 2016, pág. 39), en la tabla 5 se muestran distintas opciones que buscan la reducción en el consumo de agua durante el proceso, las cuales son:

Tabla 5.

Medidas preventivas, de mitigación y control para el consumo de agua

Autor	Descripción de medidas preventivas, de mitigación y control para el consumo de agua durante el beneficio de ganado bovino
<p>Sidalc, (s.f), junto con el centro de producción más limpia de Nicaragua, elaboran un manual de buenas prácticas operativas de producción más limpia para las plantas de beneficio.</p>	<p>Buenas prácticas operativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Crear un programa de monitoreo y ahorro de agua. – Limpieza en seco en el proceso de limpieza de panzas. – Recolectar “en seco” el contenido de las tripas – Procedimientos en seco de limpieza de pisos y equipos. – Equipar las mangueras con boquillas o pistolas de presión para reducir las pérdidas de agua cuando éstas no están en uso. – Instalación de hidrolavadoras de presión para la mejora de la eficiencia del proceso de limpieza, equipadas con una combinación de agua caliente, detergente y alta presión. – Reparar fugas en las tuberías – Usar sistemas de pedal o control automático para operar el flujo de agua en lavabos de manos. – Utilizar sistema de flujo intermitente en el lavado a presión en la mesa de vísceras. – Control automático por sensores para el lavado de las reses en cabinas.

	<ul style="list-style-type: none"> – Reducción del uso de agua en los corrales. – Limpiar los camiones de traslado de las reses en seco.
<p>Urrego y Acero, (2015), elaboran guía para la prevención, manejo y control de los vertimientos generados por el sector cárnico en la ciudad de Bogotá.</p>	<p>Buenas prácticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Establecer un plan de monitoreo de consumo de agua por cada etapa del proceso. Implementar un programa de ahorro y uso eficiente de agua. – Generar un programa de formación que brinde los conocimientos necesarios a los empleados y que les permita mejorar sus habilidades y actitudes en temas ambientales. – Manejar la temperatura del agua utilizada durante las tareas de limpieza, en un rango de 5 a 40°C, para logra disolver las grasas evitando que se coagulen las proteínas y permitiendo utilizar menor cantidad de jabón y previniendo obstrucciones en las tuberías. – Recolectar el rumen en seco, reduce notablemente el arrastre de materia orgánica a los vertimientos, con la consecuente disminución de la DBO₅ en los mismos. – Instalar mallas en los desagües para retener sólidos que fueron removidos por el agua de lavado. – Realizar el mantenimiento a los equipos o instalaciones utilizadas en el proceso, a través de tareas de inspección, control y conservación, con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos. – Recuperar los sólidos, mediante la instalación de rejillas sobre las canaletas de recolección, reduciendo así su concentración en los vertimientos. – Minimizar el consumo de agua en los procesos de producción, utilizando agua a presión para el lavado de equipos y mejorando el recorrido del agua en el proceso productivo.

	<p>Mejoras en el control del proceso:</p> <ul style="list-style-type: none">– Diseño de manuales de procedimientos estandarizados y documentados.– Definir consumos de agua por etapas del proceso, mediante seguimientos y mediciones en el consumo sea alto.– Optimización de tiempos disminuyendo los tiempos de ejecución de los procesos en donde se consuma agua y que no afecten la calidad del producto.– Inspecciones periódicas para determinar a través de seguimientos y mediciones, los requerimientos óptimos de agua por cada una de las etapas del proceso.– Instalar válvulas de control como resortes, sensores o temporizadores que permitan minimizar el consumo de agua.– Instalación de mecanismos ahorradores de agua.– Sellar o desmontar todos los pasos de agua, como llaves y registros que no sean imprescindibles y no afecten el proceso. <p>Sustitución de materias primas e insumos:</p> <ul style="list-style-type: none">– Realizar una evaluación periódica a los proveedores, que incluya criterios ambientales sobre las materias primas e insumos, para garantizar que estas generen los menores impactos sobre el recurso hídrico– Sustituir jabones y desinfectantes, usados convencionalmente en el proceso de limpieza y desinfección de superficies, por otros biodegradables y de alta eficiencia. <p>Modificación de equipos:</p> <ul style="list-style-type: none">– Instalación de pistolas a presión a las mangueras convencionales para reducir el consumo de agua y optimizar los tiempos de lavado y limpieza.
--	---

	<ul style="list-style-type: none"> – Instalar sistemas dosificadores, buscando la optimización de los distintos productos usados en las etapas de limpieza y desinfección de equipos. – Adquisición de nuevos equipos y automatización de procesos. – Separación de redes de las aguas de enfriamiento de las aguas de proceso y lavado, recirculándolas en el proceso, permitiendo disminuir el volumen de agua a verter.
<p>Pérez, (2017), en su tesis doctoral realiza una propuesta de alternativas de producción más limpia en la UEB Matadero Chichi Padrón.</p>	<p>Buenas prácticas operativas</p> <p>Reducción del consumo de agua y volumen de aguas residuales:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Capacitar a los trabajadores sobre la importancia del agua. – Cerrado de las válvulas en la planta, el uso de mangueras solo cuando es necesario y el cuidado del recurso en general. – Ajustar el caudal de agua a las necesidades de consumo de cada operación estableciendo las condiciones óptimas. – Realizar inspecciones periódicas de la instalación para detectar fugas, roturas o pérdidas lo antes posibles. – Equipar las mangueras de lavado con boquillas o pistolas de alta presión. – Eliminar los puntos de aguas innecesarios de la línea de sacrificio. – Canalización y recolección de las aguas lluvias para que no se mezclen con las aguas residuales, de forma tal, que puedan ser aprovechadas en otras actividades del matadero, por ejemplo, para lavar las zonas exteriores, así como para otros servicios que no requiere agua potable. – Minimizar el enjuague de los canales utilizando técnicas limpias de evisceración. – Adopción de un plan para mejorar los factores que determinan

	<p>la eficacia de la limpieza en cada sección del matadero: tiempo, temperatura, dosificación de detergente, desinfectante y acción física.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Usar sistemas de pedal o control automático para operar el flujo de agua en el lavado de manos. <p>Reducción de la carga contaminante de las aguas residuales</p> <ul style="list-style-type: none"> – Realizar limpieza en seco siempre que sea posible retirando la mayor cantidad de subproductos, residuos y restos sólidos orgánicos en general, de las diferentes áreas, equipos y superficies, antes de proceder a su limpieza con agua. – Almacenar el estiércol de los corrales en seco en un terreno reservado para ese fin. – Limpiar en seco los camiones de traslado de las reses antes del lavado con agua. – Recolectar en seco el contenido de las tripas durante la etapa de evisceración. – Instalar bandejas de recogida en puntos de caída habitual de materia orgánica. – Proporcionar utensilios necesarios para el proceso de pre-limpieza, tales como escurridores de piso, palas, paños, escobas y cepillos. – Separar la sangre del efluente utilizando un canal independiente en el área de desangrado. – Asegurar la existencia de rejillas y trampas de retención de sólidos en las bocas de los desagües.
<p>Echavarría et al., (2016), elaboran junto con Corantioquia y el Centro Nacional de Producción</p>	<p>Buenas prácticas operativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Prevención de la contaminación – Diseñar un programa de monitoreo y ahorro de agua – Equipar las mangueras con boquillas o pistolas de presión para

<p>Más Limpia, un manual de gestión del recurso hídrico para plantas de beneficio animal.</p>	<p>reducir las pérdidas de agua cuando éstas no están en uso.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Instalación de hidrolavadoras de presión para la mejora de la eficiencia del proceso de limpieza, equipadas con una combinación de agua caliente, detergente y alta presión. – Reducción del uso del agua en corrales. – Limpieza de panzas y recolección del contenido de las tripas en seco – Recolección en seco de los residuos sólidos caídos al piso durante el beneficio. – Usar sistemas de pedal o control automático para operar el flujo de agua en lavamanos. – Instalación de drenajes apropiados con mallas o trampas para prevenir que los materiales sólidos entren al efluente. – Separar la sangre de la corriente de efluentes. <p>Tecnologías limpias:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Cambios en tecnologías limpias, por ejemplo el sistema de escaldado de patas y panzas.
<p>Triana, (2019), realiza un trabajo investigativo sobre los impactos ambientales generados en plantas de beneficio bovino.</p>	<p>Medidas preventivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Instalación de pistolas en mangueras y válvulas de control de paso. – Separación de aguas de enfriamiento de aguas de lavado y procesos, recirculándolas, lo que permite disminuir el volumen del agua. – Barrido en seco, arrastrando la mayor cantidad posible de estiércol seco y posteriormente uso de mangueras a alta presión. Se espera la reducción del uso del agua y optimización de la misma. – Implementación de programas para ahorro y uso eficiente del agua.

	<p>Medidas de mitigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Implementar programa de seguimiento a consumo de agua a través de la instalación de contadores. – Reutilización del agua, en todo el proceso de sacrificio y faenado, especialmente en lavados de animales y maquinas; a través de sistema terciario de clarificación, desinfección y filtración para el agua de salida. – Instalación de dispositivos ahorradores para la conservación del agua. <p>Medidas de corrección:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Aplicación de equipos a presión como bombas mecánicas, hidrolavadoras, entre otros, que permitan la velocidad de salida del agua y disminuya el consumo. – Identificar y reparar fugas de agua. – Establecer un programa a los funcionarios de ahorro y uso eficiente del agua, proponiendo soluciones a consumos excesivos y garantizando la disponibilidad del recurso hídrico.
--	---

Fuente: Autoría propia.

- **Medidas para el vertimiento de aguas residuales del beneficio de ganado bovino.** Las aguas residuales que se producen en una planta de beneficio de ganado bovino, son efluentes que provienen de las diferentes etapas de dicho proceso. En una primera instancia, “la llamada agua sangre por su alto contenido de este último componente, proviene de las fases de izado, lavado de la carne en canal y lavado de vísceras rojas. En segunda instancia los que se generan en el área de vísceras blancas donde se realiza la eliminación de contenido ruminal, lavado y cocción” (Navas, 2018, pág. 27).

“Variados sistemas de tratamiento biológico se han diseñado para el tratamiento de aguas residuales de matadero, existiendo numerosos reportes a escala piloto y real para el uso de la

tecnología anaerobia por sus bajos costos de operación y su alta eficiencia de tratamiento. Los sistemas de tratamiento biológico aerobios han sido poco utilizados para aguas residuales de matadero, encontrándose algunos reportes con evaluación de la remoción de contaminantes a escala de laboratorio y en investigaciones sobre su operación en medianos y pequeños municipios, sin que existan variables definidas para el arranque y operación de este tipo de reactores” (Navas, 2018, pág. 27).

“Una planta de tratamiento para efluentes de mataderos se diseña para depurar básicamente los contaminantes determinados mediante DBO₅, aceites y grasas, sólidos suspendidos, DQO y microorganismos patógenos, e incluso en algunos casos compuestos nitrogenados y fosforados. Lo más recomendable es diseñar un sistema de tratamiento que considere un pretratamiento (rejillas y trampas de grasas), un tratamiento primario (físico o físico-químico) y un tratamiento secundario (biológico)” (Andrades, 2008, pág. 10).

Sin embargo, Andrades, (2008), describe que la solución para el tratamiento de aguas residuales depende de cada planta, esta podrá sufrir variaciones en función de las cargas contaminantes, concentración, disponibilidad de espacio, exigencias de vertido, entre otras.

Chaux et al., (2009), evaluaron tipos de tratamientos para el efluente generado en el proceso del matadero del Municipio de el Tambo (Cauca), donde indicaron que el efluente del matadero no es fácilmente biodegradable, debido a la presencia de altas concentraciones de grasas y rumen, compuestos de difícil degradación por parte de microorganismos. El tratamiento biológico es viable mediante una eliminación previa de grasas y rumen, colectándolos por separado mediante un estricto tratamiento preliminar.

Entre las medidas expuestas por Triana (2019), está la reducción de consumo del agua en el proceso productivo, barrida y recogida en seco de la mayor cantidad de los residuos, instalación de rejillas para la retención de grasas y sólidos, funcionamiento correcto de las plantas de tratamiento de aguas residuales, revisión de los principales parámetros (grasas, aceites, pH, DBO₅, DQO), otras alternativas que describe es la producción de compost y aprovechamiento de

la sangre, sebo y hueso para la transformación o comercialización de estos residuos en harinas e insumos para la producción de alimentos para animales.

Como se ha expresado anteriormente, las plantas de beneficio de ganado bovino, presentan elevados contenidos de DBO₅, DQO, sólidos suspendidos y grasas, por lo tanto, el tratamiento anaerobio es el más recomendado, ya que lo posiciona como uno de los sistemas de tratamientos más viables por sus ventajas fundamentales: bajo costos de construcción y operación, generación y aprovechamiento de biogás como fuentes de energía, este tratamiento debe combinar sistemas físico y biológico, el cual debe contar con un pretratamiento, tratamiento primario y por último un tratamiento secundario. A continuación, se presenta cada una de las etapas del sistema de tratamiento de aguas residuales más usados y recomendados para este tipo de industria:

– **Pretratamiento.** En las plantas de beneficio de ganado bovino se pueden presentar “arrastre de pelos, trozos de piel, grasas sólidas, desperdicios de sebos, aserrín de hueso, restos de vísceras, entre otros, lo cual lleva a la necesidad de utilizar un pretratamiento que ayude a estabilizar el agua para un mejor manejo en el tratamiento posterior” (Becerra y Díaz, 2014, pág. 28), por esto es necesario utilizar rejillas y trampas de grasa, cuya eficiencia garantiza el buen funcionamiento de los procesos posteriores.

El tratamiento preliminar tiene como objetivo, “separar la mayor cantidad de sólidos suspendidos en el agua residual, que por su naturaleza o tamaño causarían problemas en los procedimientos posteriores (tratamiento primario y secundario), de igual modo separar las grasas y aceites que pueden taponar las tuberías de conducción” (Hernández y Sánchez, 2014, pág. 34).

- **Desbaste.** También se conoce como cribado, las cuales son unidades de rejillas metálicas “su propósito es retener la mayor cantidad de sólidos gruesos y la remoción de cuerpos flotantes del agua para que no lleguen al sistema de tratamiento y aumente la efectividad del mismo, las rejillas se disponen a la distancia que se requiera según el sólido a retener y de esa misma variable dependerá su espesor” (Becerra y Díaz, 2014, pág. 28).

“El paso libre entre barreras se recomienda sea de 50 a 100 mm para sólidos gruesos y de 12 a 20 mm para sólidos finos. Los principales parámetros de diseño son: tipo de residuo a tratar, flujo de descarga, paso libre entre barras, volumen de sólidos retenidos y pérdida de carga” (Zurita, 2015, pág. 34).

Según lo explica Chimbo (2018), una vez acumulados los residuos se pueden extraer de manera manual, con la ayuda de herramientas como rastrillo (sistemas a pequeña escala), este método requiere constante control por parte del personal, al utilizar este método de limpieza manual, la longitud de las rejillas o rejas no debe superar los 3 metros, lo que permitirá la correcta limpieza. Otra manera de limpieza es la mecánica, con la ayuda de cintas transportadoras, los residuos son llevados hasta unas compactadoras para reducir su volumen o la más típica es la compactadora del tipo tornillo sin fin hasta su acumulación en el contenedor, este tipo de limpieza mecánica se recomienda para instalaciones de mayor escala con caudales que arrastren materiales gruesos y de forma continua.

- **Trampa de grasas.** En las plantas de beneficio de ganado bovino se obtiene gran cantidad de vertimientos de aguas con grasas y aceites por el lavado de las canales y los distintos órganos del animal, por esta razón es necesario implementar trampas de grasa en el sistema de tratamiento de aguas residuales. Estas trampas “son unas pequeñas cámaras, en la cual los aceites y las grasas se mantienen en la superficie de agua por ser de menor densidad, lo cual facilita la retención y retiro de dichos aceites” (Becerra y Díaz, 2014, pág. 28), el agua aclarada sale por una descarga inferior.

La función de las trampas es separar las grasas, aceites y otros elementos de menor densidad que se encuentren presentes en el agua, ya que dificultan la sedimentación y disminuyen la transferencia de oxígeno en el agua en los procesos biológicos, además son difícilmente digeribles por los microorganismos. “Las grasas pueden causar problemas en las cámaras de sedimentación que cuentan con separadores de espumas insuficientes, cuya acumulación puede bloquear el filtro y provocar un posterior estancamiento y problemas de olor. La eliminación de grasa a través de estas trampas puede darse hasta en un 90%” (Sidalc, s.f., pág. 62)

El mantenimiento o limpieza de las trampas de grasa, generalmente, “debe hacerse cada vez que se alcance el 75% de la capacidad de retención de grasa, las características que se debe considerar para una trampa de grasa son: capacidad suficiente de acumulación de grasa entre cada operación de limpieza, condiciones de turbulencia mínima suficiente para permitir la flotación del material, dispositivos de entrada y salida convenientemente proyectados para permitir una circulación normal del afluente y el efluente y por último la distancia entre los dispositivos de entrada y salida, debe ser suficiente para retener la grasa y evitar que este material sea arrastrado con el efluente” (Chimbo, 2018, pág. 28)

- **Tamiz.** Para mejorar la remoción de sólidos se recomienda ubicar un tamiz luego de la trampa de grasas, el tamiz tiene la función de separar “sólidos en suspensión y residuos flotantes de los vertimientos de agua, generalmente son de una abertura menor para una remoción más completa de los sólidos” (Becerra y Díaz, 2014, pág. 28).

- **Tratamiento primario.** Tiene como objetivo remover los contaminantes que se pueden sedimentar y algunos flotar, que no fueron eliminados por el pretratamiento, como las grasas y el estiércol, el tratamiento primario para las aguas residuales de una planta de beneficio es:

- **Tanque homogenizador.** Para el proceso de beneficio de ganado bovino se utiliza agua en casi todas las etapas de producción, lo que genera vertimiento de agua en diferentes condiciones, por ejemplo podemos encontrar agua a diferentes temperaturas, las cuales pueden variar entre 20 a 40°C o más, además en algunas etapas se utilizan químicos, como es el caso del escaldado de panza o el uso de detergentes y desinfectantes para el lavado de la planta, por esto se hace indispensable, tener un tanque homogenizador, donde se estabilicen las distintas aguas procedentes de las etapas del proceso.

Los “caudales, pH y temperaturas son homogeneizados, resultando un efluente de características uniformes” (Andrades, 2008, pág. 12) para su posterior paso en el sistema de tratamiento de aguas residuales.

- **Sedimentador.** Su objetivo es la “remoción de los sólidos suspendidos y DBO en las aguas residuales, mediante el proceso físico de asentamiento, en el cual el agua residual es sometida a condiciones de reposo para garantizar su sedimentación. Estos tanques pueden ser rectangulares o circulares” (Hernández y Sánchez, 2014, pág. 38).

• **Tratamiento secundario o biológico.** Siguiendo la secuencia del sistema de tratamiento, el paso siguiente es “la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), que no fue removida en el tratamiento primario y resto de sólidos sedimentable y en suspensión, mediante la actividad biológica (microorganismos). La principal ventaja, es que facilita la descomposición de materia orgánica en periodos de corto tiempo y es capaz de remover el 85% DBO_5 y sólidos sedimentables” (Chimbo, 2018, pág. 30). Según lo expresa Becerra y Díaz (2014), la remoción de las sustancias orgánicas biodegradables disueltas del agua residual, se genera la conversión en gases (metano y dióxido de carbono) que se liberan a la atmosfera y biomasa (lodos) extraíble mediante sedimentación.

Existen dos tipos de tratamientos biológicos, uno de tipo aerobio y el otro de tipo anaerobio, para el tratamiento de las aguas residuales de una planta de beneficio se selecciona un tratamiento anaerobio, mediante un filtro anaerobio de flujo ascendente FAFA.

- **Filtro anaeróbico de flujo ascendente, FAFA.** “Consiste en un tanque o cámara cerrada, compuesta por un lecho poroso en donde el efluente proveniente del tanque séptico pasa de manera ascendente a través de una capa filtrante plástica o de piedras y la película biológica que se forma sobre la superficie de ellas. Esta tecnología de tratamiento realiza un trabajo de biodegradación anaerobia (sin presencia de oxígeno)” (Chimbo, 2018, pág. 31).

Este tratamiento es ideal para las aguas resultantes del proceso del beneficio de ganado bovino, “el tratamiento anaerobio se caracteriza porque puede eliminar fácilmente picos de concentración de materia orgánica, sin que esto repercuta en la estabilidad de su operación. La eficiencia de este tipo de tratamiento esta entre 70 y 90% de reducción en términos de la DQO y entre un 75 y 95% de reducción en términos de la DBO_5 ” (Becerra y Díaz, 2014, pág. 32).

El sistema de un FAFA “ofrece múltiples ventajas que resultan ser significativas frente a otros procesos biológicos de tratamiento, como son: menor generación de lodos; el lodo producido es razonablemente estable lo que permite que pueda secarse y disponerse en métodos convencionales; es adaptable en aguas residuales con altas concentraciones orgánicas; produce metano el cual presenta un valor calorífico, requiere de un menor espacio, con costos globales más bajos” (Becerra y Díaz, 2014, pág. 32).

- **Degradación anaerobia de la materia orgánica por medio del FAFA.** La degradación de la materia orgánica requiere de la intervención cuatro tipos de bacterias en cuatro pasos de transformación:

Para Becerra y Díaz (2014), el proceso inicia con la hidrólisis, donde se realiza la conversión de compuestos orgánicos complejos e insolubles como polisacáridos, proteínas y lípidos, por la acción de enzimas extracelulares producidas por las bacterias hidrolíticas. Los productos que resultan de esta reacción son compuestos más sencillos y solubles en agua como los azúcares, ácidos grasos, aminoácidos, y alcoholes. Esta etapa se hace fundamental para proveer los compuestos orgánicos necesarios para la estabilización anaerobia en forma que puedan ser utilizados por las bacterias responsables de las etapas siguientes.

Posteriormente sigue el proceso de fermentación ácida (acidogénesis), donde los compuestos orgánicos más sencillos provenientes del proceso anterior, son utilizados por las bacterias fermentativas, las cuales generan ácidos orgánicos de cadena corta, tales como ácido acético ($\text{CH}_3\text{-COOH}$), propiónico ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$) y butírico ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$). Hay una gran variedad de bacterias capaces de efectuar la etapa de formación de ácidos, y además esta conversión ocurre con gran rapidez.

En seguida se realiza el proceso de acetogénesis, en donde los productos de la fermentación del proceso anterior se convierten a acetato, hidrógeno y dióxido de carbono por la acción de las bacterias acetogénicas.

Finalmente se concluye con el proceso de metanogénesis, en donde una vez formados los ácidos orgánicos y acetato, las bacterias metanogénicas los convierte en metano y dióxido de carbono. En esta fase es donde se consigue la eliminación de la materia orgánica, ya que los productos finales no contribuyen a la DBO₅ o DQO del medio.

- **Línea de lodos.** Los lodos son residuos orgánicos semisólidos resultado del tratamiento primario y secundario de aguas residuales, existen varios métodos para tratar o estabilizar los lodos, entre los que se encuentran: “deshidratación por centrifugación, compostaje, alcalinización; secado térmico y deshidratación en lechos de secado” (Castellano et al., 2018, pág. 243).

Según Castellano et al., (2018) “la estabilización por deshidratación en lecho de secado es un proceso natural donde el lodo se coloca en compartimientos rectangulares de poca profundidad con fondos porosos (arena y grava), lo cual permite junto con la incidencia de la luz solar y el viento, la deshidratación y desinfección del lodo. Las ventajas de este método con respecto a los de más, es el bajo nivel de inversión, simplicidad operacional, limitado consumo de energía y la no adición de productos químicos”, por esta razón este método es ideal para manejar los lodos generados en el tratamiento de las aguas residuales de una planta de beneficio de ganado bovino, estos lodos son ricos en materia orgánica y una vez deshidratados se pueden usar en “actividades que ayudan a la formación del humus, la conservación de la estructura del suelo, la biorremediación de contaminantes, y la disponibilidad de nutrientes entre otras funciones” (Castellano et al., 2018, pág. 243).

4.2.2 Medidas preventivas, de mitigación y controles existentes para la contaminación del suelo. Las medidas encaminadas para prevenir, mitigar o controlar la contaminación del suelo están dadas según Triana (2019), en:

- Recolección del rumen en seco y almacenarlo en la misma zona de estiércol para producción de humus a través de compostaje y lombricultura.
- Instalación de anjeos metálicos debajo de rejillas de drenaje para la retención de residuos de mínimo tamaño.

- Reciclaje, clasificación y aprovechamiento. Los residuos para aprovechamiento son rumen, estiércol, cenizas, aguas residuales, grasas orgánicas, animales, decomisos aprovechables, sangre; una de las mejores formas de aprovechamiento es a través de biodigestores.
- Implementación de biodigestores para el manejo de excretas aprovechamiento de biogás.
- Disposición de residuos. Con empresas avaladas por la autoridad ambiental.
- Utilización de procesos anaeróbicos, la materia orgánica biodegradable a corto plazo puede aprovecharse como generadora de biogás o biomasa para gasificación (transformación térmica que convierte los residuos en gas combustible); en este último caso, debe estar separada de los demás compuestos que requieren de largos períodos.
- Abastecimiento de marmita deshidratadora para bilis para su correcto almacenamiento y posterior entrega para evitar la descomposición de materia orgánica.
- Construcción y ampliación de canaletas para recolección, evita que se llene la canaleta y los residuos caigan al piso arrastrándose hacia el suelo y las aguas.
- Instalación de reactor anaeróbico, el cual consiste en convertir el estiércol en biogás compuesto por 50% de dióxido de carbono y 50% de metano, posteriormente se actualiza a gas natural renovable por medio de un convertidor catalítico, el reactor contiene una bolsa flexible de una geo membrana de baja densidad por la cual se ingresa la materia orgánica.

En el manual publicado por Sidalc, (s.f), mencionan que existen diferentes técnicas de procesos y utilización de desechos generados durante el proceso de beneficio de ganado bovino, con el fin de proteger la contaminación del suelo, las plantas con mayor capacidad económica, procesan sus propios residuos, otras los venden a plantas de aprovechamiento de productos no comestibles y muchas plantas en el país arrojan los residuos en espacios abiertos o a cuerpos de agua.

Los desechos que se aprovechan en una planta de beneficio de ganado bovino son: decomisos aprovechables, contenido fecal, ruminal, sangre, huesos, sebos, piel, bilis, cascos y desperdicios en general, el aprovechamiento de estos abre una oportunidad de ingresos económicos a la empresa, a continuación, se mencionan los aprovechamientos más relevantes,

con el fin de identificar medidas para la prevención de la contaminación del suelo por este tipo de residuos.

- **Aprovechamiento de la sangre.** La sangre de ganado bovino se utiliza en procesos de fabricación de harina de sangre, por esto es “necesario tener un sistema de recolección más especializado, ya sea para tratarse en el mismo matadero o para trasladarla a camiones cisternas que la transporten al centro de procesamiento” (Echavarría et al., 2016, pág. 56). En la tabla 6 se observan algunas alternativas para el aprovechamiento de la sangre.

Tabla 6.

Usos de la sangre de ganado bovino

Alternativas de aprovechamiento	Producto final o Nombre comercial
Coagulación, prensado, secado o molido	Sangre seca molida
Secado forzado en digestores, pura o mezclada con otros desechos como trozos de carne, vísceras y huesos.	Harina de sangre pura Harina de sangre con carne (desperdicios) y hueso

Fuente: Adaptado y Modificado de Echavarría et al., 2016.

En la guía elaborada por Montoya et al., (2016), describe que la sangre debe ser “refrigerada y sometida a un proceso de centrifugación para separar la hemoglobina del plasma sanguíneo y someterlos a tratamientos térmicos mediante los cuales son desecados, y respectivamente empleados en la fabricación de alimentos concentrado para animales y embutidos. Además, por ser fuente incalculable de proteínas, la hemoglobina y el plasma sanguíneo son utilizados para la formulación de productos en la industria farmacéutica” (pág. 84).

- **Aprovechamiento de huesos, sebos, y decomisos aprovechables.** Estos productos no comestibles generados en el proceso de beneficio de ganado bovino se aprovechan para la formulación y fabricación de diversos productos como lo es la harina o materia prima para la elaboración de concentrados de animales o aceites, en la tabla 7, se pueden visualizar los productos que se pueden obtener con estos desperdicios.

Tabla 7.

Usos de huesos, sebos y decomisos aprovechables de ganado bovino

Producto no comestible	Proceso	Producto final o Nombre comercial
Sebos	Limpieza, molido, cocción, prensado, molido y tamizado	Aceites, chicharrón de sebo, harina de carne.
Hueso fresco	Cocción, separación de sólidos, secado y molido	Aceite, proteína, harina de hueso.
Hueso seco	Calcinado y luego molido.	Harina de hueso calcinado.
Desperdicios (intestinos, sebos, residuos de tramas de grasas)	Molido, secado en digestor y tamizado.	Aceites, oleosterina y harina de carne mixta.

Fuente: Adaptado y Modificado de Sidalc, (s.f).

- **Aprovechamiento del contenido ruminal.** El contenido ruminal, “es un subproducto originado del sacrificio de animales, el cual al momento de su muerte contiene todo el material que no alcanzó a ser digerido. Posee una gran cantidad de flora y fauna microbiana y productos de la fermentación ruminal, por esto se puede decir que es una alternativa para la alimentación de rumiantes, pollos y cerdos de engorde, por sus características químicas, biológicas, bromatológicas y su amplia disponibilidad” (Ríos y Ramírez, 2012, pág. 57).

Una de las técnicas descritas por Ríos y Ramírez (2012), es el ensilaje que ofrece ventajas en el tratamiento del contenido ruminal, este proceso no requiere mano de obra especializada, ni maquinaria; además de demandar poco espacio. En la tabla 8 se observan los distintos productos que se obtienen con el aprovechamiento del contenido ruminal.

Tabla 8.

Uso del contenido ruminal para consumo animal

Producto	Proceso	Producto final o Nombre comercial
Contenido ruminal húmedo	Secado	Contenido ruminal semi-seco

Contenido ruminal seco	Secado completo al ambiente y luego molido	Contenido ruminal seco.
Solo o con otros desechos	Secado completo en digestores	Harina forrajera.
	Secado al ambiente	Contenido ruminal seco mezclado
	Secado al ambiente o por aire forzado con aglutinantes.	Bloques nutricionales
	Secado completo en digestor	Harina forrajera y carne

Fuente: Adaptado y Modificado de Sidalc, (s.f).

Otro método de aprovechamiento del contenido ruminal es “para la producción de humus o compost acompañado de estiércol y del resto de subproductos para mejorar los niveles de nitrógeno, determinando las condiciones fisicoquímicas adecuadas y la cantidad de nutrientes que cada uno de ellos aporta para llevar a cabo el proceso de compostaje” (Chaux et al., 2009, pág. 7).

Guerrero y Monsalve (2006), mencionan que las alternativas de PML identificadas que ofrecen una solución al manejo de los subproductos (rumen, estiércol y sangre) generados durante los procesos de sacrificio y faenado de ganado son dos a saber:

- Montar un sistema de beneficio de la sangre basado en su deshidratación.
- Realizar proceso de compostaje.

Guerrero y Monsalve (2006), realizan un análisis comparativo de estas alternativas, la cual se puede visualizar en la tabla 9.

Tabla 9.

Análisis comparativo de alternativas entre la deshidratación de sangre y compostaje

Aspectos	Deshidratación de sangre	Compostaje
Descripción	Consiste en el empleo de un digestor (cooker) que trabaja con	Consiste en la descomposición natural de la materia orgánica, buscando

	vapor, el cual somete la sangre a temperaturas superiores a los 650°C y un mezclado constante a razón de 33 revoluciones por minuto.	obtener un abono mediante el control de varios parámetros físico-químicos.
Producto obtenido	Harina de sangre.	Compost.
Requisitos	<ul style="list-style-type: none"> - Digestor - cooker. - Combustible. - Mano de obra. - Equipo para el manejo de las emanaciones generadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mano de obra. - Infraestructura. - Control de variables fisicoquímicas.
Ventajas	Permite obtener un producto que puede ser comercializado para alimentación animal.	<ul style="list-style-type: none"> - Se obtiene un producto que de acuerdo a sus características puede ser comercializado como abono o enmienda. - Permite el tratamiento conjunto de todos los subproductos generados.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Sólo ofrece manejo a la sangre, lo que constituye a esta alternativa en una solución parcial. - Generación de olores ofensivos, por lo que se requiere la adquisición de equipo costoso para su mitigación. - Altos costos asociados a la maquinaria y al combustible empleado. 	No hay desventajas siempre y cuando el proceso sea llevado a cabo con la técnica adecuada para evitar la generación de olores ofensivos.

Fuente: Guerrero y Monsalve (2006).

De la tabla anterior, se puede concluir que la alternativa más positiva por sus características técnicas y económicas, es la implementación del proceso de compostaje, con esta alternativa se

proporciona la facilidad de realizar un tratamiento conjunto de los subproductos (sangre, contenido ruminal y estiércol), sin incurrir en altos costos, consiguiendo transformar estos residuos en compost, el cual se puede aprovechar en abonos o enmiendas de acuerdo a las características que esté presente.

Triana (2019), recomienda el uso del estiércol para la generación de biogás, el cual es una tecnología de fácil implementación, como fuente renovable no solo funciona como biogás sino ayuda a la obtención de biofertilizante. La instalación de biodigestores a través de digestión anaerobia, permite transformar el estiércol en recursos para producir energía en forma de biogás, reduciendo la contaminación ambiental por emisiones de metano.

4.2.3 Medidas preventivas, de mitigación y controles existentes para la contaminación atmosférica. Pérez (2017), recomienda que se debe regular la relación aire combustible para garantizar la eficiencia de la combustión en la caldera, “una incorrecta relación entre el combustible y el aire para la combustión, o temperaturas de combustión demasiado altas o demasiado bajas son la causa de la formación de productos secundarios, tales como monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, cenizas finas e hidrocarburos no quemados, todos ellos contaminantes del aire” (Sidalc, s.f., pág. 37).

Otras medidas encontradas para prevenir, mitigar y controlar este impacto las describió Triana (2019), las cuales son:

- Utilización de combustibles más limpios, como el biodiesel, mejora el rendimiento de las máquinas y reduce las emisiones contaminantes, se utiliza en especial en la sala de calderas.
- Realizar mantenimientos preventivos en las calderas.
- Operación de equipos adecuadamente, implementando buenas practicas operacionales.
- Barreras vivas para promover la contención de sustancias causantes de olores.
- Realizar una buena combustión en la caldera distribuyendo biomasa uniformemente.
- Instalación de filtros manga pasando por medio de una membrana porosa o medio semipermeable, permite recoger alta carga de partículas contaminantes.
- Instalación de filtros de carbón activo, produciendo adsorción de contaminantes.
- Mantener áreas libres de materia orgánica.

- Mantener áreas limpias y aseadas para evitar proliferación de malos olores.
- La materia orgánica debe ser almacenada temporalmente para evitar su descomposición.
- Mantener una buena ventilación.

4.2.4 Medidas preventivas, de mitigación y controles existentes para la afectación a la flora y fauna

- Establecer cubiertas vegetales para la conservación y preservación del componente paisajístico. Las especies complementarias para establecer son arbustivas y arbóreas.
- Evitar el deterioro de calidad visual, colocando basura y excremento de los bovinos en zonas no adecuadas.
- Protección de hábitats y zonas de fauna local, separando áreas con cercas vivas.
- Revegetalización y recuperación de coberturas vegetales en zonas abandonadas.
- Delimitación de áreas de manejo ambiental.

4.2.5 Otras medidas de prevención, mitigación y de control. En el proceso de beneficio se generan otros residuos, los cuales deben tener un destino final idóneo, buscando la protección del medio ambiente, pero, además, buscando ingresos económicos adicionales a las plantas de beneficio, por ejemplo, Montoya et al., (2016), enlista una serie de residuos y sus posibles destinos:

- **Piel.** es el subproducto de mayor valor, se ejerce un estricto control de calidad en su procesamiento para evitar cortes y rasgaduras que pudieran disminuir su valor comercial en la industria del cuero.
- **Cachos y cascós.** de ellos se obtiene la denominada cacharían, producto rico en nitrógeno no proteico, empleado en la industria de los fertilizantes, también son “utilizados para la elaboración de artesanías” (Quiroga y Pabón, 2008, pág. 29).
- **Cálculos.** Comercialización a terceros para la “industria farmacéutica y de cosméticos; también se utiliza para la confección de microchips y la extracción de sales de calcio y fósforo” (Quiroga y Pabón, 2008, pág. 32).
- **Bilis.** Comercialización a terceros, “su principal uso es farmacéutico y se comercializa deshidratada” (Quiroga y Pabón, 2008, pág. 31).

- **Decomisos no aprovechables.** Los decomisos de este tipo se asumen como residuos de riesgo biológico, probablemente de animales portadores de enfermedades infectocontagiosas, esta clase de residuos deben ser incinerados, ya sea en la misma planta en hornos especializados para este fin o contratando un gestor externo.

4.3 Metodología de gestión ambiental para los impactos generados en la planta de beneficio de ganado bovino del municipio de Cauca - Antioquia

La planta de beneficio de ganado bovino Frigorífico del Cauca S.A.S., está ubicada en el municipio de Cauca, el cual es un municipio colombiano localizado en la subregión del Bajo Cauca al norte del departamento de Antioquia. Es denominada la Capital del Bajo Cauca por ser el principal centro urbano y comercial de la subregión. Limita por el norte con el departamento de Córdoba, por el este con los municipios antioqueños de Nechí y El Bagre, por el sur con el municipio de Zaragoza, y por el oeste con el municipio de Cáceres. Cauca es uno de los municipios más importantes de la zona debido a su privilegiada ubicación geográfica, cerca de la confluencia de importantes afluentes colombianos como el río Cauca y el río Nechí y el Parque nacional natural Paramillo. El área rural de Cauca hace parte al área Andina donde se encuentran alturas de 50 hasta 500 msnm.

La metodología recomendada para el manejo ambiental en esta planta es la implementación basada en la estrategia de producción más limpia (PML), cuyo objetivo es la prevención, reducción o eliminación de la contaminación en los procesos productivos, la metodología de esta estrategia se desarrolla en tres niveles (prácticas de buen manejo, cambio de proceso y cambio tecnológico). Esta estrategia, es un conjunto ordenado de propuestas eco-eficientes destinadas a mejorar y optimizar los procesos productivos existentes y a promover la participación del personal. Son actividades con el objetivo de eliminar desperdicios o uso excesivo de insumos y tiempo, minimizando los residuos y las emisiones. Además, las buenas prácticas operativas no representan un gran esfuerzo para la empresa, (sencillas y de pequeñas inversiones), no significan modificar sus procesos, ni sistemas de gestión y que se pueden llevar a término en la empresa para reducir su impacto ambiental.

A continuación, se describen algunas estrategias de PML que se pueden implementar a corto plazo en la planta de beneficio del municipio de Caucasia, las cuales se encuentran agrupadas en función del principal aspecto ambiental que se debe mejorar.

- **Recurso hídrico.** El agua que se utiliza en la planta de beneficio de ganado bovino del municipio de Caucasia proviene de un pozo subterráneo de 132 metros de profundidad y cuenta con permiso de captación otorgado por la Corporación Autónoma Corantioquia.

- **Prácticas de gestión ambiental recomendables para el recurso hídrico.** Se propone una serie de medidas de fácil implementación, que le permitirá a la planta hacer ahorros significativos en el consumo de agua, además un ahorro en el pago por utilización del recurso, con muy baja inversión. Las medidas incluyen controles operacional e inversión como:

- Revisión de toda la red de distribución de agua, para detectar posibles fugas.
- Realizar el mantenimiento adecuado y oportuno a la red de acueducto y tanques de almacenamiento.
- Corrección de fugas existentes en la red de agua.
- Instalación de equipos ahorradores de agua, como hidrolavadoras de presión para el lavado de canastillas e infraestructura de la planta, además la instalación de llaves o mecanismos ahorradores en mangueras utilizadas en el proceso de beneficio.
- Desarrollar programas de capacitación en conservación, ahorro y uso eficiente del agua.
- Instalación de medidores en las etapas más críticas de consumos de agua en la planta: la planta solo cuenta con un macro medidor de agua, no se conoce el consumo de agua por procesos, siendo necesario definir consumos de agua por etapas, mediante seguimientos y mediciones.
- Tener indicadores de consumo de agua, definiendo con esto metas de reducción en tiempos establecidos.
- Instalación de un sistema para agua caliente, esto facilita el proceso de limpieza y desinfección de la infraestructura, equipos y utensilios, contribuyendo al ahorro de agua y productos químicos de limpieza y desinfección.

- Evitar el barrido de los residuos o el excedente de sangre con agua, se recomienda la utilización de haraganes o escurridores.

- **Recolección en seco de los residuos sólidos caídos al piso durante el beneficio**

Durante el proceso los residuos sólidos orgánicos son depositados en canastillas o recipientes plásticos, estos son evacuados constantemente para su almacenamiento intermedio (cava de refrigeración), al final del proceso todos los residuos aprovechables son trasladados a la planta de procesamiento de productos no comestibles. Los vertimientos líquidos de agua sangre llegan a una trampa de sólidos de la planta de tratamiento de aguas residuales. Adicionalmente se presentan malas prácticas operaciones durante el proceso, el cual es el arrastre o barrido con agua a presión de los residuos que caen al piso hacia los desagües, generando consumo de agua innecesario, además ocasiona que estos residuos lleguen a la planta de tratamiento de aguas residuales, modificando de esta manera la eficiencia del sistema de tratamiento existente.

- **Prácticas de gestión ambiental recomendables para la recolección en seco de los residuos sólidos caídos al piso durante el beneficio.**

- Mediante la utilización de haraganes o escurridores, los operarios deben hacer un barrido de los residuos, esto se debe realizar durante el proceso de beneficio y antes de iniciar las labores de limpieza y desinfección de la planta.
- Colocar anjeos o mallas metálicas por debajo de las rejillas de drenaje, para la retención de aquellos residuos de menor tamaño que pueden escapar al barrido en seco.
- Estos residuos pueden ser procesados para la fabricación de concentrados para animales

- **Sangre.** La sangre es recogida por medio de un cuchillo hueco (cuchillo vampiro) en bolsas plásticas, esta se deposita en un tanque cisterna y al final del proceso es enviada a planta de procesamiento de productos no comestibles. La sangre que no alcanza a ser recogida inicialmente, cae en un canal, la cual por fuerza de gravedad es conducida a un tanque para su almacenamiento y posterior traslado (sangre de segunda).



Figura 5. Recolección de sangre y harina para concentrado de animales.

Fuente: Autoría propia

Durante el proceso se evidencia pérdida de sangre por fuera del canal, lo que ocasiona que esta llegue a la planta de tratamiento de aguas residuales, modificando de esta manera la eficiencia del sistema de tratamiento existente. Los vertimientos líquidos de agua sangre llegan a una trampa de sólidos de la planta de tratamiento de aguas residuales.

– **Prácticas de gestión ambiental recomendables para el manejo de la sangre.** La planta de beneficio actualmente cumple con el manejo y disposición final de la sangre, sin embargo es aconsejable ampliar el canal que recibe la sangre, ya que parte de esta se pierde en la zona de desuello y en el lavado de pisos, y teniendo en cuenta que bajo la línea de beneficio no se genera tránsito de personal, se sugiere instalar una canaleta en acero inoxidable con el objeto de recoger la sangre que cae durante el proceso y aumentar la productividad en la comercialización de este producto en la fabricación de la sangre y la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales

- **Contenido ruminal.** El contenido ruminal se somete a una extracción del líquido por medio de un molino o prensa, el lixiviado es almacenado en tanques y el contenido semiseco es depositado inmediatamente en un vehículo tipo volqueta. Estos residuos son evacuados

diariamente de la planta, los cuales son comercializados para la producción de abono por un tercero.



Figura 6. Molino o prensa para contenido ruminal. Fuente: Autoría propia

Durante este proceso se evidencia caída de contenido ruminal y lixiviado al piso, estos son arrastrados al sistema de tratamiento de aguas residuales. Una práctica incorrecta es que, al abrir el estómago para su limpieza inicial, el contenido ruminal es descargado en un tubo y arrastrado por medio de agua dentro de la tubería que conduce hasta el molido, generando con esto mayor cantidad de lixiviado y un consumo innecesario de agua.

– **Prácticas de gestión ambiental recomendables para el manejo del contenido ruminal.** Mediante la utilización de palas, rastrillos y cepillos, los operarios deben hacer un barrido de los residuos que caen al suelo, que permita recoger en su totalidad los residuos, para que estos sean enviados para su comercialización. Por último, se recomienda recoger el contenido ruminal en seco durante el proceso de beneficio, dentro de un carro en acero inoxidable o en una carretilla y trasladarlo al lugar donde está ubicado el molino, con el fin de disminuir el consumo de agua.

- **Corrales** (recepción de ganado, identificación, pesaje, distribución en corrales e inspección ante mortem). Todos los residuos generados en los corrales son mezclados con el agua utilizada para el lavado de los mismos, debido a que esta hace las veces de escoba, utilizando la fuerza del agua para arrastrar el estiércol hasta el canal, es claro que la dificultad para la recuperación y aprovechamiento del estiércol aumenta cuando se utiliza el sistema de barrido con agua mencionado anteriormente, además de la inevitable fuga de estiércol, ya que parte de este se disuelve en el agua y va a formar parte de los vertimientos, estos vertimientos pasan a la planta de aguas residuales existente en la planta. Algunos residuos alcanzan a llegar a una trampa de sólidos, estos son extraídos y acumulados hasta su evacuación de la planta, la cual se realiza una vez por semana. Los residuos orgánicos, son comercializados para la producción de abono por un tercero.

En los corrales de reposo se realiza una práctica adicional, que consiste en un prelavado de los animales, generando consumo de agua innecesario. Los corrales no cuentan con techo, lo que indica que en momentos de lluvia el caudal de aguas residuales se incrementa, modificando de esta manera la eficiencia del sistema de tratamiento existente.

– Prácticas de gestión ambiental recomendables para el manejo de los residuos en los corrales.

- Adelantar una recolección y barrido en seco de los residuos, utilizando palas, rastrillos y cepillos de cerda dura, que permita arrastrar la totalidad del estiércol del piso y aquel que no se encuentra demasiado adherido al suelo de los corrales. Posteriormente se debe hacer uso de la manguera preferiblemente a alta presión para un enjuague final, ayudado con cepillos de cerda dura que facilite la remoción de las partículas incrustadas en las grietas y dilataciones del piso. Con la adopción de esta práctica se espera una reducción del 75% en el uso del agua, según experiencias ya desarrolladas en plantas de beneficio.
- Evacuar los residuos orgánicos diariamente.
- Instalar pistolas ahorradoras de agua para el lavado de los corrales.
- No se deben lavar los animales en los corrales de reposo, este proceso se realiza en el sitio destinado para ello (baño ante mortem).

- El agua lluvia no debe ingresar a la planta de tratamiento de aguas residuales, por esta razón se debe instalar techo en los corrales, adicional a esto las aguas lluvias deben ser direccionadas y hacer un aprovechamiento de estas en lugares donde lo permita a normatividad.
- Sensibilizar a todo el personal.
- Realizar visitas de verificación al sitio donde se realiza el proceso de compostaje.

• **Baño *ante mortem*.** El baño *ante mortem* actual de la planta, no tiene la suficiente presión para el lavado correctos de los animales, además presenta fugas de agua.

– **Prácticas de gestión ambiental recomendables para el baño *ante mortem*.** Instalar o rediseñar el sistema de lavado a presión para el baño *ante mortem*, buscando la eficiencia del sistema y un ahorro significativo en el consumo de agua, además implementar un programa de mantenimiento preventivo para el sistema del baño ante mortem, para la optimización de su funcionamiento, garantizando así el consumo correcto de agua.

• **Sistema de tratamiento de aguas residuales.** La planta de beneficio posee un sistema de tratamiento adecuado para el tipo de vertimiento líquido generado en el proceso, el sistema que posee actualmente la planta se compone de: tres trampas de sólidos, una trampa grasa, un tanque homogenizador, un tamiz, un tanque sedimentador, dos filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA), una cascada de oxigenación y por ultimo laguna de estabilización y dos lechos de deshidratación de lodos.

– **Prácticas de gestión ambiental recomendables para el sistema de tratamiento de aguas residuales.**

- Los residuos extraídos son evacuados diariamente y enviados para la producción de abono por un tercero.
- Realizar controles durante el proceso productivo para evitar que lleguen residuos sólidos al sistema de tratamiento.
- Instalaciones de rejillas en todos los desagües de la planta de beneficio, para la retención de residuos.

- Realizar control en el consumo de agua durante el proceso.
- Monitorear de manera periódica el volumen de vertimientos generados.
- Se recomienda estudiar la posibilidad de hacer un aprovechamiento de biogás en el sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Se recomienda realizar un manejo independiente de las aguas lluvias, estas deben ser conducidas por canales independientes al sistema de tratamiento.

• **Decomisos aprovechables.** Durante el proceso son almacenados en un cuarto frío, al finalizar el proceso son trasladados a la planta de procesamiento de productos no comestibles, donde son transformados en harina para concentrado de animales. La planta de beneficio actualmente cumple con el manejo y disposición final de los decomisos aprovechables.



Figura 7. Harina para concentrado de animales. Fuente: Autoría propia.

• **Decomisos no aprovechables** (medula espinal, glándulas, abscesos, residuos con patologías infectocontagiosas). Los decomisos no aprovechables se almacenan en congelación hasta la entrega al gestor externo para su incineración. La planta de beneficio actualmente cumple con el manejo y disposición final de los decomisos no aprovechables.

- **Piel.** este subproducto es trasladado a la planta de procesamiento de productos no comestibles, donde se realiza el proceso de deshidratación, posterior a este proceso se comercializa en la industria del cuero.



Figura 8. Deshidratación de pieles. Fuente: Autoría propia

5. CONCLUSIONES

El proceso para la obtención de la carne para consumo humano, genera una serie importante de impactos ambientales negativos, una de las causas de este problema es la poca o nada gestión por parte de los responsables de las plantas de beneficio y en muchos casos el no querer dar cumplimiento a la normatividad, pero además de esto y mucho más grave, es la falta de vigilancia por las entidades gubernamentales responsables de realizar los controles pertinentes al sector cárnico en Colombia.

Se logró evidenciar que durante el proceso de beneficio el impacto ambiental con mayor importancia corresponde al vertimiento de aguas residuales y al inadecuado manejo de los residuos orgánicos generados a lo largo del proceso. Además, en los pocos estudios o documentos encontrados, se determinó que en Colombia estos residuos no reciben ningún tipo de tratamiento antes de su disposición final, el cual lo hacen a cuerpos de agua, alcantarillados o a cielo abierto.

Como se describió en este documento, la mayoría de los residuos generados en el proceso de beneficio, son aprovechables, lo que quiere decir que esto generaría un ingreso económico adicional.

Por último y no menos importante, se puede concluir que en Colombia existe poca información referente al tema tratado, siendo un sector tan importante en la economía del país y conociendo los impactos ambientales que este genera, debemos encaminar esfuerzos en la realización de propuestas y estudios donde se logren conocer nuevas alternativas de manejo ambiental para prevenir, mitigar o controlar estos impactos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acero, R., Riaño, G. y Cardona, D. (2013). *Evaluación del sistema de gestión ambiental de los frigoríficos cárnicos en Colombia*. Criterio Libre, 11(19), 99-123. Recuperado de: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/criteriolibre/article/view/1102/846>
- Andrades, B. J. (2008). *Los vertidos de los mataderos e industrias cárnicas*. Escuela Organización Industrial (Sevilla). Master Profesional en Ingeniería y Gestión Medioambiental. Recuperado de: <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/19962/los-vertidos-de-los-mataderos-e-industrias-carnicas>
- Apolinar, C. M. (2006). *Diseño del manual técnico de procedimientos para la gestión integral de los residuos y decomisos de plantas de beneficio animal en Colombia* (Tesis de pregrado). Universidad de la Salle. Recuperado de: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1012&context=ing_ambiental_sanitaria
- Barbosa, B. A. y Solano, T. C. (2015). *Formulación de alternativas de manejo a los impactos generados en las plantas de beneficio animal. Caso de estudio Infriboy S.A.S., Municipio de Sogamoso* (Tesis de pregrado). Universidad de La Salle. Recuperado de: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1214&context=ing_ambiental_sanitaria
- Becerra, M. L. y Díaz, P. J. (2014). *Diseño de un sistema de tratamiento para los vertimientos generados en la “planta de sacrificio de ganado de oriente” del municipio de Choachí (Cundinamarca)* (Tesis de pregrado). Universidad Libre. Recuperado de: <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/11230>
- Cadena, V. A. (2009). *Manual para la identificación del impacto ambiental generado por las plantas de sacrificio de ganado vacuno* (Tesis de posgrado). Escuela Superior De

Administración Pública. Recuperado de:
<https://www.yumpu.com/es/document/read/14746505/manual-para-la-identificacion-del-impacto-ambiental-generado-por->

Castellano, R. J., Merchán, N. A..., Galvis, J., y Manjarres, E. H. (2018). *Deshidratación de los lodos en lecho de secado y su influencia sobre la actividad biológica de los microorganismos*. *Gestión y Ambiente*, 21(2), 242-251. Recuperado de:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7066292>

Castro de Doens, L., Young, N., Rodríguez, L., Ramírez, L. y Sanjur, A. (2005). *Producción más limpia para el sector de beneficio de ganado bovino y porcino*. (Programa Ambiental Nacional) Autoridad Nacional del Ambiente. Panamá. Recuperado de:
<https://docplayer.es/28074624-Produccion-mas-limpia-para-el-sector-de-beneficio-de-ganado-bovino-y-porcino.html>

Chaux, G., Rojas, G. y Bolaños, L. (2009). *Producción más limpia y viabilidad de tratamiento biológico para efluentes de mataderos en pequeñas localidades, caso: Municipio de el Tambo (Colombia)*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 7(1), 102-114. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612009000100012&lng=en&tlng=es

Chávez, P. A., Guerra, A. J. y Moreno Q. D. (2011). *Plan de Seguimiento ambiental sobre los procesos de la planta de beneficio del municipio de Zipaquirá/Cundinamarca*. (Artículo de revista). *Revista Gestión Integral en Ingeniería Neogranadina*. 3(2). Artículo 6. Recuperado de: <https://docplayer.es/13190885-Plan-de-seguimiento-ambiental-sobre-los-procesos-de-la-planta-de-beneficio-del-municipio-de-zipaquirá-cundinamarca.html>

Chimbo, M. S. (2018). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes del centro de faenamiento municipal del Cantón Quinindé, Provincia de Esmeraldas* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10445/1/96T00487.pdf>

- Cun, J. M. y Álvarez, D. C. (2017). *Estudio de impacto ambiental de un matadero municipal urbano en la provincia de El Oro*. Revista Científica Agroecosistemas, 5(1), 160-168. Recuperado de: <https://ceema.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/153/187>
- Echavarría, N., Atehortúa, N. y Tobón, O. (2016). *Manual Gestión del Recurso Hídrico. Plantas de beneficio animal. Corantioquia y Centro Nacional de Producción Más Limpia*. Recuperado de: http://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Gesti%C3%B3n%20ambiental/Producci%C3%B3n%20y%20Consumo%20Sostenible/Manuales_GIRH/Plantas_Beneficio.pdf
- Fundación Mapfre. (2005). *Minimización del riesgo medioambiental en los mataderos*. (Guía Medioambiental) Editorial Mapfre Empresas. Madrid. Recuperado de: https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/imagen_id.cmd?idImagen=1030531
- Guerrero, E. J. y Monsalve, P. J. (2006). *El compostaje como una estrategia de producción más limpia en los centros de beneficio animal del departamento de Risaralda*. Scientia et technica, 12(32), 469-474. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84911652082.pdf>
- Guerrero, E. J. y Ramírez, F. I. (2004). *Manejo ambiental de residuos en mataderos de pequeños municipios*. Scientia et technica, 10(26), 199-204. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84911640034.pdf>
- Hernández, D. y Sánchez, S. (2014). *Diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el municipio de San Marcos - Departamento de Sucre* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia. Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2395/1/Dise%C3%B1o%20de%20una%20planta%20de%20tratamiento.pdf>

Montoya, P. C., Rodríguez, M. I., Vásquez C. T. y Hurtado G. L. (2016). *Guía de buenas prácticas ambientales en hospitales, morgues, cementerios, plantas de beneficio animal y estaciones de servicio*. Corantioquia. Recuperado de: <http://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Gesti%C3%B3n%20ambiental/Residuos/Peligrosos/Cartillas/Guia%20buenas%20practicas.pdf>

Navas, L. M. (2018). *Análisis y propuesta para la optimización de la gestión de desechos líquidos aplicando técnicas de producción más limpia y principios de sustentabilidad. Caso de estudio: Planta de Faenamiento de Mataderos y Carnes Frías Macafri CÍA. LTDA*. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Facultad De Ciencias Administrativas y Contables. Recuperado de: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14907/MARCO%20AN%c3%8dbAL%20NAVAS%20LEIVA%20MBA%20GCP%20TRABAJO%20TITULACI%c3%93N%20MARZO%202018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Núñez, D. A. (2018). *Impacto ambiental de la industria cárnica bovina y sus derivados. Enfoque de ciclo de vida* (Tesis de maestría). Universidad Tecnológica Nacional. Buenos Aires. Recuperado de: <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/2819/Diego%20A.%20Nu%c3%b1ez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Organización de las Nacionales Unidades para la Alimentación y la Agricultura. FAO. (2008). *La contaminación por la producción pecuaria industrial. Subdirección de Información Ganadera y de Análisis y Política del Sector Dirección de Producción y Sanidad Animal*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-a0261s.pdf>

Palomino, A. P. (s.f.). *Programa de manejo y Adecuación Ambiental*. Gobierno Regional Lambayeque. Camal municipal de Lambayeque. Recuperado de: <https://docplayer.es/55102061-Camal-municipal-de-lambayeque-programa-de-manejo-y-adequacion-ambiental.html>

Pérez, M. L. (2017). *Propuesta de alternativas de producción más limpia en la UEB Matadero Chichi Padrón* (Tesis de pregrado). Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Facultad de Química Farmacia. Departamento de Ingeniería Química. Recuperado de: <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/8569>

Quiroga, T. G. y Pabón, L. M. (2008). *Manejo y aprovechamiento de subproductos y residuos en plantas de beneficio animal*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Recuperado de: <http://sie.car.gov.co/bitstream/handle/20.500.11786/33669/05887.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ríos, V. M. y Ramírez H. L. (2012). *Aprovechamiento del contenido ruminal bovino para ceba cunicola, como estrategia para diezmar la contaminación generada por el matadero en San Alberto*. 10(2), 56-63. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4244257>

Sidalc, BD MAGSV Ayuda Mega Base Alianza. (s.f). *Manual de buenas prácticas operativas de producción más limpias para la industria de mataderos*. Centro de Producción Más Limpia de Nicaragua. PROARCA - SIGMA P. Recuperado de: <http://www.cimpar.org.ar/wp-content/uploads/2010/10/39946-Manual-Buenas-Practicas-Nicaragua-Proarca.pdf>

Triana, B. K. (2019). *Impactos ambientales generados en plantas de beneficio bovino* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/26920/3/%20%09ktrianab.pdf>

Urrego, G. M. y Acero, A. A. (2015). *Guía para la prevención Manejo y Control de los vertimientos generados por el sector cárnico de la ciudad de Bogotá*. Recuperado de: <http://ambientebogota.gov.co/documents/24732/3987253/Gu%C3%ADa+para+el+manejo+y+control+de+los+vertimientos+generados+por+el+sector+c%C3%A1rnico+de+la+ciudad+de+Bogot%C3%A1.pdf>

Zambrano, B. M. y Montenegro, C. J. (2017). *Evaluación de la sostenibilidad ambiental generada por la huella hídrica en el proceso de beneficio de la cadena cárnica en las ciudades de Bucaramanga y San Juan de Pasto* (Tesis para Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente). Universidad de Manizales. Recuperado de: [http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/3281/Evaluaci% c3% b3n %20de%20la%20sostenibilidad%20HH.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/3281/Evaluaci%c3%b3n%20de%20la%20sostenibilidad%20HH.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Zurita, M. E. (2015). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales del camal municipal de Pedro Vicente Maldonado* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Recuperado de: <http://181.112.224.103/bitstream/27000/2694/1/T-UTC-00230.pdf>

6.1 Referencias normativas

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2015). *Decreto 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Bogotá, D. C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. Recuperado de: <https://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2724/normativa/detalle/decreto-unico-reglamentario-1076-de-2015-43318/txt>

Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (2012). *Decreto 2270 de 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*. Bogotá, D. C.: Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. Recuperado de: <https://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2724/normativa/detalle/decreto-2270-de-2012-25211/txt>

Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. (2013). *Resolución 240 de 2013. Por la cual se establecen los requisitos sanitarios para el funcionamiento de las plantas de beneficio animal de las especies bovinos, bufalinos y porcinos, plantas de desposte y*

almacenamiento, comercialización, expendio, transporte, importación o exportación de carne y productos cárnicos comestibles. Bogotá, D. C.: Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. Recuperado de: <https://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2724/normativa/detalle/resolucion-240-de-2013-27081/txt>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2015). *Resolución 631 de 2015. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.* Bogotá, D. C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. Recuperado de: <https://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2724/normativa/detalle/resolucion-631-de-2015-42130/txt>