



**LOS LIBERTADORES**  
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA  
Acreditación Institucional en Alta Calidad



**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS, ADMINISTRATIVAS Y**  
**CONTABLES**

**HUELLA HÍDRICA EN PLANTA DE BENEFICIO ANIMAL DURANTE EL**  
**PROCESAMIENTO DE VÍSCERA BLANCA PORCINA**

**GINNA MELISSA ESPINOSA GUTIÉRREZ**

**HUELLA HÍDRICA EN PLANTA DE BENEFICIO ANIMAL DURANTE EL  
PROCESAMIENTO DE VÍSCERA BLANCA PORCINA**

Trabajo de grado para optar al título de:

Magister en Gerencia del

Desarrollo Sostenible

**GINNA MELISSA ESPINOSA GUTIÉRREZ**

**ASESORAS:**

Rosa Eugenia Reyes Gil

Melva Inés Gómez Caicedo

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS, ADMINISTRATIVAS Y  
CONTABLES  
MAESTRÍA EN GERENCIA DEL DESARROLLO SOSTENIBLE**

Bogotá, D.C.

2025

## CONTENIDO

<b>CONTENIDO</b> .....	3
DEDICATORIA .....	8
CAPÍTULO I. PROBLEMA.....	14
1.1. Planteamiento del problema.....	14
1.2. Pregunta Problema .....	16
1.3. Justificación .....	16
CAPÍTULO II. OBJETIVOS.....	19
2.1. Objetivo general.....	19
2.2. Objetivos específicos .....	19
CAPÍTULO III. MARCO REFERENCIAL .....	20
3.1. Antecedentes Investigativos.....	20
Fuente: Elaboración propia con base en las referencias citadas. ....	27
3.2. Marco Teórico.....	27
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	45
4.1. Diseño metodológico .....	45
4.1.1. Línea de Investigación .....	45
4.1.2. Enfoque de investigación.....	46

4.1.3. Tipo de investigación.....	46
4.1.4. Paradigma de investigación .....	48
4.1.5 Población y muestra.....	48
4.1.6. Fases de la investigación.....	49
4.1.7. Métodos de recopilación de datos.....	50
4.1.8. Criterios de validez para los datos .....	51
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	53
5.1. Cálculo De Huella hídrica.....	74
5.1.1. Fórmula detallada: .....	75
CONCLUSIONES .....	78
RECOMENDACIONES.....	81

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Sistematización del estado del arte .....	25
Tabla 2 Tipos de Huella Hídrica y cómo se calcula .....	29
Tabla 3. Tipos de Tripa para la elaboración de embutidos .....	39
Tabla 4 Marco Legal Colombiano para las plantas de beneficio .....	41
Tabla 5 Cantidad de agua utilizada en lavamanos para el lavado de víscera blanca .....	64
Tabla 6 Consumo mensual (dic 2023) de agua en sala de procesamiento víscera blanca porcina.....	66
Tabla 7 Consumo mensual (enero 2024) de agua en sala de procesamiento de víscera blanca porcina .....	67
Tabla 8 Consumo mensual (febrero 2024) de agua en sala de procesamiento de víscera blanca porcina .....	69
Tabla 9 Tabla de consumos promedio mes.....	72
Tabla 10 Valor comercial final por viscera procesada.....	73
Tabla 11 Valor del consumo de agua por mes de proceso de víscera blanca .....	74
Tabla 12 Consumo de metros cúbicos de agua por mes .....	75
Tabla 13 Número de madejas de intestino producidos por mes .....	76
Tabla 14 Resumen de la Huella Hídrica (m <sup>3</sup> por madeja): .....	76

## LISTA DE FOTOS

Foto 1 Ingreso a área de proceso de víscera blanca .....	58
Foto 2 Área de víscera blanca sin proceso .....	59
Foto 3 Recepción de la víscera de la zona de proceso .....	60
Foto 4 Lavado del contenido intestinal de la víscera con manguera .....	61
Foto 5 Limpieza manual de la víscera .....	62
Foto 6 Recolección de la víscera limpia .....	63
Foto 7 Madejas de víscera, fase final del proceso .....	63

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Fases de Análisis medida HH estándar global (diseño propio) .....	33
Ilustración 2. Logros al aplicar la metodología estándar HH .....	33
Ilustración 4. Categorías de investigación (diseño propio).....	44
Ilustración 5. Diagrama de flujo del proceso de producción en planta de sacrificio porcino (diseño propio) .....	55

## **DEDICATORIA**

*A través de los años entiendes que el verdadero amor es aquel que se demuestra con acciones que se construyen desde la base y que se forja con lealtad y bondad; por eso padre te dedico un peldaño más en mi vida que floreció gracias a tus enseñanzas de persistir e insistir por un mejor mañana donde quejarse no es una opción. El agradecimiento a Dios prima sobre todas las cosas, tu aliento y tu fuerza han sido el pilar para reconstruirme una y otra vez sin desfallecer, mil gracias, padre por tomar mi mano durante todos estos años de existencia, sin perderme de vista, estando presto a cobijarme y donde he podido enseñarles a mis hijos que por difíciles que sean los obstáculos vale la pena seguir adelante por nuestros objetivos. No puedo dejar de lado a mis hermanos pues siempre he contado con su apoyo incondicional. Finalmente, y no menos importante agradezco a mis hijos Sofia Isabella y Alejandro porque sus sonrisas le han dado sentido y pujanza a mi vida para asumir nuevos retos.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A la Institución donde he laborado por más de 14 años y la cual me brindó la oportunidad de continuar preparándome como profesional. A las docentes de la Fundación Universidad Los Libertadores de la Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables: Dra. Rosa Eugenia Reyes Gil, Profesional en Biología, Magíster en Ciencias Biológicas y PhD. en Contaminación y Toxicología Ambiental y a la Dra. Melva Gómez Caicedo, Economista de la Universidad de La Salle, Magister en Dirección de Empresas de la Universidad Metropolitana de Ciencia y Tecnología de Panamá, por la dedicación, bondad, disposición y ánimo al impartir sus conocimientos y dirección, quienes estuvieron siempre atentas apoyando la feliz culminación de este Trabajo de Grado.*

## RESUMEN

El presente trabajo de grado tuvo como objetivo establecer la huella hídrica en una planta de beneficio animal durante el procesamiento de víscera blanca porcina. Para ello, se describieron las fases del proceso, se calculó el volumen de agua utilizado y se analizó su relación con la producción. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y descriptivo, utilizando técnicas de observación directa, registros operativos de consumo de agua y análisis de datos recolectados durante tres meses de operación en la planta. Se evidenció que el consumo de agua está directamente relacionado con el número de animales sacrificados y la duración de la faena, con un promedio diario de 307 m<sup>3</sup>. La limpieza de vísceras se realiza mediante lavamanos con variaciones en el flujo, sin un control estandarizado, lo que genera un uso ineficiente del recurso hídrico. El análisis económico estimó un gasto mensual de hasta \$35.366.400 si el agua fuera suministrada por el acueducto público. El cálculo de la huella hídrica permitió identificar puntos críticos del proceso y orientar acciones hacia una producción más sostenible. Entre las recomendaciones destacan la instalación de sistemas de control y medición de agua, mantenimiento preventivo de equipos, optimización de tiempos de lavado, implementación de tecnologías de reciclaje y programas de capacitación al personal sobre el uso eficiente del recurso. En conclusión, la planta tiene la oportunidad de mejorar significativamente su eficiencia hídrica, reduciendo impactos ambientales y costos operativos, al tiempo que contribuye a la conservación de un recurso natural esencial como el agua.

Palabras Claves: Desarrollo Sostenible, Planta de Beneficio, Huella Hídrica y Víscera Blanca Porcina

## ABSTRACT

The purpose of this thesis was to establish the water footprint of an animal processing plant during the processing of white pork offal. To this end, the process phases were described, the volume of water used was calculated, and its relationship to production was analyzed. The research was conducted using a quantitative and descriptive approach, utilizing direct observation techniques, operational records of water consumption, and analysis of data collected during three months of operation at the plant. It was found that water consumption is directly related to the number of animals slaughtered and the duration of the slaughter, with a daily average of 307 m<sup>3</sup>. Viscera cleaning is performed using sinks with varying flow rates and without standardized control, resulting in inefficient use of water resources. The economic analysis estimated a monthly expense of up to \$35,366,400 if the water were supplied by the public water supply. The water footprint calculation allowed for the identification of critical points in the process and the guidance of actions toward more sustainable production. Recommendations include the installation of water monitoring and measurement systems, preventive equipment maintenance, optimization of washing times, implementation of recycling technologies, and staff training programs on efficient water use. In conclusion, the plant has the opportunity to significantly improve its water efficiency, reducing environmental impacts and operating costs, while contributing to the conservation of an essential natural resource like water.

Key Words: Sustainable Development, Processing Plant, Water Footprint,  
White Pork Viscera

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el artículo “El agua en la historia de la humanidad”, el agua ha sido clave para el desarrollo y evolución de la humanidad, pues la organización territorial de las comunidades a la orilla de las fuentes hídrica determino, sistemas de riego y consumo, forjando el progreso socio económico. Con la introducción de herramientas que permitieron acoger y adecuar diferentes medios y recursos técnicos para la exploración, captación, almacenamiento, distribución, organización y regulación del recurso hídrico se dio fuerza a la revolución agrícola en el siglo XI y en el cultivo de nuevas especies (Fundacion Aquae, 2022).

La Naciones Unidas en el artículo “Desafíos Globales por el Agua” hace énfasis en la importancia de la utilización del agua para eliminar las barreras de crecimiento económico de las poblaciones; resalta que el suministro y acceso al agua potable tiene impacto directo en: la salud, en el desarrollo agrícola, en garantizar la innovación inclusiva, reduce desigualdades sociales, genera sostenibilidad, es crucial para la paz, la justicia y las instituciones sólidas y por ende su adecuada gestión fortalece los sistemas socioeconómicos de un país o nación (Naciones Unidas, 2024).

Ahora bien, determinar el valor económico del agua es un problema ampliamente estudiado tal como lo muestran Luis Amórtégui, Diego García y e Hilda Guerrero en el estudio denominado “Huella Hídrica: análisis como instrumento estratégico de gestión para el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos” (Amortegui, García, Guerrero, 2016). En este sentido, el análisis de la Huella Hídrica constituye una herramienta de planeación del manejo del recurso hídrico, que al añadirse al resto de indicadores que ya existen, brinda una visión más integral del impacto que tiene la

población humana en el ambiente y en los ecosistemas. También es útil para generar conciencia sobre el esfuerzo hídrico que implica nuestro estilo de vida, permitiendo conocer más a fondo la huella que tienen los patrones de consumo de una región o país en el sitio donde son producidos los bienes que son elaborados con grandes cantidades de agua.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), cada cuatro años, realiza el Estudio Nacional de Agua (ENA) que brinda una perspectiva de los recursos hídricos de toda Colombia en sus componentes de oferta, demanda, calidad y riesgos. Representa un documento fundamental para comprender las fases y procesos del ciclo del agua en Colombia, desde una visión completa que permita soportar acciones y estrategias adecuadas para la Gestión integral del agua y la Seguridad hídrica.

Dentro de este informe se encuentran cifras como: la participación sectorial porcentual de la demanda hídrica que para el 2020 se encuentra compuesta por un 43,25% de participación asociada a usos del sector agrícola (agricultura y post cosecha) y un 66,75% del total generado a partir de sectores no agrícolas (de hidroenergía, piscícola, doméstico, pecuario y sacrificio, minería, hidrocarburos, industria, servicios/oficial y construcción). El ENA (2022) dentro del Análisis sectorial de la demanda hídrica ubica al sector pecuario y de sacrificio en el quinto lugar en relación con los metros cúbicos gastados por año, manteniéndose a través de los años con variaciones poco significativas (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2023).

Partiendo de los párrafos anteriores se puede indicar que el análisis de la huella hídrica sería el primer paso para colaborar con el ecosistema y ser parte de la solución frente al uso adecuado y óptimo del agua. Colombia cuenta con información nacional

estructurada sobre el agua para tomar decisiones y focalizar acciones sectoriales y regionales de su gestión. La conservación de las características y la dinámica del agua dependen de la salud de los ecosistemas, del uso eficiente y del manejo responsable de los recursos naturales, no siendo una excusa el desconocimiento de las políticas de gobierno cuando la raíz de la responsabilidad sobre el manejo del agua inicia desde los hogares.

En este sentido, estimar y caracterizar situaciones o acciones en las cuales el gasto hídrico esté inmerso de forma directa dentro de un proceso productivo, identificando y gestionando de manera eficiente la mitigación del impacto ambiental con aproximaciones objetivas encaminadas a resolver, cambiar o establecer nuevas prácticas y manejos a largo plazo de estas actividades, es de gran relevancia para el mejoramiento del uso del recurso en las plantas de sacrificio.

En este trabajo se propone establecer la huella hídrica del área de víscera blanca porcina; tomando como área de estudio una Planta de beneficio animal de categoría Nacional ubicada en la ciudad de Bogotá D.C. que tiene como actividad el beneficio y desposte de animales de la especie bovina y porcina, calificados como aptos para el consumo humano. El análisis se enfocó en el área del proceso de la víscera blanca porcina donde se estimó el gasto de agua en un día de producción para obtener esta materia prima.

# CAPÍTULO I. PROBLEMA

## 1.1. Planteamiento del problema

Como habitantes de una comunidad se hace necesario reflexionar sobre la estrecha relación con el medio ambiente, por esto es importante conocer conceptos básicos esenciales en pro de la continuidad de la existencia y el desarrollo humano sostenible. Para la ONU y según lo definido en la Asamblea General de las Naciones Unidas en la Resolución 64/292 del 28 de julio de 2010 el agua es un derecho humano que debe ser sano, debe estar disponible, accesible, asequible, de calidad, seguro y aceptable (Sistema Argentino de Información Jurídica, 2010). Partiendo de este hecho se debe incluir dentro del lenguaje común el concepto de huella hídrica. ¿Qué es y cuál es su importancia e impacto?

El concepto de “huella hídrica” fue creado en 2002 y aparece por primera vez en el Manual de medición de la huella hídrica publicado por la Asociación Española de Normalización-AENOR. Allí se señaló que este es un indicador del uso de agua dulce que no se centra únicamente en el uso directo del agua por parte de un consumidor o productor, sino también en su uso indirecto. Se trata de un indicador integral multidimensional que muestra los volúmenes de consumo por origen y los volúmenes de contaminación por tipo de contaminación (Arjen, Ashok, Chapagain, Maite y Mesfin, 2021).

De esta manera se hace necesario proponer una transición hídrica sostenible e inclusiva que puede escasear por causas como el cambio climático y el aumento poblacional; por ello es sumamente importante dar a conocer el volumen que se utiliza para diferentes actividades, los riesgos que conlleva el mal uso, buscando la

participación, local y nacional en políticas sustentables ambientales y productivas, donde se involucren todos los sectores y comunidades del país.

Adicionalmente, es oportuno implementar y promover este indicador dentro de los proyectos de responsabilidad social y ambiental que conllevarían a proteger las cuencas hídricas y los ecosistemas, sumando así a la conservación ambiental mundial, mitigando los efectos del cambio climático, la deforestación y el uso indebido de los recursos naturales. La reflexión está en que de este vital elemento dependen todas las formas de vida existentes sobre el planeta tierra.

Según el Ranking Mundial de Biodiversidad publicado por el Instituto Humboldt, (2017), Colombia ocupa un primer lugar en especies de aves y orquídeas, un segundo puesto en riqueza de plantas, anfibios, mariposas y peces de agua dulce, un tercero en número de especies de palmas y reptiles y un cuarto lugar en mamíferos (Instituto Humboldt, 2017). Sin embargo, en temas de agua de acuerdo con datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, la cuarta parte del país sufre de sequía, siendo las zonas más pobladas donde el déficit es más marcado (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2024).

La discrepancia que existe entre la cantidad y la disponibilidad de agua para su uso se explica principalmente por la estacionalidad de las lluvias. La estación seca define realmente cuánta agua queda disponible para el consumo y la agricultura, cuando el agua que cae es menos que la que se evapora y la que usan las plantas, se habla de que existe un déficit y algún grado de aridez. Colombia, tal vez es un país muy rico en la variedad y cantidad de ecosistemas acuáticos, pero el agua disponible para el uso de la población es

otro asunto, para Leydi Tatiana Rojas columnista del periódico El tiempo, “el país está más cerca de ser deficitario que rico en agua” (El Tiempo, 2021).

## 1.2. Pregunta Problema

Teniendo en cuenta lo anterior y en aras de mejorar el uso del agua en las plantas de sacrificio, principalmente en lo que se refiere a procesamiento de vísceras, se planteó la siguiente pregunta problema: ¿Cuál es la estimación de la Huella Hídrica en una Planta de Beneficio Animal Porcina en el área de Viscera Blanca en una jornada de proceso?

## 1.3. Justificación

La escasez de recursos hídricos, la mala calidad del agua y el saneamiento inadecuado influyen negativamente en la seguridad alimentaria. Sumado a esto se ha observado que la sequía está afectando a los países más pobres del mundo, recrudeciendo el hambre y la desnutrición de sus habitantes. Según la Organización de las Naciones Unidas se estima que para 2050, al menos una de cada cuatro personas, probablemente viva en un país afectado por escasez crónica y reiterada de agua dulce (Organización de las Naciones Unidas, 2017).

Al tramitar el agua de forma sostenible, se mejora la gestión de la producción de alimentos y energía y se contribuye al trabajo digno y al crecimiento económico, además, se preservan los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad y se actúa contra el cambio climático que en la actualidad está afectando tan drásticamente a la humanidad.

Las vísceras de los animales destinadas al consumo humano son muy utilizadas y valoradas en la gastronomía ya que poseen sabores muy particulares que no se pueden encontrar en otros productos. Su utilización se remonta hasta el mismo momento en que inició el consumo de las diferentes carnes de origen animal y se popularizó ya que se

usaban como medios de conservación y protección de subproductos, dando origen a lo que hoy en día se conoce como embutidos. Al tener las vísceras un bajo valor comercial, ha permitido que en épocas de escasez se mantenga el consumo de proteínas a muy bajo costo, favoreciendo la economía de los hogares y manteniendo la cadena nutricional sugerida por especialistas.

Las vísceras se dividen en rojas y blancas. Las rojas son el hígado, el corazón, la lengua, la sangre, los pulmones (llamado “bofe”), el riñón y el bazo. Las blancas son los intestinos delgados (llamados “madejas”) y el estómago (llamado “buche”). Colombia es uno de los países donde se encuentra más variedad de platos con vísceras, se puede decir que cada región posee uno o más platos elaborados con esta proteína (Ministerio de Cultura, 2018).

En su libro “Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo”, Frederick Veall (Veall, 1993) reseña que todos los mataderos tendrán, por obligación, instalaciones para clasificar y limpiar los subproductos antes de someterlos a su tratamiento principal o postprocesos en otros lugares. El grado de elaboración de los productos comestibles depende de las exigencias de los mercados receptores. Su acondicionamiento generalmente se realiza a mano donde la demanda de tiempo y el manejo de los fuertes olores que de allí se expelen son imperantes. Se debe extraer de la víscera el alimento parcialmente digerido para posteriormente ser limpiado con abundante agua.

La normatividad sanitaria en Colombia estima que se debe contar con un almacenamiento de reserva de agua para un día de proceso en planta de beneficio animal porcina según la Resolución 240 de 2013 Art. 71 No 1 (Ministerio De Salud y Protección

Social, 2013). El tanque de almacenamiento debe ser construido o revestido en materiales que garanticen la potabilidad del agua con una capacidad mínima para operar durante un (1) día de proceso, a razón de 250 litros por animal, o una cantidad menor si cumple el objetivo de inocuidad del proceso y del producto. Este volumen es el requerido por animal por día de proceso para su óptimo beneficio sin sacrificar la inocuidad del producto que llegue a poner en riesgo la salud del consumidor.

En la actualidad, aunque en algunos trabajos académicos se ha contemplado el volumen promedio de agua por unidad de animal sacrificado en planta de beneficio, no se le ha dado la atención suficiente al agua utilizada en el procesamiento y lavado de víscera blanca destinada para consumo humano de manera puntual, toda vez que esta área de proceso cuando inicia sus labores abre sus llaves hasta el final de la jornada.

Es por ello por lo que se propone con este estudio establecer la Huella Hídrica en Planta de Beneficio Animal Porcino del área de Víscera Blanca en una jornada de proceso, esperando que con lo concluido se logre brindar una herramienta que conduzca al uso responsable y óptimo del agua y se aporte a los esfuerzos para mejorar la existencia del recurso hídrico en el planeta.

## CAPÍTULO II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Establecer la huella hídrica en una planta de beneficio animal durante el procesamiento de víscera blanca porcina.

### 2.2. Objetivos específicos

- Describir las fases asociadas al procesamiento de víscera blanca porcina en una planta de beneficio animal.
- Calcular el volumen de agua utilizado en el lavado de víscera blanca porcina en planta de beneficio durante un día de proceso, estimando el valor económico del volumen de agua (m<sup>3</sup>) utilizada.
- Analizar la relevancia entre la comercialización de la víscera blanca porcina y el gasto de agua utilizada en su procesamiento comprendiendo este último como un recurso natural limitado.

## CAPÍTULO III. MARCO REFERENCIAL

### 3.1. Antecedentes Investigativos

El desarrollo sostenible enmarcado en la triada: crecimiento económico, preservación del medio ambiente y bienestar social, es quizá la estrategia más exitosa para alcanzar el objetivo de subsistencia implícito en dicho desarrollo. Es por ello por lo que la producción y el consumo sostenible del recurso hídrico deben estar articulados para generar acciones que finalmente le permitan a la sociedad alcanzar quizá uno de los objetivos más relevantes del desarrollo sostenible: garantizar el acceso universal y equitativo al agua potable y a servicios de saneamiento e higiene-ODS 6 (Organización de las Naciones Unidas, 2023).

Partiendo de lo anterior se realizó una revisión del estado del arte en lo que se refiere a la huella hídrica, entendiéndolo como un indicador crucial para lograr dicho objetivo, pues se enfoca en garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. Es necesario comprender que la huella hídrica como herramienta para medir la cantidad de agua que se consume en diferentes sectores, como la agricultura, la industria y el hogar nos permite identificar áreas de mejora para reducir el desperdicio y optimizar el uso del agua. Así mismo, la huella hídrica puede ser un instrumento para fomentar la cooperación y la gobernanza en la gestión del agua, ya que requiere la participación de diferentes actores y sectores.

En este orden de ideas, el trabajo “Investigación y Recursos del Subsuelo”, publicado en el libro homenaje al profesor Fernando Pendás Fernández Gamaliel Martínez (2008), refiere que el reto actual consiste en utilizar el concepto de huella

hídrica para obtener mayores beneficios totales de las posibilidades hídricas de un país, reduciendo la presión sobre recursos propios (López, Loredó y Fernández, 2008).

Para ello los autores proponen acciones como adoptar técnicas que rompan la relación desarrollo económico y consumo. En el caso de la agricultura se plantea un mejoramiento en los sistemas de riego, en el caso de la ganadería y hogar validar la reutilización de aguas en actividades de limpieza, riego y organización y, como un aspecto que llama la atención en lo que se refiere a la producción de carnes, aunque de manera muy somera mencionan la necesidad de repensarse la cantidad de agua utilizada en las zonas de sacrificio, así como la promoción y reconocimiento a las medidas de ahorro a todos los que comercialicen productos que requieran el uso del agua en cualquier fase de producción (López, Loredó y Fernández, 2008)

Eric Rendon (2015) en la revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL, en su artículo “La huella hídrica como un indicador de sustentabilidad y su aplicación en el Perú”, muestra el estado del arte con respecto de la huella hídrica en el Perú, manifestando que este podría ser un indicador importante para la gestión adecuada del agua, principalmente en ecosistemas que presenten escasez del recurso hídrico, a razón de los cambios climáticos, incluyendo en su análisis las ventajas de incluir el indicador de huella hídricas en diferentes sistema del agua (Rendón, 2015).

En el 2017 se publica el libro “Huella hídrica en México: análisis y perspectivas” el cual permite que el lector conozca el estado actual del recurso hídrico en el mundo, las implicaciones del mal uso del agua, las consecuencias del cambio climático y sobre todo la necesidad de concebir nuevas formas de obtener y tramitar el agua principalmente en México. De esta manera los autores dan a conocer los componentes generales de la huella

hídrica, sus implicaciones en el ámbito mundial y su aplicación en regiones y productos específicos del país, con el fin de dar ejemplos que pueden ser aplicados en diferentes territorios del mundo (Vázquez y Lambarri, 2017).

A nivel nacional se encontró que el tema de la huella hídrica también ha sido abordado desde diferentes perspectivas. En tal sentido, el “Estudio nacional de huella hídrica Colombia sector agrícola” (2010), los autores muestran el posicionamiento de los diferentes sectores (sociedad civil, empresas y gobierno) frente al tema de la sostenibilidad del agua, esto mediante la conceptualización del indicador de huella hídrica.

Durante el estudio se buscó mostrar los impactos asociados al desarrollo de las actividades económicas y sociales en la sostenibilidad y disponibilidad del recurso hídrico, el cual es fundamental para el desarrollo social y económico del país. En particular, se pretende analizar individualmente cada uno de los componentes de la huella hídrica (huella verde, azul y gris), identificando el potencial de información que ofrecen en relación con sus impactos asociados a variables económicas, sociales y ambientales de los sectores productivos y consumidores de las zonas estudiadas (Arévalo, Lozano y Sabogal, 2010).

En el año 2015 el IDEAM publicó el documento “Evaluación Multisectorial de la Huella Hídrica en Colombia, Resultados por subzonas hidrográficas en el marco del Estudio Nacional del Agua 2014”. Este estudio analiza el impacto del uso del agua en diferentes sectores económicos del país, como el agropecuario, industrial, energético y petrolero, así como el componente doméstico. El estudio se enfoca en la cuantificación y evaluación de la huella hídrica azul y verde en estas áreas. Los resultados del estudio se

presentan por subzonas hidrográficas, lo que permite identificar las áreas con mayor impacto en la disponibilidad y calidad del agua.

Este estudio hace parte del Estudio Nacional del Agua 2014, que busca proporcionar información y conocimiento sobre el estado, dinámica e interacciones del agua con el medio natural y con la sociedad en Colombia en aras de aportar acciones que permitan el uso adecuado del agua y la optimización del recurso hídrico en acciones productivas (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2015).

En la Universidad de Manizales se realizó el estudio denominado “Estimación de la huella hídrica asociada al proceso de beneficio bovino de la cadena cárnica en los frigoríficos Vijagual y Jongovito (Colombia)”, el cual tuvo como objetivo estimar la huella hídrica en el proceso de beneficio bovino en dos frigoríficos colombianos: Vijagual S.A.S. en Bucaramanga y Jongovito S.A. en San Juan de Pasto.

Los resultados concluyeron que la huella hídrica total para el Frigorífico Vijagual fue de 2.583 l/res, mientras que para el Frigorífico Jongovito fue de 1.358 l/res. Frente a la realidad actual del recurso hídrico en el mundo y principalmente en lo que respecta a Colombia con este estudio se evidencia que es fundamental reducir el consumo de agua, mejorar los sistemas de tratamiento y concientizar a los operarios frente al uso responsable de la misma, todo ello en beneficio de las generaciones presentes y futuras (Zambrano, Montenegro y Reyes, 2018).

Otro de los estudios que se consideró dentro de los antecedentes investigativos fue el ejercicio realizado por Carlos Fernando Arenas en su trabajo de tesis para optar por el título de Magister en Ingeniería, denominado “Estimación de la huella hídrica que genera

a partir de la producción agrícola del cultivo predominante en la zona alta de la Cuenca de la Quebrada La Angula”.

A partir de la información recopilada, este estudio permitió definir la huella hídrica azul, verde y gris, que representan respectivamente el agua utilizada en la producción, la evaporación y la contaminación del agua. Los resultados del estudio permiten entender la cantidad de agua utilizada en la producción agrícola del cultivo predominante en la zona: la piña y la lima Tahití, lo que se espera pueda ser útil para la planificación y gestión sostenible del recurso hídrico en la región (Arenas, 2018).

En el estudio “Impacto Ambiental generado por las Plantas de Beneficio de Ganado Bovino en Colombia” realizado por Claudia Rendón para la Facultad de Ingeniería, la Universidad de Antioquia (Rendón Echeverri, 2020), se reseña la necesidad de atenuar los impactos ambientales generados en el proceso de beneficio animal bovino en Colombia mediante la implementación de estrategias y metodologías ambientalmente responsables y sostenibles en el tiempo que propendan al desarrollo del sector cárnico sin menguar el entorno ecológico de la región.

Según la autora, los mataderos municipales se construyeron hace muchos años con el ánimo de cubrir las necesidades alimentarias de las regiones, sin proyección futura del crecimiento de este tipo de industria y sin tecnología ni estándares de calidad que apuntaran a cumplir con la normatividad sanitaria ambiental por lo que su regulación se ha convertido en un proceso inconcluso afectando directamente los recursos naturales (Rendón Echeverri, 2020)

Se puede inferir que investigar y estudiar la huella hídrica a nivel mundial y para nuestro caso en Colombia, se ha convertido en un atractivo para diferentes profesiones,

pues como se mencionó anteriormente este puede ser el instrumento más idóneo para definir estrategias de preservación y disminución del consumo de agua, elemento vital para la humanidad y el cual cada vez es más escaso y menos sano.

*Tabla 1 Sistematización del estado del arte*

<b>TÍTULO DEL TRABAJO</b>	<b>AUTORES</b>	<b>AÑO</b>	<b>LIBRO/ REVISTA</b>	<b>SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS</b>
<b>Cumbre sobre los ODS 2023</b>	Organización de las Naciones Unidas	2023	Resumen de la cumbre	En la Cumbre sobre ODS 2023, el agua fue un tema importante en la discusión sobre el desarrollo sostenible. Agua y Desarrollo Sostenible; principalmente en tres aspectos: Acceso universal al agua, Gestión sostenible del agua e Inversión en infraestructura hídrica. Por otra parte, se destacan desafíos y oportunidades para mitigar la escasez de agua: y el impacto del cambio climático.
<b>Investigación y gestión de los recursos del subsuelo: libro homenaje al Profesor Fernando Pendás Fernández</b>	Juan López, Jorge Loredo y Loreto Fernández	2008	Investigación y gestión de los recursos del subsuelo: libro homenaje al Profesor Fernando Pendás Fernández	La investigación y gestión de los recursos del subsuelo es un tema complejo que requiere una comprensión integral de las ciencias geológicas, la ingeniería y la gestión de recursos naturales. El libro homenaje al profesor Fernando Pandas Fernández destaca la importancia de la investigación científica y la gestión sostenible de los recursos del subsuelo, incluyendo la exploración y explotación de recursos minerales, hídricos y energéticos. La gestión efectiva de los recursos del subsuelo requiere una planificación y coordinación cuidadosa entre diferentes disciplinas y actores, incluyendo científicos, ingenieros, políticos y comunidades locales. El libro enfatiza la necesidad de abordar los desafíos y oportunidades

<b>TÍTULO DEL TRABAJO</b>	<b>AUTORES</b>	<b>AÑO</b>	<b>LIBRO/ REVISTA</b>	<b>SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS</b>
				asociados con la gestión de los recursos del subsuelo de manera sostenible y responsable, considerando factores como la seguridad, el medio ambiente y el desarrollo económico. Se esboza como forma de validar el consumo del agua el concepto de la huella hídrica aplicada en diferentes sectores de consumo y gasto de agua.
<b>La huella hídrica como un indicador de sustentabilidad y su aplicación en el Perú</b>	Eric Rendón	2015	Saber y Hacer Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL Vol. 2, N° 1	El libro explora la huella hídrica como un indicador clave de sustentabilidad en el contexto peruano, analizando cómo este concepto puede ayudar a evaluar y gestionar el uso del agua en diferentes sectores y regiones del país. La huella hídrica se presenta como una herramienta útil para medir el impacto del consumo de agua en la disponibilidad de este recurso y en el medio ambiente, permitiendo identificar oportunidades para reducir el uso del agua y promover prácticas más sostenibles en la agricultura, industria y otros sectores.
<b>Huella hídrica en México: análisis y perspectivas</b>	Rita Vázquez y Javier Lambarri	2017	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua Paseo Cuauhnáhuac	El artículo analiza la huella hídrica en México, evaluando el impacto del consumo de agua en diferentes sectores y regiones del país. Los autores identifican áreas de alta presión hídrica y proponen estrategias para reducir la huella hídrica, destacando la importancia de la gestión sostenible del agua y la implementación de políticas públicas efectivas para abordar los desafíos hídricos en México y promover un uso más eficiente y responsable del agua.
<b>Estudio nacional de huella hídrica</b>	Arévalo, Lozano y Sabogal,	2010	Sostenibilidad,	El estudio evalúa la huella hídrica del sector agrícola en Colombia, analizando el uso del agua en la

<b>TÍTULO DEL TRABAJO</b>	<b>AUTORES</b>	<b>AÑO</b>	<b>LIBRO/ REVISTA</b>	<b>SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS</b>
<b>Colombia sector agrícola</b>	Diego, Juan y Javier		Tecnología y Humanismo	producción de diferentes cultivos y productos agrícolas. Los resultados muestran que la huella hídrica del sector agrícola en Colombia es significativa, y que algunos cultivos como el café, el arroz y el maíz tienen una alta demanda de agua. El estudio proporciona información valiosa para la gestión sostenible del agua en el sector agrícola colombiano y la identificación de oportunidades para reducir la huella hídrica y promover prácticas más eficientes y sostenibles.

Fuente: Elaboración propia con base en las referencias citadas.

### 3.2. Marco Teórico

Teniendo en cuenta el problema de estudio y después de analizar los antecedentes de la investigación, se considera relevante trabajar a partir de la categoría de Huella Hídrica, siendo esta considerada como un eje transversal en el proceso investigativo y a partir de la cual se definen conceptos que buscan responder la pregunta problema: ¿Cuál es la estimación de la Huella Hídrica en una Planta de Beneficio Animal Porcina del área de Viscera Blanca en una jornada de proceso?

Tal como lo muestran los estudios a nivel mundial se ha observado que el cambio climático se ha convertido en una constante lucha y preocupación, por esta razón los países han direccionado sus políticas y planes de gobierno para fortalecer, proteger y prevenir los daños sobre los ecosistemas, tratando de reducir considerablemente las emisiones atmosféricas, proteger los embalses y aumentar la producción de agua desde diferentes métodos, (Bárcena, Samaniego, Peres y Alatorre, 2020).

El concepto de "huella hídrica" (en inglés, "water footprint") fue acuñado por primera vez por el profesor Arjen Hoekstra, un experto en recursos hídricos y profesor de la Universidad de Twente en los Países Bajos. En 2011, Hoekstra publicó un artículo titulado "The water footprint of humanity" (La huella hídrica de la humanidad) en la revista científica "Proceedings of the National Academy of Sciences" (Hoekstra, 2011).

En este artículo, Hoekstra presentó por primera vez el concepto de huella hídrica como una medida del volumen de agua utilizada para producir un producto o servicio. Desde entonces, el concepto de huella hídrica ha sido ampliamente adoptado y utilizado en la investigación y la práctica para evaluar el impacto del uso del agua en diferentes sectores y actividades (Hoekstra, 2011).

Por otra parte, se ha observado que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y otros organismos internacionales también han adoptado el concepto de huella hídrica como una herramienta para promover la gestión sostenible del agua y reducir el impacto del uso de este recurso en el mundo. En la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua, realizada en Nueva York en marzo de 2023 se evidenció que a medida que crece la población mundial se genera una necesidad progresiva de conciliar la competencia entre las demandas comerciales de los recursos hídricos para que las comunidades tengan lo suficiente para satisfacer sus necesidades.

Por ello que en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ODS) en su objetivo 6, formulado por el Grupo de Trabajo Abierto de las Naciones Unidas, se plantea una misión ambiciosa, pero viable, para los dos próximos decenios: "Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos".

El agua potable y su saneamiento es, además, una cuestión de derechos, uno de los hitos recientes más importantes ha sido el reconocimiento por parte de la Asamblea General de las Naciones Unidas del derecho humano al agua y al saneamiento, allí se reconoció el derecho de todos los seres humanos a tener acceso a una cantidad de agua suficiente para el uso doméstico y personal, segura, aceptable y asequible (Organización de las Naciones Unidas, 2023).

La huella hídrica en resumen es un indicador que mide el volumen de agua utilizada, ya sea directa o indirectamente, para producir bienes y servicios, esta medida puede ser aplicable tanto a empresas, como a países o individuos y se compone de tres tipos distintos de agua en función de la fuente de la que proviene: huella hídrica verde, huella hídrica azul, y huella hídrica gris (Pacto Mundial Red España, 2024). La Tabla 2 muestra los tipos de Huella Hídrica y cómo se calculan.

**Tabla 2 Tipos de Huella Hídrica y cómo se calcula**

<b>HUELLA HÍDRICA</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>CÁLCULO</b>	<b>FÓRMULA MATEMÁTICA (Segui, García y Guerrero, 2016)</b>
<b>Huella hídrica azul HHA</b>	Representa el volumen de agua de precipitación que es evaporada en el proceso productivo o incorporada en un producto	Se calcula a partir del uso consuntivo de agua dulce superficial y subterránea	$WF_{\text{proc. blue}} = \text{BlueWaterEvaporation} + \text{BlueWaterIncorporation} + \text{LostReturnFlow}$ [Volumen /Tiempo]
<b>La huella hídrica verde (HHV)</b>	Se define como el volumen de agua dulce extraída de un cuerpo de agua superficial o subterránea y que es evaporada en el proceso productivo	Se calcula a partir de la cantidad de agua utilizada por los cultivos. Se considera el tipo de cultivo, las condiciones climáticas y las	$WF_{\text{proc. green}} = L/C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}$ [Volumen /Tiempo]

<b>HUELLA HÍDRICA</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>CÁLCULO</b>	<b>FÓRMULA MATEMÁTICA (Segui, Garcia y Guerrero, 2016)</b>
	o incorporada en un producto o servicio	prácticas de riego	
<b>la huella hídrica gris (HHG)</b>	Es el indicador del nivel contaminación del agua dulce derivado de la totalidad del proceso productivo y de comercialización de un producto	Se calcula a partir del nivel de contaminación del agua. Se identifica los procesos antrópicos que devuelven parte del agua usada en forma de vertimiento con una calidad diferente al agua captada.	$WF_{\text{proc. grey}} = \text{GreenWaterEvaporation} + \text{GreenWaterIncorporation}$ <p>[Volumen /Tiempo]</p>
<b>Huella Hídrica de producto</b>	Es un indicador que mide el volumen de agua dulce que se utiliza para su producción. Es un indicador ambiental que se utiliza para cuantificar el impacto de las actividades humanas en los recursos hídricos	En un sistema de producción simple, la Huella Hídrica de producto p (volumen / masa) es igual a la suma de las aguas de proceso pertinentes huellas dividido por la cantidad de producción del producto	$WF_{\text{prod [p]}} = \frac{\sum_{s=1}^k WF_{\text{prod [s]}}}{P_{[p]}}$ <p>[Volumen /Masa]</p>
<b>Huella Hídrica de un consumidor</b>	La huella hídrica de un consumidor es el volumen de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios que consume. Es un indicador ambiental que permite medir el impacto de las	La Huella Hídrica de un consumidor (WFcons) se calcula sumando su Huella Hídrica directa e indirecta. La Huella Hídrica	$WF_{\text{cons}} = WF_{\text{cons.dir}} + WF_{\text{cons.indi}}$ <p>[Volumen /Tiempo]</p>

<b>HUELLA HÍDRICA</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>CÁLCULO</b>	<b>FÓRMULA MATEMÁTICA (Segui, Garcia y Guerrero, 2016)</b>
	actividades humanas.	directa se refiere al consumo de agua y su contaminación que se relaciona con el uso del agua en el hogar o en el jardín. La Huella Hídrica indirecta se refiere al consumo de agua y contaminación de las aguas que pueden estar asociados con la producción de los bienes y servicios consumidos por el consumidor	
<b>Huella Hídrica de un área geográfica delimitada</b>	Es el volumen de agua dulce que se utiliza para producir bienes y servicios en esa zona. Es un indicador ambiental que permite medir el impacto de las actividades humanas en el uso del agua	La Huella Hídrica dentro de un área geográficamente delimitada (WF <sub>área</sub> ) se calcula como la suma de las Huellas Hídricas de proceso de todos los procesos que consuman agua en el área	$WF_{\text{área}} = \sum WF_{\text{proc [q]}}$ <p>[Volumen /Tiempo]</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de Fuentes Peres (2018).

Para la cuantificación de la huella hídrica, se parte de la identificación y caracterización de los procesos antrópicos que afectan la cantidad de agua verde o de

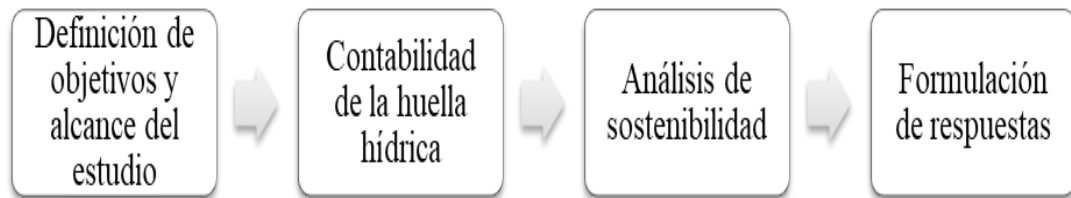
agua azul, lo que da origen a dos huellas hídricas: la huella hídrica azul y la huella hídrica verde. El componente que muestra la afectación en términos de calidad del agua identifica los procesos antrópicos que devuelven parte del agua usada en forma de vertimiento con una calidad diferente al agua captada antes del proceso, dando origen a una reducción de la disponibilidad por afectación de la calidad del agua, lo que genera una huella hídrica gris (Corporación Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia – CTA, 2015).

En la actualidad existen calculadoras de la huella hídrica que permiten estimar la cantidad de agua en la vida de un ser humano promedio como por ejemplo la 'Water Footprint Calculator', de la GRACE Communications Foundation, que trabaja con estándares de los EE. UU. (<https://watercalculator.org/?cid=1408>) o la 'Personal water footprint calculator', de Water Footprint Network, que emplea métrica internacional (<https://www.waterfootprint.org/resources/interactive-tools/personal-water-footprint-calculator/>) (Banco Bilbao Vizcaya Argentaria Sostenible, 2025).

Estas herramientas consultan aspectos cotidianos de consumo como tiempo que te demoras en la ducha, cuantas veces lavas ropa, el número de veces que lavas trastes, la cantidad de tiempo que dejas la llave del lavamanos o lavaplatos para una labor de limpieza, cuantas veces lavas tu vehículo, cada cuanto baña a tu mascota, entre otros aspectos. (Aquae Fundación, 2024)

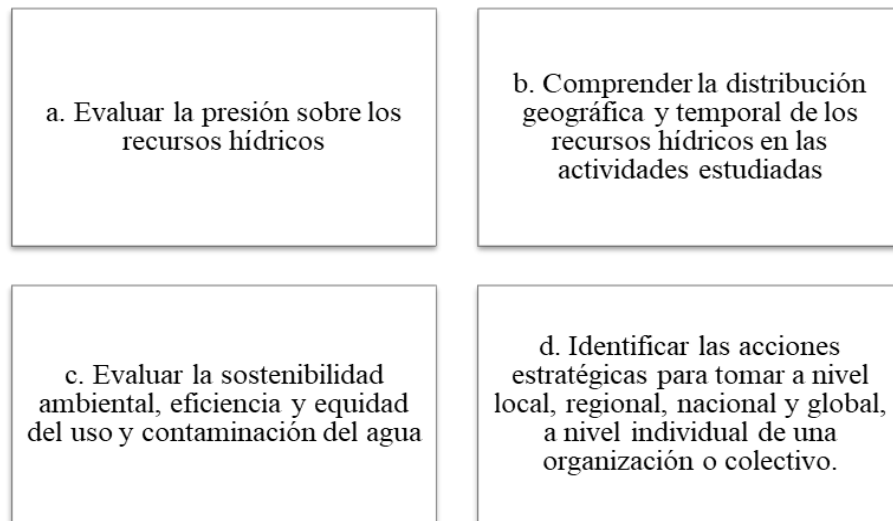
Como metodología, el estándar global de huella hídrica comprende cuatro fases de análisis (Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA, 2013):

***Ilustración 1 Fases de Análisis medida HH estándar global (diseño propio)***



Mediante estas fases, el estándar permite:

***Ilustración 2. Logros al aplicar la metodología estándar HH (diseño propio)***



Por otro lado, la Huella Hídrica se presenta como una herramienta que ofrece resultados desde un punto de vista diferente al tradicional, ya que enriquece el proceso de toma de decisiones y ayuda a visualizar variables, antes ocultas, permitiendo avanzar en la búsqueda de un escenario con un recurso sostenible desde la explotación, la distribución y el acceso (Arévalo, Lozano y Sabogal, 2010).

En un estudio realizado por la Universidad de Almería, España, sobre Huella Hídrica (HH) y sostenibilidad del uso de los recursos hídricos, concluyeron que para la

reducción de la HH de una región o de un país se deben trabajar en tres aspectos fundamentales:

“Romper la relación directa entre el crecimiento económico y el consumo de agua (disociación), mediante la adopción de técnicas de producción más eficientes en el uso del recurso hídrico, cambiar los patrones de consumo reduciendo el consumo de productos con altos requerimientos hídricos, en especial de la carne y trasladar la producción a las zonas con alta productividad hídrica, de manera que se incremente la eficiencia global del uso del agua” (Tólon, Bolívar y Fernández, 2013).

Otro método para evaluar los impactos que una actividad, producto o empresa tiene sobre los recursos hídricos es la Huella de Agua (HA) este es un indicador de sostenibilidad basado en la Norma ISO 14046:2014 que establece una metodología para la evaluación del uso del agua de productos, procesos y organizaciones, a partir del análisis de su ciclo de vida.

Según la metodología definida por la norma, la evaluación de ésta se debe hacer en 5 fases: Definición del objetivo, alcance de la medición, análisis del inventario, evaluación del impacto de la huella del agua e interpretación de resultados. Esta metodología hace que el indicador de la huella de agua sea el más apto para los sectores productivos, pues arroja resultados cercanos al ciclo de vida del agua (CVA) de principio a fin (EsAgua, 2022).

La huella de agua se destaca por su enfoque y viabilidad en el cálculo, por lo tanto, parece ser la opción más probable para que las empresas evalúen el impacto de sus actividades en el recurso hídrico. Este enfoque es más integral que el de la huella hídrica,

ya que permite sacar conclusiones más sólidas, pues la evaluación requiere indicadores que consideren no solo los efectos sobre la disponibilidad y escasez de agua, sino también otros indicadores que determinen el impacto ambiental del uso del recurso hídrico, además, que considera el impacto del agua en la salud humana, los recursos naturales y los ecosistemas (ISM Instituto Superior Del Medio Ambiente, 2023).

Así pues, se aclara que la Huella de Agua no es igual a la Huella Hídrica, ya que se calculan a través de dos metodologías diferentes y que ofrecen perspectivas distintas en la evaluación del uso del agua. Independientemente de la metodología utilizada para calcular el consumo de agua, es fundamental revisar cada paso de la cadena de producción y suministro para garantizar resultados objetivos en el propósito final que es generar estrategias para el consumo sostenible del recurso hídrico (Repsol, 2023).

Después de validar el concepto de huella hídrica y huella de agua, se revisó el significado y contexto teórico del concepto agua virtual, este fue establecido en 1993 y de la mano con el del huella hídrica originó una visión global encaminada hacia el cambio de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, sus políticas agropecuarias y comerciales a nivel mundial las cuales propendan a reflexionar sobre la trascendencia de trabajar ampliamente la relación entre la comercialización de agua virtual, la escasez de agua y la soberanía alimentaria (Chantre, 2018).

El agua virtual (AV) se define como el volumen de agua requerido para producir un bien o un servicio, este concepto fue introducido por John Anthony Allan quien realizó un análisis sobre la importancia del AV en la producción de bienes en países del Medio Oriente, Allan sostuvo que exportar productos con altos requerimientos hídricos es equivalente a exportar agua. De esta manera, el país importador puede ahorrar agua

nacional y destinarla a otros usos, ya que no necesita utilizarla para producir el producto en cuestión (Tólon, Bolívar y Fernández, 2013).

Ahora bien, después de abordar los conceptos primarios, hablaremos de la relación entre comida y agua, sin suficiente agua, los cultivos no pueden crecer, pues el riego es vital para la producción que emana de la tierra. Tal como lo muestra el informe “Afrontar la escasez de agua. Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria” presentado por la FAO en el 2013, la agricultura es el mayor consumidor de agua dulce disponible en todo el planeta Tierra, utilizando casi el 70% de todas las extracciones a nivel mundial; el uso del agua interviene en todas las etapas de la cadena de producción de alimentos, desde el crecimiento de los cultivos hasta la cosecha, el procesamiento, el envasado y el transporte de alimento (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2013).

De la misma manera que se calcula la huella hídrica personal, la huella hídrica total de un alimento es la cantidad total de agua dulce utilizada para llevarlo de la granja al plato. La principal brecha en alimentación la marca aún la producción de alimentos cárnicos frente a los vegetales, los expertos dan por acreditado que para producir un kilo de lentejas sólo se necesitan 1.250 litros de agua frente a los 13.000 que requiere la misma cantidad de carne de vacuno (Delgado, 2021).

Reducir la presión sobre los recursos hídricos en la producción de alimentos es uno de los retos añadidos al desafío global de alimentar a una creciente población mundial que, según datos de la FAO, en 2050 podría aumentar hasta cerca de 10.000 millones de habitantes (EsAgua, 2023).

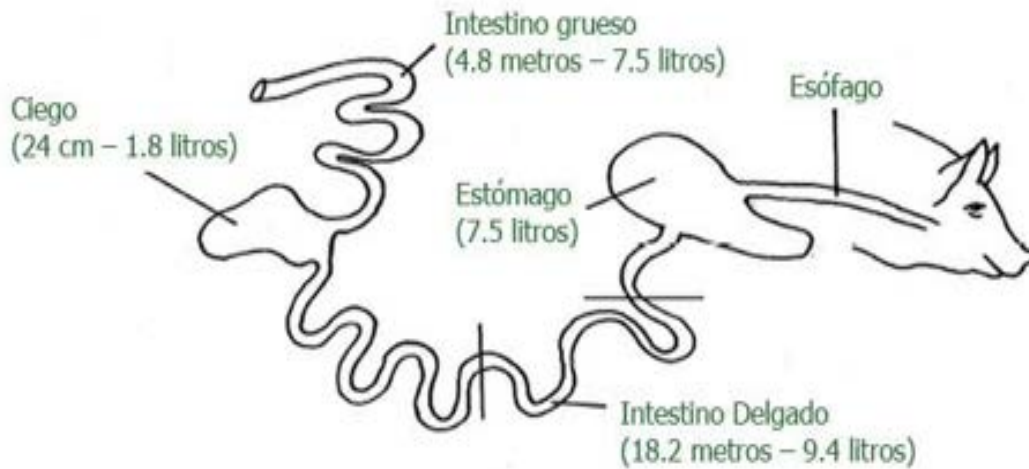
El impacto directo del agua en los procesos industriales de alimentos no solo debe estar encaminado a la producción e inocuidad si no a la protección misma de este recurso, por tanto, realizar contribuciones diarias a mitigar el impacto ambiental en cuanto a su uso racional y contaminación es un reto para los profesionales que dirigen distintas áreas administrativas y de producción de una industria (Chiatchoua, Neme y Valderrama, 2021).

Teniendo en cuenta que la presente investigación se desarrolla en una planta de sacrificio animal de la especie porcina, específicamente el área del procesamiento de la víscera blanca, la cual implica una demanda importante de agua, se revisaran teóricamente el proceso industrial de ésta analizando si el proceso productivo de adecuación de este subproducto destinado para consumo humano se debe más a un patrón cultural debido a los distintos usos que se le da en la industria de embutidos para la fabricación de rellena, longaniza, butifarras, chorizo entre otros, y su costo beneficio refiriéndose al valor comercial de este subproducto versus el valor comercial del agua.

La víscera blanca tiene varios usos industriales, este tipo de subproducto proviene de los intestinos delgado y grueso de distintas especies, pero este estudio se enfoca en la especie porcina, subproducto que deberá provenir de animales sanos, sacrificados en plantas de beneficio y bajo inspección veterinaria.

Se considera entonces necesario conocer sobre la anatomía del sistema digestivo del porcino, principalmente de los intestinos delgado y grueso de donde se producen diferentes tipos de cárnicos. La Ilustración 3 muestra la conformación anatómica del sistema digestivo del cerdo.

*Ilustración 3. Conformación anatómica del sistema digestivo del cerdo.*



Fuente: (El Sitio Porcino, 2014)

El intestino delgado del cerdo se divide en de 3 secciones duodeno, yeyuno e íleon y es el lugar principal de absorción de nutrientes, este segmento tiene un diámetro aproximado de 18 metros en su contorno interior dispone de una serie de proyecciones microscópicas (vellosidades) que permiten la absorción de los nutrientes de los alimentos que han sido digeridos por el estómago (Borda, 2005).

La función principal del intestino grueso es absorber agua y tiene una longitud aproximada de 5 metros, conformándose por el ciego, que tiene forma de saco donde se digiere la fibra, el colon de forma de espiral y termina en el recto, donde se acumulan las heces (Borda, 2005).

En Colombia, a razón del consumo continuo de estos productos, desde el año 1983, el Gobierno Nacional estableció por medio del Decreto 2162, el reglamento para la elaboración, procesamiento, transporte y expendio de los productos cárnicos procesados, con el fin de que los establecimientos dedicados a producirlos implementaran

condiciones sanitarias adecuadas que garantizaran la inocuidad, salvaguardando la salud de los consumidores (Pork Colombia, 2020).

Esta parte de la víscera blanca es denominada tripa en el argot popular de la industria de alimentos de embutidos, donde la tripa desempeña un papel importante en el proceso de producción de estos tipos alimentos, toda vez que permiten mantener la forma y consistencia de estos, de igual manera facilita el tratamiento de calor, secado y/o maduración otorgando una cocción uniforme y retengan sus jugos y sabores (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 1993).

Existen diferentes tipos de tripas para la elaboración de embutidos y de ello depende su uso. En la tabla 3 se describen los tipos de tripa para la elaboración de embutidos.

**Tabla 3. Tipos de Tripa para la elaboración de embutidos**

<b>TIPOS DE TRIPA</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<b>TRIPA NATURAL</b> <b>Tripa Natural</b> <b>proveniente del</b> <b>tracto digestivo</b> <b>de los animales</b>	Proporciona un sabor y aroma auténtico y tradicional a los embutidos.	Es más difícil de trabajar que las tripas artificiales, ya que no tienen una forma uniforme y pueden tener agujeros.
	Permite una excelente permeabilidad del humo, lo que aporta un sabor ahumado característico.	Es más frágil y puede romperse durante la elaboración del embutido.
	Es totalmente comestible y no deja residuos en el producto final.	Requiere de un proceso de limpieza y desinfección exhaustivo antes de su uso.
<b>TRIPA DE COLÁGENO</b>	Es fácil de trabajar y tiene una forma uniforme, lo que facilita la producción en grandes cantidades.	No proporciona sabor ni aroma típico de la tripa natural.

<b>TIPOS DE TRIPA</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<b>Tripa artificial que se elabora a partir de colágeno de origen animal.</b>	Es resistente y no se rompe con facilidad durante la elaboración del embutido.	Al ser permeable el producto se puede deshidratar.
	Es más económica que la tripa natural.	Da una característica más industrial a los embutidos terminados.
	Son comestibles y permeables al ahumado	
<b>TRIPA DE POLIAMIDA Tripa artificial que se elabora a partir de una combinación de polímeros</b>	Es más resistente y no se rompe con facilidad durante la elaboración del embutido.	No proporciona un sabor ni un aroma auténtico a los embutidos.
	Es fácil de trabajar y tiene una forma uniforme, lo que facilita la producción en grandes cantidades.	No es comestible y debe retirarse antes de consumir el producto final.
	Permite la permeabilidad del humo, lo que aporta un sabor ahumado característico a los embutidos.	Es más costosa que la tripa de colágeno.

Fuente: Elaboración propia a partir de Mitú Alimentaria (2023).

Para validar de manera tangible la propuesta de investigación se hace necesario comprender que es una planta de sacrificio. Se denomina planta de sacrificio, a las instalaciones donde se realiza el sacrificio de animales, esta labor comprende varias actividades: insensibilización, sangrado, desollé, evisceración, deshueso, despresado o desposte, procesamiento de vísceras y procesamiento de subproductos. Es importante tener presente que los subproductos no comestibles del animal se transforman en productos industriales que tienen un valor importante como son: sangre, sebo, hueso, rumen (Frigotec, 2013).

En Colombia, las plantas de beneficio animal están sujetas a una regulación estricta por parte de varias entidades gubernamentales. Estas regulaciones están establecidas a través de diferentes decretos y resoluciones que buscan garantizar la

seguridad y calidad de la carne, así como la protección de la salud pública. Los aspectos que cubren estas normativas incluyen requisitos sanitarios, condiciones de infraestructura adecuadas, control de la calidad de la carne y la supervisión de toda la cadena productiva. Todo esto con el fin de asegurar que los procesos sean seguros, eficientes y cumplan con los estándares nacionales e internacionales.

**Tabla 4 Marco Legal Colombiano para las plantas de beneficio**

<b>NORMATIVA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>FUENTE</b>
<b>Ley 9 de 1979</b>	“Por la cual se dictan Medidas Sanitarias”.	Código Sanitario Nacional
<b>Decreto 2278 de 1982</b>	“Por el cual se reglamenta parcialmente el título V de la ley 09 de 1979 en cuanto al sacrificio de animales de abasto público para consumo humano y el procesamiento, transporte y comercialización de carne”.	Presidencia de la Republica.  Derogado por el art. 98, Decreto Nacional 1500 de 2007
<b>Decreto 1036 de 1991</b>	“Por el cual se subroga el Capítulo 1 del Título 1 del Decreto Número 2278 de agosto 2 de 1982”.	Ministerio De Salud
<b>Resolución 1164 de 2002</b>	“Por la cual se adopta el Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de los residuos hospitalarios y similares”.	Ministerio de Ambiente.
<b>Ley 1122 de 2007</b>	“Por la cual se hacen algunas modificaciones en el Sistema General de Seguridad Social en Salud y se dictan otras disposiciones.”	Congreso de la república.  Ministerio de protección social
<b>Decreto 1500 de 2007</b>	“Por el cual se crea el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la carne, Productos Cárnicos Comestibles y Derivados cárnicos, destinados para el consumo humano y los requisitos sanitarios y de inocuidad que se deben cumplir en su producción primaria, beneficio, desposte, desprese, procesamiento, almacenamiento, transporte, comercialización, expendio, importación o exportación y sus reglamentos complementarios.”	Ministerio de Salud y Protección Social.

NORMATIVA	DESCRIPCIÓN	FUENTE
<b>Decreto 1575 de 2007</b>	“Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano”.	Ministerio de Ambiente
<b>Resolución 2115 de 2007</b>	“Por medio de la cual se señalan características, instrumentos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano”.	Ministerio de protección social, ambiente y desarrollo territorial
<b>Decreto 3930 de 2010</b>	“Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI –Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.	Ministerio de Ambiente
<b>Decreto 2270 de 2012</b>	“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”	Ministerio de Salud y Protección Social.
<b>Resolución 1229 de 2013</b>	“Por la cual se establece el modelo de inspección vigilancia y control sanitario, para los productos de uso y consumo humano”.	Ministerio de Salud y Protección Social.
<b>Resolución 240 de 2013.</b>	“Por la cual se establecen los requisitos sanitarios para el funcionamiento de las plantas de beneficio animal de las especies bovina, bufalina y porcina,	Ministerio de Salud y Protección Social.
<b>Resolución 2013005726 de 2013</b>	“Por la cual se reglamenta el procedimiento para la elaboración, ajuste y seguimiento de los Planes Graduales de Cumplimiento de las plantas de beneficio animal, desposte y desprese y se establecen los requisitos para el proceso de Autorización Sanitaria y Registro de estos establecimientos”	Invima
<b>Resolución 2013010990 de 2013.</b>	“Por la cual se modifica la Resolución No 2013005726 del 6 de marzo	Invima
<b>Resolución 2013010990 de 2013</b>	“Por la cual se modifica la Resolución No 2013005726 del 6 de marzo de 2013 que reglamentó el procedimiento para la elaboración, ajuste y seguimiento de los Planes Graduales de Cumplimiento de las plantas de beneficio animal, desposte y desprese y se establecen los requisitos para los procesos de Autorización Sanitaria y Registro de estos establecimientos”.	Invima
<b>Resolución 3753 de 2013.</b>	“Por la cual se definen los lineamientos técnicos para la formulación de planes de acción de inspección, vigilancia y control de la carne y productos	Ministerio de Agricultura y

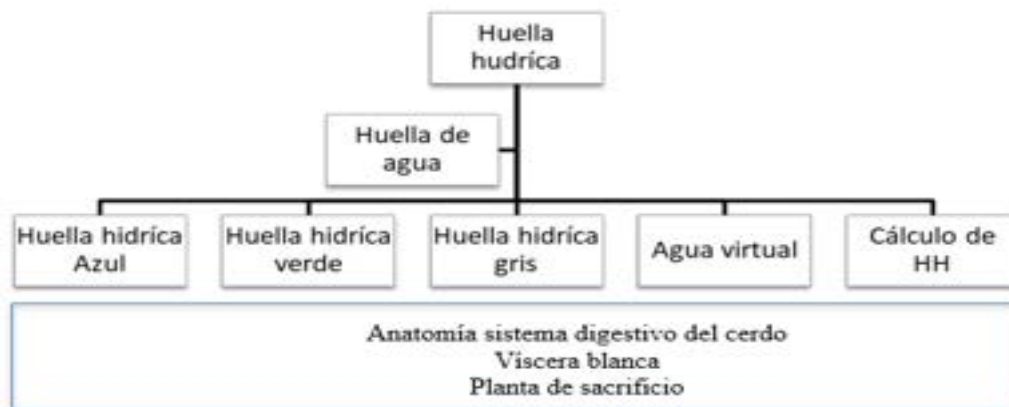
NORMATIVA	DESCRIPCIÓN	FUENTE
	cárnicos comestibles a lo largo de la cadena y se dictan otras disposiciones”.	desarrollo rural  ministerio de salud y protección social.
<b>Decreto 351 de 2014.</b>	“Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades	Ministerio de salud y protección social, ambiente y desarrollo sostenible.
<b>Decreto 1282 de 2016.</b>	“Por el cual se establece el trámite para la obtención de la autorización sanitaria provisional y se dictan otras disposiciones”.	Ministerio de Salud y Protección Social.
<b>Resolución 2016037870 de 2016</b>	“Por la cual se establece el procedimiento para la asignación de inspectores auxiliares como apoyo del inspector oficial en plantas de beneficio animal”.	Invima
<b>Resolución 2016037912 de 2016</b>	“Por el cual se establecen los lineamientos para la inscripción y autorización sanitaria ante el Invima, de los establecimientos acondicionadores de carne y productos cárnicos comestibles”.	Invima.
<b>Decreto 1975 de 2019.</b>	“Por el cual se Adoptan Medidas en Salud Pública en relación con las Plantas de Beneficio Animal, de desposte y de desprese y se dictan otras disposiciones”.	Ministerio de Salud y Protección Social.
<b>Resolución 2019049081 de 2019.</b>	"Por la cual se establecen los lineamientos para la emisión del concepto sanitario en plantas de beneficio, desposte y desprese por parte del INVIMA, y para expendio, distribución, almacenamiento y transporte de carne y/o productos cárnicos comestibles por parte de los Entes Territoriales de Salud y se dictan otras disposiciones."	Invima.
<b>Resolución 2019055962 de 2019.</b>	"Por la cual se adopta la guía de transporte y destino de la carne y productos cárnicos comestibles provenientes de plantas de beneficio, desposte, desprese, acondicionamiento, de establecimientos de almacenamiento y/o distribución e importadores de carne y productos cárnicos comestibles”	Invima.
<b>Resolución 2020037814 de 2020.</b>	“Por la cual se modifica la Resolución 2019049081 de 2019, mediante la cual se establecen los lineamientos para la emisión del concepto sanitario en plantas de beneficio, desposte y desprese por parte del Invima, y para el expendio,	Invima.

NORMATIVA	DESCRIPCIÓN	FUENTE
	distribución, almacenamiento y transporte de carne y/o productos cárnicos comestibles por parte de los Entes Territoriales de Salud y se dictan otras disposiciones”	

Fuente: Elaboración propia.

A manera de síntesis, la Ilustración 4 muestra los principales conceptos incluidos en esta sección.

***Ilustración 3. Categorías de investigación (diseño propio)***



Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

### 4.1. Diseño metodológico

#### **4.1.1. Línea de Investigación**

Este trabajo se incluye dentro de la línea de investigación de Desarrollo Sostenible, donde el recurso hídrico en planta de beneficio animal para abasto público es el actor principal dentro de esta industria alimentaria. El Ministerio de Ciencias de Colombia en el año 2016 indicó que somos un país megadiverso que hospeda un importante índice de biodiversidad del planeta, por eso es importante reconocer los privilegios que con ello trae y lo que origina para el sostenimiento de la calidad de vida de los seres humanos su desarrollo social y económico (Ministerio de Ciencias, 2016).

En la Agenda para el Desarrollo Sostenible de la ONU se plantean los 17 objetivos para las personas y el planeta resaltando la importancia de abordarlos de manera integral y conjunta como un llamado a la gestión mundial para erradicar la pobreza y resguardar el planeta garantizando la paz y la prosperidad. El acceso al agua potable, el saneamiento y la higiene representan la necesidad humana más básica para el cuidado de la salud y el bienestar, el objetivo 6 del Desarrollo Sostenible se refiere al Agua Limpia y Saneamiento donde “El agua debe ser libre de impurezas y accesible para todos”, el uso eficiente de los recursos hídricos, las intervenciones en infraestructuras e instalaciones de saneamiento, la protección y el restablecimiento de los ecosistemas relacionados con el agua, así como la educación en materia de higiene son claves para disminuir el estrés hídrico (Organización de las Naciones Unidas, 2023).

#### **4.1.2. Enfoque de investigación**

De acuerdo con Tamayo (2004) y comprendiendo que un enfoque de investigación es una estrategia que se utiliza para abordar un problema de investigación de manera sistemática y rigurosa, para el presente estudio se consideró que el enfoque de investigación más apto es del cuantitativo-experimental que se centra en la recopilación y análisis de datos numéricos para probar la efectividad de una intervención (Tamayo, 2004), específicamente el indicador de huella hídrica en Planta de Beneficio Animal durante el procesamiento de Viscera Blanca Porcina.

Lo anterior se da gracias a la comprensión de las características del enfoque cuantitativo que se centran en: ser objetivo y evitar la subjetividad en la recopilación y análisis de datos, permitir el uso de la medición para recopilar datos numéricos que puedan ser analizados estadísticamente a partir de técnicas para identificar patrones, tendencias y relaciones y conducir a la generalización de resultados para que pueden ser aplicadas a otras poblaciones similares (Ñaupas, Mejía, Novoa y Villagómez, 2014).

Al ser la investigación cuantitativa utilizada para comprender frecuencias, patrones, promedios y correlaciones, al permitir entender relaciones de causa y efecto, hacer generalizaciones, probar o confirmar mediante un análisis estadístico. Esto aprueba definir la huella hídrica en la producción de embutidos con víscera blanca de manera precisa y objetiva y mostrar los resultados expresados en números o gráficos, tal como lo define el enfoque (Creswell, 2014).

#### **4.1.3. Tipo de investigación**

A partir del enfoque cuantitativo y retomando lo definido por Hernández Sampieri et al. (2014) en su libro Metodología de la Investigación 6ª Edición, el diseño de la

investigación es la forma en que el investigador formulará de manera práctica las maneras en la que responderá la pregunta problema y alcanzará los objetivos planteados en el estudio.

En este orden de ideas y teniendo en cuenta la pregunta problema de investigación: ¿Cuál es la estimación de la Huella Hídrica en Planta de Beneficio Animal para el procesamiento de Víscera Blanca Porcina durante una jornada de proceso? Se propone el tipo de investigación analítico – descriptiva, la unión de estos dos tipos permitió llegar a la posible respuesta del cuestionamiento investigativo.

En el caso de la investigación descriptiva esta permite la descripción de variables en un grupo de sujetos durante un periodo de tiempo, se basa en preguntas de investigación y no tiene una hipótesis, se utiliza para comprender las condiciones prevalecientes y los patrones del objeto de estudio y se utiliza para abordar problemas prácticos sin manipular variables o realizar experimentos controlados. Por otro lado, la investigación analítica, analiza comparativamente grupos de sujetos, divide la realidad en sus partes más elementales para descubrir y construir los objetos de conocimiento, parcializa y segmenta el objeto de investigación de lo más simple a lo más complejo (Universidad Veracruzana, 2014).

La investigación analítica – descriptiva es utilizada comúnmente en negocios y procesos de producción, permite analizar y comprender grandes volúmenes de datos que le apuntan a responder a la pregunta "¿qué pasó o qué está ocurriendo?", también ayuda a optimizar operaciones, refinar estrategias y personalizar experiencias; todo ella debido a que admite almacenar y realizar agregaciones de datos históricos, visualizándolos de

forma que puedan ayudar a la comprensión del estado actual y pasado del negocio o sistema de producción (Instituto de Ingeniería del Conocimiento., s.f.).

#### **4.1.4. Paradigma de investigación**

El enfoque cuantitativo de investigación se inscribe en la tradición positivista y empirista de la investigación científica pues como ya se mencionó se centra en la recopilación y análisis de datos numéricos para responder a preguntas de investigación y probar hipótesis (Babbie, 2013).

El paradigma tradicional positivista y empirista de la investigación científica es un enfoque que se basa en la idea de que la realidad puede ser estudiada y comprendida a través de la observación y la medición de los fenómenos naturales. Los principios del positivismo son: el conocimiento se basa en la experiencia, la realidad es objetiva y la verdad se puede demostrar (Hernández Sampieri et al., 2014).

Se espera que con la implementación de la mano con el tipo y enfoque de investigación, el paradigma tradicional positivista y empirista, permita dilucidar los resultados de la aplicación de la Huella Hídrica en Planta de Beneficio Animal categoría Nacional ubicada en la ciudad de Bogotá durante el procesamiento de Viscera Blanca Porcina, aportando de esta manera el dato exacto de consumo de agua durante todo el proceso de producción y definiendo la imperante necesidad de implementar estrategias que procuren un menor consumo del recurso hídrico para aportar la sostenibilidad del planeta.

#### **4.1.5 Población y muestra**

El presente estudio se llevó a cabo en una Planta de Beneficio Animal Porcina, de categoría Nacional, legalmente constituida y vigilada por la autoridad sanitaria

competente, ubicada en la ciudad de Bogotá y fuente de abastecimiento importante de carne y subproductos cárnicos comestibles de la ciudad de Bogotá y algunas otras ciudades principales del país.

El trabajo se realizó con el apoyo del Ingeniero Medio Ambiental y su equipo de supervisores quienes con su colaboración y apoyo permitieron la medición y toma de muestras dentro del área de producción.

El objeto de estudio para esta investigación fue la materia prima inicial, vísceras blancas del porcino, siendo esta área de proceso donde se realizó la medición del consumo de agua utilizada para el lavado y limpieza de la víscera llevándola a la utilidad final que en este caso son los embutidos o consumo directo.

#### **4.1.6. Fases de la investigación**

Siguiendo la propuesta de Martí (2017) la investigación se fundamenta en tres fases a saber:

- Calcular el volumen de agua utilizado en el lavado de víscera blanca porcina en planta de beneficio durante un día de proceso, estimando el valor económico del volumen de agua (m<sup>3</sup>) utilizada.
- Analizar la importancia económica y social de la comercialización de la víscera blanca porcina destinada para consumo humano versus su direccionamiento final a usos industriales.
- Discutir la relevancia entre la comercialización de la víscera blanca porcina y el gasto de agua comprendiendo este último como recurso natural limitado.

#### **4.1.7. Métodos de recopilación de datos**

Para alcanzar la meta prevista en el presente estudio y cumplir los objetivos planteados se utilizaron los siguientes métodos de recopilación de datos:

1. Medición directa: Medidores de flujo de agua para medir el consumo de agua en diferentes etapas del proceso de beneficio.
2. Registros de producción y consumo de agua: Análisis de registros históricos de producción y consumo de agua en la planta de beneficio animal.
3. Entrevistas con personal de la planta para obtener información sobre los procesos y actividades que se realizan en la planta y su impacto en la huella hídrica.

Los datos fueron colectados durante una jornada de proceso dentro del área de víscera blanca, la cual cuenta con 36 puntos de lavado de víscera, cada uno con su respectiva manguera y con un promedio de 11 a 15 horas de proceso de sacrificio, de lunes a domingo a excepción del sábado que no se procesa.

Para el estudio se tomó el 25% de los lavamanos de forma aleatoria, 10 lavamanos para el caso los cuales según su secuencia en orden de la sala se numeraron del 1 al 36 de los cuales 10 fueron los seleccionados, lavamanos 4, 6, 9, 12, 13, 14, 16, 18, 22 y 26 donde son fijadas las mangueras para el lavado de la víscera promediando el consumo de agua en 13,2 litros por minuto.

Los materiales requeridos para la toma de datos fueron: 1 Beker de 1000 ML, 1 Probeta, 1 Cronometro y el kit de EPP Elementos de protección personal necesarios para el trabajo.

Para realizar la toma del volumen de agua por manguera se realizaron 3 mediciones antes de realizar la toma final, en las llaves que presentaban un caudal constante, con el ánimo que la variable no sea significativa y el resultado sea más próximo a la realidad.

#### 4.1.8. Criterios de validez para los datos

Para garantizar la validez y confiabilidad de los datos recolectados en el presente estudio, se establecieron criterios metodológicos, técnicos y operativos rigurosos, que permitieron obtener resultados representativos y verificables del consumo hídrico durante el procesamiento de víscera blanca porcina en la planta de beneficio.

La recolección de datos se realizó durante jornadas operativas normales, sin modificación del ritmo de trabajo, condiciones ambientales ni del personal involucrado. Esto asegura que los resultados obtenidos reflejan fielmente la dinámica real del consumo de agua en el proceso productivo.

El consumo de agua fue cuantificado a partir de mediciones de caudal en puntos específicos del proceso (lavamanos), utilizando instrumentos calibrados y métodos estandarizados. En los casos requeridos, se aplicó la fórmula de caudal (volumen por minuto  $\times$  tiempo de uso) para estimar el volumen total consumido.

Las mediciones se realizaron secuencialmente en condiciones operativas reales, siguiendo rigurosamente las pautas para recolección de muestras y registro de datos en jornadas operativas por un periodo de tres meses consecutivos. Esta estrategia confirmó la existencia de un patrón estable de uso hídrico, aumentando la confiabilidad de los promedios obtenidos.

Se aseguró que todos los instrumentos utilizados —como el beker de 1.000 ml, probetas, cronómetros y elementos de protección personal— estuvieran en óptimas condiciones operacionales. Se verificó su precisión y se minimizaron posibles errores de lectura o manipulación.

Los volúmenes de agua fueron relacionados con indicadores clave del proceso, como la duración de la faena, el número de animales beneficiados y la cantidad de vísceras procesadas. Esto permitió calcular indicadores específicos, como litros de agua por víscera o por madeja, facilitando el análisis de eficiencia del recurso.

Los resultados presentados en las tablas se derivan de ejercicios prácticos reales, realizados durante tres meses consecutivos, que permitieron obtener datos concretos sobre el volumen de víscera blanca procesada, el agua consumida por mes, el valor económico del recurso hídrico y el valor comercial de la madeja final. Todos los registros fueron debidamente documentados en formatos físicos y digitales, con fechas y firmas, garantizando trazabilidad y facilitando su revisión por parte de auditores o evaluadores externos.

## **CAPÍTULO V. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En esta sección se presentan y analizan los resultados obtenidos a lo largo de la investigación, cuyo objetivo principal fue establecer la huella hídrica asociada al procesamiento de víscera blanca porcina en una planta de beneficio animal. El análisis se llevó a cabo con base en la recopilación y sistematización de datos relacionados con el consumo de agua en cada una de las etapas del proceso, considerando el uso directo del recurso.

El enfoque metodológico permitió identificar los puntos críticos de mayor demanda hídrica, así como evaluar la eficiencia del sistema actual frente a parámetros de sostenibilidad ambiental.

Los resultados obtenidos proporcionan una base objetiva para comprender el impacto del proceso en los recursos hídricos locales y ofrecen información clave para la formulación de estrategias de mejora, que en su mayoría están centradas en comprender las implicaciones tanto económicas como sociales y ambientales del consumo de agua para la obtención del producto final: madeja de intestino para consumo.

A continuación, se presentan los hallazgos más relevantes de la investigación, organizados según las distintas fases del proceso productivo y analizados con base en indicadores específicos de huella hídrica. Este análisis no solo permitió cuantificar el uso del recurso hídrico, sino que también evidenció un punto crítico de atención para el gremio de producción de proteína animal en Colombia, al revelar el alto consumo de agua asociado al procesamiento de uno de los subproductos porcinos: la víscera blanca.

En este orden de ideas en la Ilustración 5, diagrama de flujo del proceso de producción en planta de sacrificio porcino, se presenta el proceso productivo que se lleva a cabo en una planta de sacrificio porcino, desde la recepción de los animales hasta la

obtención del producto final (carne porcina apta para consumo). El flujo se organiza en etapas secuenciales que garantizan el cumplimiento de las normas de bienestar animal, inocuidad alimentaria y eficiencia productiva. A continuación, se describen las principales fases:

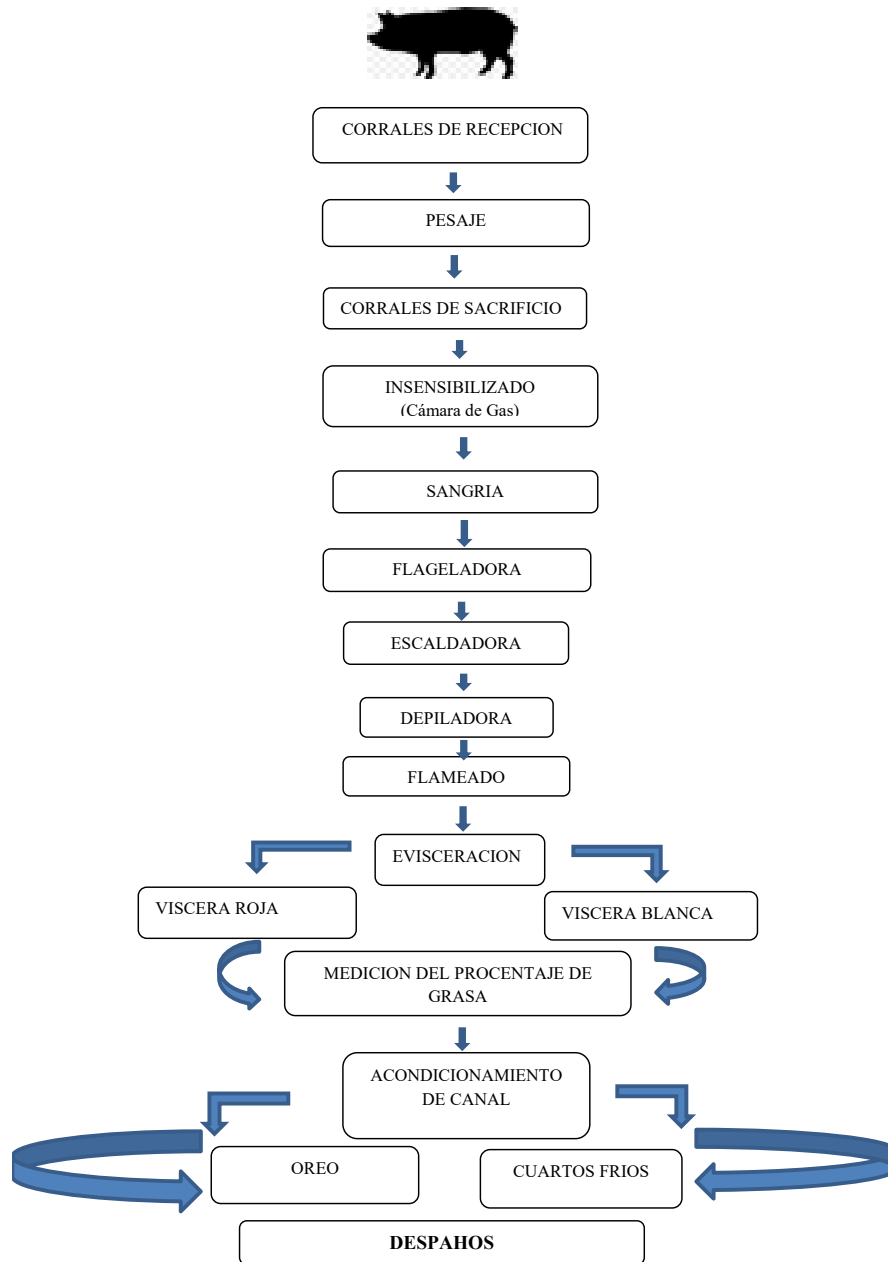
1. Corrales de recepción: Los cerdos llegan a la planta y son descargados cuidadosamente del transporte. Se realiza una inspección visual para verificar su estado de salud.
2. Pesaje y registro: Los animales son pesados y registrados en el sistema de trazabilidad para llevar un control individual o por lote.
3. Corrales de sacrificio: se da el tiempo de reposo y ayuno de los cerdos para pasar al proceso de aturdimiento o insensibilizado.
4. Insensibilizado o aturdimiento: Se realiza el aturdimiento del animal, generalmente por medio de un sistema de dióxido de carbono o corriente.
5. Sangría: Una vez aturdido, se efectúa el corte de las arterias principales para el desangrado completo del animal.
6. Flageladora: Máquina vertical con dedos de caucho que a partir de golpes aflojan el pelo, la suciedad y restos de epidermis sin dañar la piel del cerdo.
7. Escaldadora: en una máquina vertical con flautas por donde sale vapor de agua caliente para abrir el folículo de la piel, aflojar el pelo del animal y facilitar la depilación.
8. Depiladora: Máquina horizontal que tiene aspas de depilación que retiran por succión el pelo del animal.

9. Flameado: Se eliminan los restos de pelo mediante fuego, dejando la piel más limpia.
10. Evisceración: Se extraen los órganos internos bajo condiciones higiénicas controladas incidiendo el tórax y abdomen, separando la víscera blanca de la roja. (área de víscera blanca donde se realiza el proceso de acondicionamiento y lavado).
11. Medición del porcentaje de grasa: se realiza para temas netamente comerciales. Se realiza a través de una pistola que con sensores mide la grasa de la dermis.
12. Acondicionamiento de canal: Las canales se lavan con agua potable para eliminar residuos y mejorar la presentación, pasa transitoriamente a salón de oreo acondicionamiento final si es requerido, escurrido, baja de temperatura y direccionamiento a cuartos fríos.

Por otra parte, durante la investigación y como evidencia real del proceso se generó registro fotográfico del área del proceso y manejo de la víscera. Entendiendo que la presente investigación implica acciones que están siendo sujeto de medición se reservan los datos exactos de la planta y se respeta el derecho de privacidad y confidencialidad de datos. Vale la pena indicar que como parte de la investigación se evidencio que el proceso de víscera blanca es un valor agregado al usuario que realiza el sacrificio porcino en este establecimiento y que la preparación y comercialización de la víscera blanca la realiza un tercero que no tiene relación laboral contractual con el establecimiento y que dispone aproximadamente de 20 a 25 operarios quienes realizan las

acciones necesarias para dejar el producto final (madeja de víscera) y la cual es la que sale a la venta.

**Ilustración 4. Diagrama de flujo del proceso de producción en planta de sacrificio porcino (diseño propio)**



Fuente: Elaboración propia.

Durante la evaluación del proceso de alistamiento de vísceras blancas para su comercialización, se constató que el agua utilizada proviene de un pozo subterráneo en concesión explotado por la planta de beneficio y que es esta quien asume completamente los costos asociados a la extracción, tratamiento y distribución de este recurso hídrico.

Es importante destacar que el comercializador de las vísceras no realiza ningún tipo de pago o compensación por el uso del agua ni por la utilización de los lavamanos e instalaciones sanitarias durante el proceso de lavado de la madeja de vísceras. Esta situación implica una carga operativa exclusiva para la planta, sin ningún tipo de retribución económica por parte de los actores que hacen uso del recurso y la infraestructura para fines comerciales propios

.La foto 1 corresponde al filtro sanitario de ingreso a la Sala de Vísceras Blancas de la planta de beneficio, espacio destinado al manejo higiénico de las vísceras blancas (intestinos, etc.) obtenidas durante la evisceración. En primer plano se observa un lavamanos industrial de acero inoxidable con dos grifos, el cual cumple una función clave en la higiene del personal, permitiendo el lavado frecuente de manos y botas antes del ingreso a zonas críticas.

*Foto 1 Ingreso a área de proceso de víscera blanca*



Fotografía propia.

La foto 2 corresponde al área de víscera blanca sin proceso y que se caracteriza por ser un espacio amplio, cerrado y con condiciones estructurales adecuadas para labores que requieren altos estándares de higiene. Las paredes están revestidas con baldosa blanca sanitaria, y el área cuenta con una iluminación artificial intensa y uniforme, ideal para mantener la visibilidad durante la operación. En el centro de la imagen se observa una línea de trabajo en acero inoxidable, equipada con múltiples estaciones y conexiones para suministro de agua, diseñada para el lavado y manipulación de productos cárnicos. Se aprecian también varias estructuras metálicas móviles, probablemente utilizadas para el soporte o escurrido de bandejas o vísceras.

*Foto 2 Área de víscera blanca sin proceso*



Fotografía propia.

En la foto 3 se encuentra la zona operativa en la sala de vísceras blancas de una planta de beneficio animal, donde se realiza el lavado, selección y clasificación manual de vísceras, principalmente intestinos. Se observa un grupo de trabajadores manipulando vísceras depositadas en una tolva metálica de acero inoxidable, donde se acumulan para su posterior tratamiento. A los costados se identifican recipientes plásticos donde se colocan las vísceras ya clasificadas. En el fondo, se puede observar una disposición en línea de trabajo que sugiere un flujo continuo de agua para garantizar el lavado del producto.

*Foto 3 Recepción de la víscera de la zona de proceso*



Fotografía propia.

En la foto 4 se observa en un primer plano, un operario está realizando tareas de lavado y procesamiento sobre una mesa de acero inoxidable, equipada con una manguera de agua potable y una superficie adecuada para el trabajo sanitario. A lo largo de la imagen, se pueden ver múltiples operarios distribuidos en estaciones similares, lo cual evidencia un proceso estructurado y en cadena, que permite la continuidad y trazabilidad del producto.

Se utilizan recipientes plásticos para el almacenamiento temporal de vísceras ya tratadas y bandejas verdes en algunos puntos, para clasificar por categoría o destino comercial. Durante todo el proceso de lavado del intestino se mantiene abierta la llave de agua pues es la presión del recurso hídrico la que permite la expulsión del contenido intestinal.

*Foto 4 Lavado del contenido intestinal de la víscera con manguera*



Fotografía propia.

En la foto 5 se observa un operario que introduce una manguera de agua la cual a presión empuja el contenido intestinal hacia al final para facilitar su expulsión. Este proceso se realiza en un lavamanos industrial de acceso inoxidable. La limpieza manual complementa la acción de lavado con mangueras, pero no es invasiva del producto, puesto que como ya se manifestó para vaciar el intestino se usa agua a presión lo que disminuye la afectación de la víscera con roturas o maltrato; hasta este momento las llaves han permanecido abiertas garantizando el flujo constante de agua para realizar las operaciones de limpieza.

*Foto 5 Limpieza manual de la víscera*



Fotografía propia.

En las Fotos 6 y 7 se observa el proceso de recolección de víscera blanca, el cual generalmente es ejecutado por dos operarios. Esta etapa implica que las canecas de recolección contengan agua limpia, la cual se utiliza para realizar una última fase de enjuague externo del intestino. Cada vez que se recibe un nuevo paquete de vísceras previamente lavado en su interior, se procede al cambio del agua con el fin de garantizar condiciones higiénicas óptimas. Posteriormente, de forma manual, se eliminan los residuos finales de suciedad o materia fecal adheridos a la superficie del producto.

La víscera lavada en la fase final es organizada en madejas con aproximadamente tres intestinos de tres animales y es entregada al comercializador para su distribución y venta.

***Foto 6 Recolección de la víscera limpia***



Fotografía propia.

***Foto 7 Madejas de víscera, fase final del proceso***



Fotografía propia.

La tabla número 5 muestra el caudal de agua registrado en diferentes lavamanos identificados por número, medido en litros por segundo (L/s) y litros por minuto (L/min). Se toman como muestra 10 lavamanos y se calcula un promedio general de 13,2 L/min.

De un total de 36 lavamanos se tomó una muestra de 10 lavamanos de manera aleatoria y los cuales corresponden a la cuarta parte (25%) de lavamanos presentes en el área y los cuales por indicación del profesional ambiental encargado de la planta fueron los que presentaron una presión constante y sostenida en el flujo de agua.

***Tabla 5 Cantidad de agua utilizada en lavamanos para el lavado de víscera blanca***

<b>LAVAMANOS (N°)</b>	<b>L/SEG</b>	<b>L/MIN</b>
<b>4</b>	0,2	12
<b>6</b>	0,23	13,8
<b>9</b>	0,2	12
<b>12</b>	0,21	12,6
<b>13</b>	0,2	12
<b>14</b>	0,25	15
<b>16</b>	0,21	12,6
<b>18</b>	0,24	14,4
<b>22</b>	0,22	13,2
<b>26</b>	0,21	12,6
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,217</b>	<b>13,2</b>

Fuente: Elaboración propia.

Los valores registrados muestran una variabilidad moderada en el consumo de agua entre lavamanos, con caudales que oscilan entre 12,0 y 15,0 litros por minuto.

El promedio general fue de 13,2 L/min, lo cual representa una cifra funcional y común en este tipo de operaciones, asegurando un lavado efectivo sin exceso evidente de desperdicio.

Esta información resulto esencial para medir el promedio de litros de agua gastados por minuto en cada lavamanos y de esta manera cuantificar el consumo de agua por ciclo de lavado, calcular la huella hídrica total del procesamiento de víscera blanca en un día de proceso.

Los lavamanos como los números 14 y 18 presentan consumos más altos que el promedio (15,0 y 14,4 L/min respectivamente), lo que sugiere la necesidad de revisar la presión o apertura de válvulas pues se evidencia un uso desmedido del recurso, en cambio, la mayoría de los lavamanos se encuentran dentro de un rango controlado (12–13,8 L/min), lo que indica una buena uniformidad del sistema hidráulico.

Dado que el agua proviene de un pozo subterráneo y que no se mide a través de un contador se deduce claramente que no existe control en el gasto del recurso hídrico lo que puede conllevar al consumo desmedido del recurso haciendo insostenible ambientalmente la tarea de lavado de vísceras.

A partir de la tabla 6 y hasta la tabla 8 se realizó el registro del consumo de agua por día de proceso identificando la cantidad de metros cúbicos totales de agua por jornada de víscera blanca, así como el tiempo en minutos que duró la faena.

En aras de tener una muestra representativa se registraron los datos los meses de diciembre de 2023, enero y febrero de 2024, exponiendo los días de proceso en un mes, la cantidad de metro cubico de agua consumido por lavamanos y el consumo en metros cúbicos de agua consumida en una jornada.

En este orden de ideas en la tabla número 6 se registró el consumo de agua en sala durante el mes de diciembre, se registraron 23 jornadas de faena, en las cuales se

sacrificaron un total de 62.971 animales y se procesaron vísceras blancas en condiciones controladas.

Se tomaron datos diarios del tiempo de faena, cantidad de animales sacrificados y volúmenes de agua utilizados tanto en lavamanos como en toda el área de víscera blanca (VB).

Durante el mes de diciembre de 2023 se evidenció una relación directa entre el tiempo de faena y el volumen de agua consumido, tanto en los lavamanos como en el área general de procesamiento de víscera blanca.

Las jornadas más extensas, como las del 3 y 6 de diciembre, con duraciones de 1080 minutos, registraron los consumos más altos: hasta 14,0 m<sup>3</sup> en lavamanos y más de 500 m<sup>3</sup> en el área de vísceras. Esta tendencia sugiere que, aunque el proceso es proporcional al volumen de trabajo, es posible explorar mejoras en la eficiencia del uso de agua por unidad de tiempo.

***Tabla 6 Consumo mensual (dic 2023) de agua en sala de procesamiento víscera blanca porcina.***

<b># DE MUESTRA</b>	<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO FAENA MINUTO</b>	<b>ANIMALES SACRIFICADOS / DIA/FAENA</b>	<b>CONSUMO M<sup>3</sup> TOTAL JORNADA/LAVAMANOS</b>	<b>CONSUMO M<sup>3</sup> TOTAL JORNADA ÁREA VB</b>
<b>1</b>	01/12/2023	600	1887	7,81	281
<b>2</b>	03/12/2023	1080	2910	14,0	506
<b>3</b>	04/12/2023	720	2122	9,37	337
<b>4</b>	05/12/2023	983	2964	12,7	460
<b>5</b>	06/12/2023	1080	3226	14,0	506
<b>6</b>	08/1/2023	660	2235	8,5	309
<b>7</b>	10/12/2023	840	2809	10,9	393
<b>8</b>	11/12/2023	720	2358	9,3	337
<b>9</b>	12/12/2023	720	2285	9,3	337
<b>10</b>	13/12/2023	720	2210	9,3	337
<b>11</b>	14/12/2023	600	2198	7,8	281
<b>12</b>	15/12/2023	540	1768	7,0	253
<b>13</b>	17/12/2023	870	2838	11,3	407

# DE MUESTRA	FECHA	TIEMPO FAENA MINUTO	ANIMALES SACRIFICADOS / DIA/FAENA	CONSUMO M <sup>3</sup> TOTAL JORNADA/LAVAMANOS	CONSUMO M <sup>3</sup> TOTAL JORNADA ÁREA VB
14	18/12/2023	780	2610	10,1	365
15	19/12/2023	780	2640	10,1	365
16	20/12/2023	900	3099	11,7	421
17	21/12/2023	840	2936	10,9	393
18	22/12/2023	780	2656	10,1	365
19	25/12/202	650	2065	8,4	304
20	26/12/2023	750	2502	9,7	351
21	27/12/2023	810	2656	10,5	379
22	28/12/2023	780	2556	10,1	365
23	29/12/2023	580	1770	7,5	271

Fuente: Elaboración propia.

El consumo de agua en los lavamanos presentó variaciones importantes entre las diferentes jornadas, oscilando entre 7,0 y 14,0 m<sup>3</sup> por día. Esta dispersión podría estar relacionada con diferencias en los hábitos de lavado del personal, el estado de los dispositivos de control de flujo, o incluso la presión del sistema hidráulico. En contraste, el consumo general de agua en el área de víscera blanca mostró una mayor estabilidad, con valores entre 253 y 506 m<sup>3</sup> por día, y un promedio diario de 357,3 m<sup>3</sup>. Esta consistencia sugiere que los procesos principales están relativamente estandarizados, aunque los picos deben ser revisados de forma puntual..

**Tabla 7 Consumo mensual (enero 2024) de agua en sala de procesamiento de víscera blanca porcina**

# DE MUESTRA	FECHA	TIEMPO FAENA MINUTOS	ANIMALES SACRIFICADOS / DIA/FAENA	CONSUMO M <sup>3</sup> TOTAL JORNADA / LAVAMANOS	CONSUMO M <sup>3</sup> TOTAL JORNADA EN EL ÁREA DE VÍSCERA BLANCA
1	2/01/2024	830	2716	10,8	389
2	3/01/2024	700	2337	9,1	328
3	4/01/2024	570	1904	7,4	267
4	5/01/2024	510	1617	6,6	239
5	8/01/2024	810	2724	10,5	379
6	9/01/2024	538	1616	7,01	252

# DE MUESTRA	FECHA	TIEMPO FAENA MINUTOS	ANIMALES SACRIFICADOS / DIA/FAENA	CONSUMO M <sup>3</sup> TOTAL JORNADA / LAVAMANOS	CONSUMO M <sup>3</sup> TOTAL JORNADA EN EL ÁREA DE VÍSCERA BLANCA
7	10/01/2024	694	2081	9,03	325
8	11/01/2024	643	1926	8,37	301
9	12/01/2024	450	1350	5,85	210
10	14/01/2024	676	2028	8,80	316
11	15/01/2024	538	1522	7,00	252
12	16/01/2024	591	1674	7,69	277
13	17/01/2024	536	1518	6,97	251
14	18/01/2024	622	1761	8,09	291
15	19/01/2024	447	1263	5,81	209
16	21/01/2024	779	22.06	10,14	365
17	22/01/2024	549	1553	7,14	257
18	23/01/2024	506	1433	6,58	237
19	24/01/2024	567	1604	7,38	265
20	25/01/2024	605	1712	7,87	283
21	26/01/2024	525	1399	6,83	246
22	28/01/2024	758	2147	9,86	355
23	29/01/2024	474	1341	6,17	222
24	30/01/2024	498	1409	6,48	233
25	31/01/2024	600	1409	7,81	281

Fuente: Elaboración propia.

La tabla número 7 muestra que, durante el mes de enero de 2024, se registraron 25 jornadas de faena en la planta de beneficio, en las que se procesaron más de 45.000 animales. A lo largo del mes, el tiempo de faena varió entre 447 y 830 minutos por jornada, influenciado principalmente por el número de animales sacrificados. De manera general, se observó que las jornadas con mayor duración tendieron a presentar también mayores volúmenes de consumo hídrico, tanto en lavamanos como en el área general de procesamiento de víscera blanca.

En cuanto al uso de agua en los lavamanos, se reportaron consumos diarios entre 5,81 m<sup>3</sup> y 10,8 m<sup>3</sup>, con un promedio diario que rondó los 7,9 m<sup>3</sup>. Estas cifras indican una tendencia de consumo estable, pero aún con variaciones que podrían explicarse por diferencias operativas entre turnos, prácticas del personal o la cantidad de operadores

asignados por jornada. La mayor eficiencia parece coincidir con jornadas más cortas, como las del 19 y 12 de enero, en las que el consumo fue proporcionalmente bajo respecto al número de animales procesados.

En relación con el consumo total de agua en el área de víscera blanca, los valores oscilaron entre 209 m<sup>3</sup> y 389 m<sup>3</sup> por jornada. El promedio diario estimado se ubicó en torno a los 283 m<sup>3</sup>, ligeramente inferior al promedio registrado en diciembre de 2023. Esta disminución podría estar relacionada con una mejor planificación operativa, menor número de animales por día o mayor eficiencia en las tareas de limpieza. Aun así, se identifican algunos días (como el 2 y 8 de enero) donde los consumos son elevados, por lo que sería recomendable revisar las condiciones específicas de esas jornadas.

***Tabla 8 Consumo mensual (febrero 2024) de agua en sala de procesamiento de víscera blanca porcina***

<b># DE MUESTRA</b>	<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO FAENA MINUTOS</b>	<b>ANIMALES SACRIFICADOS / DIA/FAENA</b>	<b>CONSUMO M<sup>3</sup> TOTAL JORNADA</b>	<b>CONSUMO M<sup>3</sup> TOTAL VB</b>
1	1/02/2024	631	1712	8,21	295
2	2/02/2024	573	1622	7,46	268
3	4/02/2024	706	2000	9,19	330
4	5/02/2024	507	1437	6,60	237
5	6/02/2024	653	1741	8,50	306
6	7/02/2024	629	1782	8,18	294
7	8/02/2024	570	1614	7,24	267
8	9/02/2024	849	1382	11,05	397
9	11/02/2024	683	1933	8,89	320
10	12/02/2024	501	1418	6,52	234
11	13/02/2024	527	1491	6,86	247
12	14/02/2024	640	1812	8,33	299
13	15/02/2024	593	1678	7,72	277
14	16/02/2024	566	1603	7,36	265
15	18/02/2024	636	1768	8,28	298
16	19/02/2024	564	1567	7,34	264
17	20/02/2024	527	1492	6,86	247
18	21/02/2024	671	1901	8,73	314
19	22/02/2024	532	1505	6,92	249
20	23/02/2024	568	1607	7,39	266
21	25/02/2024	631	1787	8,21	295

# DE MUESTRA	FECHA	TIEMPO FAENA MINUTOS	ANIMALES SACRIFICADOS / DIA/FAENA	CONSUMO M <sup>3</sup> TOTAL JORNADA	CONSUMO M <sup>3</sup> TOTAL VB
22	26/02/2024	522	1477	6,79	244
23	27/02/2024	519	1468	6,75	243
24	28/02/2024	622	1761	8,09	291
25	29/02/2024	452	1283	5,88	211

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 8 se registró que durante febrero de 2024 se registraron 25 jornadas de faena en la planta de beneficio animal, en las que se sacrificaron entre 1.283 y 2.000 cerdos por día. El tiempo de operación por jornada osciló entre 452 y 849 minutos, con una media cercana a los 600 minutos. Esta variabilidad responde a las condiciones operativas diarias, la carga de animales programada y la eficiencia del equipo de trabajo.

El consumo total de agua en lavamanos por jornada presentó un rango de 5,88 m<sup>3</sup> (el 29 de febrero) hasta 11,05 m<sup>3</sup> (el 9 de febrero), reflejando diferencias posiblemente atribuibles al número de operarios, la duración de la jornada y la frecuencia de uso de los equipos de lavado. En promedio, el consumo en esta categoría se mantuvo alrededor de los 7,8 m<sup>3</sup> diarios, lo cual está en línea con los meses anteriores, aunque aún es posible identificar oportunidades de mejora al comparar con días de menor consumo.

En cuanto al consumo específico del área de víscera blanca (VB), los registros muestran un rango entre 211 m<sup>3</sup> y 397 m<sup>3</sup>, siendo este último valor el más alto del mes (también el 9 de febrero). Esta cifra sugiere un posible pico de actividad o ineficiencia operativa durante esa jornada. La mayoría de las jornadas se mantuvieron dentro de un rango de 240 a 300 m<sup>3</sup>, indicando una tendencia relativamente estable. Sin embargo, eventos puntuales de alto consumo ameritan una revisión más detallada para identificar causas y evitar recurrencias.

El análisis de los datos indica que el consumo promedio de agua por animal en el área de víscera blanca se ubicó generalmente entre 120 y 140 litros por cerdo, dependiendo de la jornada. Esta métrica es útil como referencia para evaluar la eficiencia hídrica del proceso. De mantenerse en este rango, se puede considerar que la planta está dentro de parámetros aceptables, aunque cualquier esfuerzo por reducir estos valores mediante mejores prácticas sanitarias, técnicas de lavado y mantenimiento de equipos será valioso en términos de sostenibilidad.

Con el fin de proporcionar una visión general del comportamiento hídrico del proceso, permitiendo identificar tendencias, posibles excesos o eficiencias, y establecer líneas base para futuras estrategias de optimización del recurso en la tabla numero 7 presenta un resumen de los consumos promedio mensuales de agua registrados durante el procesamiento de víscera blanca porcina en la planta de beneficio animal.

Durante los meses analizados, se observan variaciones significativas en el tiempo de faena, el número de animales sacrificados y el consumo de agua tanto en los lavamanos como en el área de procesamiento de víscera blanca. En diciembre, la jornada de faena tuvo una duración promedio de 13 horas, siendo este el mes con mayor carga operativa, reflejada en un promedio de 2.491 animales sacrificados por jornada. Consecuentemente, también fue el mes con el mayor consumo de agua: 10 m<sup>3</sup> en lavamanos y 362 m<sup>3</sup> en el área de vísceras.

En contraste, durante enero y febrero se presentó una reducción tanto en la duración de la faena como en la cantidad de animales procesados. En enero, las jornadas se redujeron a 11 horas, con un promedio de 1.682 animales sacrificados, y un consumo de 8 m<sup>3</sup> en lavamanos y 281 m<sup>3</sup> en el área de víscera blanca. Para febrero, la tendencia

descendente continuó, registrándose jornadas promedio de 10 horas, con 1.634 animales sacrificados por jornada, manteniéndose el consumo de agua en lavamanos en 8 m<sup>3</sup> y disminuyendo ligeramente a 278 m<sup>3</sup> en el área de vísceras.

**Tabla 9 Tabla de consumos promedio mes**

<b>MES</b>	<b>TIEMPO FAENA HORAS / JORNADA</b>	<b>ANIMALES SACRIFICADOS /JORNADA /FAENA</b>	<b>CONSUMO M<sup>3</sup> TOTAL/LAVA MANOS/ JORNADA</b>	<b>CONSUMO M<sup>3</sup> TOTAL/JORNADA/ÁREA VÍSCERA BLANCA</b>
<b>DICIEMBRE</b>	13	2491	10	362
<b>ENERO</b>	11	1682	8	281
<b>FEBRERO</b>	10	1634	8	278

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 10 presenta un resumen del valor comercial mensual generado por la venta de víscera blanca procesada, específicamente intestinos porcinos, durante los meses de diciembre, enero y febrero.

En diciembre se registró el mayor volumen de producción, con un total de 59.791 animales sacrificados, a partir de un promedio de 24 metros de intestino por animal, se obtuvieron aproximadamente 664 madejas de 90 metros por jornada, lo que generó un valor comercial mensual estimado de \$49.800.000 (cuarenta y nueve millones ochocientos mil pesos).

Durante enero, el número de animales procesados descendió a 40.362, lo que se tradujo en 448 madejas de intestino por jornada y un valor comercial mensual de \$33.600.000 (treinta y tres millones seiscientos mil pesos)

En febrero, la producción se mantuvo en niveles similares, con 39.207 animales sacrificados y 436 madejas por jornada, generando un valor total de \$32.700.000 (treinta y dos millones setecientos mil pesos).

Estos datos reflejan una relación directa entre el volumen de animales sacrificados y la cantidad de víscera procesada, lo que influye directamente en el ingreso económico mensual. Así, diciembre no solo representó el mes con mayor sacrificio, sino también con mayor rentabilidad derivada de la comercialización de intestinos.

***Tabla 10 Valor comercial final por viscera procesada***

<b>MES</b>	<b>ANIMALES JORNADA SACRIFICIO POR MTS PROMEDIO INTESTINO (24 MTS) INTESTINOS</b>	<b># MADEJAS POR 90 MTS/JORNADA SACRIFICIO</b>	<b>VALOR MADEJA 90 MTS*MADEJAS PROCESADAS EN EL MES</b>
<b>DICIEMBRE</b>	59.791	664	\$49.800.000
<b>ENERO</b>	40.362	448	\$33.600.000
<b>FEBRERO</b>	39.207	436	\$32.700.000

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 11 detalla el consumo mensual de agua asociado al procesamiento de víscera blanca en una planta de beneficio animal, así como el costo estimado de dicho recurso en relación con las madejas de intestino producidas. En diciembre, el consumo total alcanzó los 8.323 m<sup>3</sup> de agua, lo que representó el mayor gasto hídrico del trimestre, con un valor económico estimado de \$9.987.600, calculado a partir de una tarifa de referencia de \$1.200 por metro cúbico.

En el mes de enero, el consumo fue ligeramente inferior, con 7.030 m<sup>3</sup>, lo que representó un valor mensual de \$8.436.000. Para febrero, el volumen de agua consumida continuó con una leve disminución, alcanzando los 6.958 m<sup>3</sup>, con un valor total estimado de \$8.349.600.

Este comportamiento refleja una tendencia descendente tanto en el consumo de agua como en el gasto mensual asociado, posiblemente influenciado por una reducción en el número de animales procesados o una mayor eficiencia operativa.

Estos datos son clave para evaluar la sostenibilidad del proceso y establecer indicadores de huella hídrica por unidad productiva (como por madeja generada), permitiendo tomar decisiones de mejora en el uso racional del recurso.

Al comparar el costo mensual del agua consumida del pozo profundo en relación con si el agua se obtuviese directamente del acueducto donde el m<sup>3</sup> es cuatro veces mayor al valor del agua utilizada para lavar la víscera blanca lo que constituye un gasto no estimado o subvalorado por la planta.

**Tabla 11 Valor del consumo de agua por mes de proceso de víscera blanca**

<b>MES</b>	<b>M<sup>3</sup> DE AGUA CONSUMIDO EN EL MES</b>	<b>1200 M<sup>3</sup> DE AGUA POR MADEJAS PRODUCIDAS EN EL MES</b>
<b>DICIEMBRE</b>	8323	\$ 9.987.600,
<b>ENERO</b>	7030	\$ 8.436.000,00
<b>FEBRERO</b>	6958	\$ 8.349.600,00

Fuente: Elaboración propia.

### 5.1. Cálculo De Huella hídrica

En el caso del estudio que se describió, la huella hídrica se calculó usando una versión adaptada de la fórmula general. Para el **cálculo de la huella hídrica de la víscera blanca porcina** en específico, se debe incluir el volumen de agua utilizado en cada fase del proceso de producción, de acuerdo con los datos disponibles en la planta de beneficio.

La fórmula particular fue estructurada de la siguiente forma:

$$\text{Huella Hídrica} = \frac{\text{Consumo Total de Agua}}{\text{Cantidad de Producto}}$$

Esta fórmula es una aproximación basada en el total de agua utilizada en la planta durante el ciclo de producción, dividida por la cantidad total de madejas producidas durante el mismo período de tiempo. Dependiendo de los datos que se tengan disponibles sobre el consumo total de agua en cada mes, el cálculo de la huella hídrica por madeja reflejaría el consumo relativo del agua por unidad de producto. En este contexto: Consumo total de agua se refiere al volumen total de agua utilizado en el proceso de la planta y Cantidad de producto se refiere a la cantidad de intestinos (o víscera blanca procesada) generada durante ese periodo.

**5.1.1. Fórmula detallada:**

$$\text{Huella Hídrica por Madeja} = \frac{\text{Consumo Total de Agua durante el proceso}}{\text{Numero de Madejas de Intestinos Producidas}}$$

Partiendo de los datos obtenidos durante las jornadas de proceso en los meses de diciembre 2023 y enero y febrero de 2024 se encontró en diciembre se consumieron 8323 m<sup>3</sup>, en enero 7030 m<sup>3</sup> y febrero 6958 m<sup>3</sup> tal como se observa en la tabla 12.

***Tabla 12 Consumo de metros cúbicos de agua por mes***

<b>Mes</b>	<b>Consumo Total de Agua (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Diciembre</b>	8323 m <sup>3</sup>
<b>Enero</b>	7030 m <sup>3</sup>
<b>Febrero</b>	6958 m <sup>3</sup>

En la tabla numero 13 se da a conocer el número de madejas que se produjeron en cada mes siendo el mes de diciembre el que mayor producción tuvo con 664 madejas versus 448 madejas en enero y 436 madejas en febrero.

*Tabla 13 Número de madejas de intestino producidos por mes*

Mes	Número de Madejas de Intestinos
<b>Diciembre</b>	664 madejas
<b>Enero</b>	448 madejas
<b>Febrero</b>	436 madejas

Con los datos obtenidos en cada uno de los meses estudiados se calculó la huella hídrica por mes encontrando los siguientes resultados:

- Para Diciembre:

$$\text{Huella Hídrica Diciembre} = \frac{8323 \text{ m}^3}{664 \text{ madejas}} = 12.54 \text{ m}^3/\text{madeja}$$

- Para Enero:

$$\text{Huella Hídrica Enero} = \frac{7030 \text{ m}^3}{448 \text{ madejas}} = 15.68 \text{ m}^3/\text{madeja}$$

- Para Febrero:

$$\text{Huella Hídrica Febrero} = \frac{6958 \text{ m}^3}{436 \text{ madejas}} = 15.95 \text{ m}^3/\text{madeja}$$

*Tabla 14 Resumen de la Huella Hídrica (m<sup>3</sup> por madeja):*

Mes	Consumo de Agua (m <sup>3</sup> )	Madejas Producidas	Huella Hídrica (m <sup>3</sup> /madeja)
<b>Diciembre</b>	8323	664	12.54
<b>Enero</b>	7030	448	15.68
<b>Febrero</b>	6958	436	15.95

En resumen, la fórmula empleada en el estudio para calcular la huella hídrica de la víscera blanca porcina se deriva de un modelo estándar, adaptado a las especificidades

de la planta de procesamiento y la producción del producto. Este cálculo implicó la recopilación de datos sobre el volumen total de agua utilizada en la planta y su relación con la cantidad de producto obtenido, en este caso, la víscera procesada (madejas).

Diciembre tiene la huella hídrica más baja ( $12.54 \text{ m}^3/\text{madeja}$ ), lo que puede estar relacionado con la mayor cantidad de animales procesados y el volumen de vísceras producidas, con una mayor eficiencia en el uso de agua por madeja.

Enero y febrero presentan una huella hídrica más alta, lo que podría indicar una disminución en la eficiencia operativa o menor volumen de producción, lo que resulta en un mayor consumo de agua por madeja de intestino producido.

## CONCLUSIONES

Partiendo de lo previsto en el objetivo específico uno “Describir las fases asociadas al procesamiento de víscera blanca porcina en una planta de beneficio animal” durante la investigación se encontró que el proceso de beneficio para el lavado de vísceras blancas porcina en la planta está estructurado, con un sistema hidráulico que alimenta los lavamanos y un consumo de agua notablemente asociado al tiempo de faena y el número de animales sacrificados.

Las fases involucradas incluyen la limpieza de vísceras a través de lavamanos, que presentan una variabilidad en el consumo de agua dependiendo del flujo y la operación de los sistemas, sin embargo, no se observa una estandarización estricta en cuanto al control del agua utilizada, lo que puede llevar a un uso ineficiente del recurso hídrico.

Después de comprender las fases del proceso, se planteó el siguiente objetivo: "Calcular el volumen de agua utilizado en el lavado de víscera blanca porcina en la planta de beneficio durante un día de operación, y estimar el valor económico del volumen de agua (m<sup>3</sup>) utilizado."

Como resultado, se encontró que el consumo promedio de agua durante un día de proceso, a lo largo de los tres meses de estudio, fue de 307 m<sup>3</sup>, lo que representa un gasto aproximado de \$368.400 diarios. Esto equivale a un promedio mensual de \$8.841.600 cuando el agua proviene de un pozo profundo, y de aproximadamente \$35.366.400 si el recurso hídrico se obtuviera a través del servicio público de acueducto.

Este hallazgo evidencia que el gasto de agua no se percibe como un aspecto relevante, ya que su costo aparente no es significativo, especialmente considerando que el valor del agua extraída del pozo no es asumido por el comerciante, sino directamente por la planta.

Finalmente, para “analizar la relevancia entre la comercialización de la víscera blanca porcina y el gasto de agua utilizada en su procesamiento, entendiendo este último como un recurso natural limitado”, se encontró que existe una relación directa entre el volumen de agua consumido y la producción de víscera blanca porcina (en este caso, intestinos). Esta relación se explica por la correlación entre el número de animales sacrificados, la cantidad de vísceras procesadas y el consumo de agua.

El análisis reveló que el consumo de agua por cada víscera procesada oscila es elevado en términos de eficiencia, esto indica que aún existen oportunidades de mejora en la reducción del consumo hídrico, sin comprometer la calidad del proceso.

Como resultado final y atendiendo el objetivo general de la presente investigación “Establecer la huella hídrica en una planta de beneficio animal durante el procesamiento de víscera blanca porcina”, la huella hídrica de un producto, como la víscera blanca porcina, es una métrica útil para evaluar el impacto ambiental asociado con el uso del agua en su producción. La fórmula aplicada en este caso refleja el total de agua utilizada por unidad de producto, lo cual es coherente con las directrices internacionales de cálculo y proporciona una medida del impacto en términos de sostenibilidad hídrica.

La elección de esta fórmula permite identificar áreas en las que es posible mejorar la eficiencia en el uso del agua, reduciendo así la huella hídrica y promoviendo prácticas

de producción más sostenibles. La huella hídrica del producto, víscera blanca porcina, varía según el mes y el número de animales sacrificados, así como las variaciones en la eficiencia del proceso; esto destaca la importancia de analizar la operación a nivel de planta para identificar oportunidades de mejora en la eficiencia hídrica, optimizando el uso del agua sin comprometer la calidad del proceso y maximizar el recurso.

## RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio sobre la determinación de la huella hídrica en el procesamiento de víscera blanca porcina en una planta de beneficio animal, se identificaron oportunidades clave para mejorar la eficiencia en el uso del recurso hídrico.

Dado que el agua es un recurso natural limitado y esencial en los procesos de beneficio animal, es fundamental implementar medidas que reduzcan su consumo sin afectar la calidad del producto ni la inocuidad del proceso. A continuación, se presentan una serie de recomendaciones orientadas a optimizar el manejo del agua, fomentar la sostenibilidad operativa y contribuir a la rentabilidad del negocio desde un enfoque ambientalmente responsable:

1. Implementar un sistema de control de flujo en los lavamanos para garantizar una cantidad uniforme de agua utilizada, lo cual podría reducir el desperdicio y mejorar la eficiencia hídrica. También se sugiere realizar un mantenimiento preventivo frecuente de los sistemas hidráulicos para asegurar que todos los lavamanos estén operando en condiciones óptimas.
2. Formalizar un sistema de medición de agua más eficiente, como contadores de agua en cada lavamanos, para hacer un seguimiento preciso del consumo en tiempo real. Además, se debe considerar la posibilidad de optimizar los tiempos de lavado y reducir el volumen de agua usado por animal procesado, lo que también podría generar ahorros económicos.

3. Fomentar prácticas operativas más sostenibles y eficientes en cuanto al uso de agua, como la reutilización del agua en ciertas etapas del proceso (si es viable desde el punto de vista sanitario), la instalación de sistemas de reciclaje de agua o la implementación de técnicas de lavado más eficientes. Además, fomentar la concientización dentro del personal sobre el impacto ambiental del consumo de agua y su relación con la rentabilidad del negocio.

Para alcanzar la meta de optimizar el recurso hídrico y mejorar el proceso de producción de víscera blanca se podrían hacer acciones encaminadas a:

**La optimización del uso de agua:** Dado que el agua es un recurso limitado y el consumo es elevado, se recomienda la instalación de sistemas de recolección y reciclaje de agua de lavado para reducir el impacto ambiental y los costos asociados.

**La Medición precisa del consumo:** Establecer un sistema de medición eficiente y constante de agua para controlar y analizar el uso en tiempo real, lo cual permitirá identificar áreas de mejora y ajustar el proceso operativo de manera más precisa.

**El Monitoreo y mantenimiento de equipos hidráulicos:** Como los lavamanos presentan diferencias en el consumo de agua, es fundamental mantener y calibrar regularmente los equipos hidráulicos y de flujo para evitar el desperdicio innecesario de agua.

**La Capacitación del personal:** Implementar programas de sensibilización y capacitación sobre la importancia del uso eficiente de los recursos, así como sobre las prácticas de conservación de agua dentro del proceso de producción.

Implementar tecnologías de eficiencia hídrica: Investigar e implementar tecnologías de ahorro de agua que puedan adaptarse al proceso de lavado, como sistemas de recirculación o lavados más eficientes, que permitan mantener la calidad del proceso sin desperdiciar agua.

Ejecutar la planificación y programación de faenas: Aumentar la eficiencia en la programación de faenas, ajustando el número de animales sacrificados a la cantidad de agua disponible, y considerando la variabilidad de la demanda a lo largo de los meses.

En resumen, la planta de beneficio animal cuenta con una valiosa oportunidad para mejorar su eficiencia hídrica y reducir su huella mediante el control y la optimización del uso del agua en los procesos de lavado de víscera blanca. Adoptar este enfoque no solo representa un beneficio económico a mediano y largo plazo, sino que también contribuye de manera significativa a la sostenibilidad ambiental de sus operaciones. Preservar el recurso hídrico, hoy más que nunca en riesgo, es una responsabilidad colectiva que impacta directamente en la calidad de vida de todos los seres vivos del planeta.

## REFERENCIAS

- Aláis Grillo, A., Leguizamón Sotto, D. V., & Sarniento Ceball, J. I. (2014). *Mejoramiento de la Comprensión Lectora en Estudiantes de cuarto grado de básica primaria mediante el desarrollo de estrategias cognitivas con el apoyo de un recurso TIC*. Bogotá: Universidad de la Sabana.
- Alimentaria, M. (2024). Tipos De Tripas Para Embutidos. <https://mitualimentaria.pe/tipos-de-tripas-para-embutidos-cual-es-la-mejor-opcion/>.
- Ambiente, M. D. (22 de Marzo de 2023). *Ministerio Del Medio Ambiente*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/colombia-riqueza-hidrica-del-mundo/>
- Amortegui, García, Guerrero, L. (Diciembre de 2016). *69 Ciencia Nicolaita*. Obtenido de [cic.cn.umich.mx: https://www.cic.cn.umich.mx/cn/article/view/342/187](https://www.cic.cn.umich.mx/cn/article/view/342/187)
- Amórtegui, L. A. (2016). *69 Ciencia Nicolaita*. Obtenido de <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/article/view/342/187>
- Amórtegui, L. A. (2016). *69 Fiesta Nicolaita*. Obtenido de <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/article/view/342/187>
- Aquae Fundación. (2024). *AQUAE*. Obtenido de [fundacionaquae.com](https://www.fundacionaquae.org): <https://www.fundacionaquae.org/calculadoras-aquae/calculadora-huella-hidrica/>
- AQUAE FUNDACION. (11 de 03 de 2024). *AQUAE FUNDACION*. Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/historia-del-agua/#:~:text=La%20presencia%20del%20agua%20en,y%20como%20v%C3%ADa%20de%20comunicaci%C3%B3n>.
- Arenas, C. (Agosto de 2018). Estimación de la huella hídrica que se genera a partir de la producción agrícola del cultivo predominante en la zona alta de la Cuenca de la Quebrada

al Angula. Bucaramanga, Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.

Arevalo, Lozano y sabogal, D. (s.f.).

Arévalo, Lozano y Sabogal, D. (31 de Diciembre de 2010). *Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 101-126. Obtenido de core.ac.uk:  
<https://core.ac.uk/download/pdf/39061073.pdf>

Arévalo, Lozano y Sabogal, D. (2011). Estudio Nacional de Huella Hidrica en Colombia Sector Agrícola. *SOSTENIBILIDAD TECNOLOGIA Y HUMANISMO*, 101 - 126.

Arjen,Ashok, Chapagain, Maite y Mesfin, H. (2021). *Manual de evaluacion de la huella hidrica*. Genova Madrid: AENOR.

ASERAGRO. (2023). *Planta de beneficio animal: lo que debes saber*. Obtenido de <https://www.aseragro.com/blog/planta-de-beneficio-animal-lo-que-debes-saber#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una%20planta%20de,aptos%20para%20el%20consumo%20humano>.

Atilano Anllo. (05 de Noviembre de 2021). *atilanoanllo.com*. Obtenido de <https://www.atilanoanllo.com/productos-gallegos/2021/11/05/que-son-los-embutidos/>

Babbie, E. (2013). *La práctica de la investigación*. Thomson.

Balanta Quintero, A. C., Díaz Ramírez, E. P., & González Torres, L. (2015). *Estrategias Lúdicas para el fortalecimiento de la Lecto-escritura en las niñas y niños del grado tercero de la Institución Educativa Carlos Holguín Mallarino, sede "Niño Jesús de Atocha" de la ciudad de Cali*. Santiago de Cali: Fundación Universitaria los Libertadores.

Banco Bilbao Vizcaya Argentaria Sostenible. (17 de Febrero de 2025). *BBVA-SOSTENIBILIDAD*. Obtenido de [www.bbva.com](http://www.bbva.com):

<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-y-como-se-mide-la-huella-hidrica-el-agua-que-comemos/>

Bárcena, Samaniego, Peres y Alatorre, A. (2020). *La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?* Santiago Chile: CEPAL. Obtenido de repositorio.cepal.org.

Borda, E. (18 de Noviembre de 2005). *Alimentación y morfología intestinal en porcino*. Obtenido de 3tres3.com: [https://www.3tres3.com/latam/articulos/alimentacion-y-morfologia-intestinal-en-porcino\\_9952/](https://www.3tres3.com/latam/articulos/alimentacion-y-morfologia-intestinal-en-porcino_9952/)

Cabrera Berbeo, L. (2019). *Uso de las TIC como estrategia didáctica en el proceso de aprendizaje de la lectoescritura en Educación Inicial*. Bgootá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Cardozo Sánchez, R. N. (2018). *Estrategia didáctica mediada con tic para el mejoramiento de habilidades lectoescritoras en estudiantes de grado primero primaria*. Duitama: Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia, Duitama .

Cassany, D., & Ayala , G. (2008). Nativos e inmigrantes digitales. *revista del Consejo Escolar del*, 9 (4): 57–75.

Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA. (Junio de 2013). *Guía metodológica de aplicación de la huella hídrica en cuenca*. Medellín, Colombia.

Chantre, L. D. (2018). Contexto para la aplicación del concepto de Huella Hídrica Gris en Colombia. *Contexto para la aplicación del concepto de Huella Hídrica Gris en Colombia*. Bogotá, Colombia: NSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES-IDEAM.

- Chaverra Fernández, D. I. (2011). Las habilidades metacognitivas en la escritura digital. *Revista Lasallista de Investigación*, 104-111.
- Chiatchoua, Neme y Valderrama, C. (2021). Factores determinantes del consumo productivo de agua y sus efectos en la actividad económica de México. *Scielo*.
- CNPMLYTA, C. N. (2002 de DICIEMBRE de 2002). *CASOS DE APLICACIÓN DE PRODUCCIÓN*. MEDELLÍN.
- Comisión de las Comunidades Europeas. (2001). *Libro Verde Fomentar un marco europeo para la responsabilidad social de las empresas*. Bruselas: COM.
- Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (2016). *CORANATIOQUIA*. Obtenido de corantioquia.gov.co: <https://www.corantioquia.gov.co/produccion-y-consumo-sostenible/>
- Corporación Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia – CTA. (2015). *EVALUACION MULTISECTORIAL DE LA HUELLA HIDRICA EN COLOMBIA*. Medellin.
- Creswell, J. W. (2014). *Investigación cualitativa y cuantitativa*. Pearson.
- Delgado, A. (24 de Marzo de 2021). La huella hídrica de los alimentos: la lista de los más sostenibles según el consumo de agua en su producción. *ABC Estilo*, págs. [https://www.abc.es/estilo/gastronomia/abci-huella-hidrica-alimentos-lista-mas-sostenibles-segun-consumo-agua-produccion-202103240115\\_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.abc.es%2Festilo%2Fgastronomia%2Fabci-huella-hidrica-alimentos-lista-mas-sostenibles-seg](https://www.abc.es/estilo/gastronomia/abci-huella-hidrica-alimentos-lista-mas-sostenibles-segun-consumo-agua-produccion-202103240115_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.abc.es%2Festilo%2Fgastronomia%2Fabci-huella-hidrica-alimentos-lista-mas-sostenibles-seg).
- El Sitio Porcino. (25 de Junio de 2014). Sistema digestivo del cerdo: anatomía y funciones. *elstioporcino.com*, págs. <https://www.elsitioporcino.com/articles/2513/sistema-digestivo-del-cerdo-anatoomaa-y-funciones/>.

- El Tiempo. (22 de Enero de 2021). El mito de que Colombia es un país rico en agua/ Opinión. *El Tiempo*. Recuperado el noviembre de 2024, de <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/el-mito-de-que-colombia-es-un-pais-rico-en-agua-opinion-562091>
- Elmundo.com. (23 de Enero de 2014). Las vísceras, alimentación económica. pág. 1.
- EsAgua. (2022). *EsAgua el valor de la Huella Hídrica*. Obtenido de Agua virtual: el legado de J. Anthony Allan: <https://www.esagua.es/que-es-el-agua-virtual/>
- EsAgua. (2022 de Mayo de 2022). La Huella de Agua y la Norma ISO 14046. Blog Aguas Residuales Info. Obtenido de <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/la-huella-de-agua-y-la-norma-iso-14046>
- EsAgua. (2023). *El Valor De La Huella Hidrica*. Obtenido de La huella hídrica de los alimentos, el agua invisible detrás de nuestra dieta: <https://www.esagua.es/la-huella-hidrica-de-los-alimentos/#:~:text=La%20huella%20h%C3%ADdrica%20es%20un,una%20empresa%20o%20un%20pa%C3%ADs.>
- Esagua. (2023). LA HUELLA DE AGUA LA NORMA ISO 14046.
- Fernández Ortiz, S. Y., Jiménez Méndez, D. C., & Jurado Gallego, A. M. (2019). *Dispositivos básicos del aprendizaje y factores familiares más relevantes que generan dificultades en la adquisición de la lectoescritura en los estudiantes del grado 201, i.e.d. paulo freire, localidad Usme, Bogotá*. Bogotá: Universidad cooperativa de colombia .
- Fernández Ortiz, S. Y., Jiménez Méndez, D. C., & Jurado Gallego, A. M. (2019). *Dispositivos básicos del aprendizaje y factores familiares más relevantes que generan dificultades en la adquisición de la lectoescritura en los estudiantes del grado 201, I.E.D. Paulo freire, localidad Usme, Bogotá*. Bogotá: Universidad Cooperativa De Colombia .

Financiera de Desarrollo Territorial S.A FINDETER. (2019). *INFORME DE HUELLA HIDRICA FINDETER*.

Francisco Iglesias, P. d. (2016). *La comprensión lectora en la educación primaria: proceso, dificultades e intervención*. España - Galicia: Universidad de Santiago de Compostela.

Frigotec. (2013). *frigotec.com*. Obtenido de PLANTAS DE SACRIFICIO:  
<https://frigotec.com.co/plantas-de-sacrificio/>

Fuentes Pérez, M. (2018). *erreese resutaldos sostenibles*. Obtenido de erreese.com:  
<https://erreese.com/huella-hidrica-primeros-pasos/>

Fundación Aqueae. (19 de Diciembre de 2021). *Aque Fundacion*. Obtenido de fundacionaque.org: <https://fundacionio.com/huella-hidrica-que-es-puedes-calcularla-tuya/#:~:text=La%20huella%20h%C3%ADdrica%20gris%20es,calidad%20que%20marca%20la%20ley.>

Fundacion Aqueae. (1 de 03 de 2022). *Aqueae Fundacion*. Obtenido de Fundacionaque.org:  
<https://www.fundacionaqueae.org/historia-del-agua/>

Fundación Aqueae. (2023). *Los tipos de huella hídrica y su impacto mundial*. Madrid España.

García Monje, F., & Pascuas Mayor, S. (2014). *Lecto – escritura estrategia para un mejor desempeño del conocimiento escolar*. Ibagué - Tolima: Universidad del Tolima.

Giraldo Gil, E., & Jaramilo Pineda, C. (2004). *Análisis de una experiencia de escritura de cuentos con niños de educación básica primaria utilizando la herramienta de autoría multimedial Hyperstudio*. Antioquia: Universidad de Antioquia.

Hernández Quiñónez, B., & Hernández Quiñónez, C. A. (2015). *El plan lector como estrategia metodológica para incrementar los procesos de lectoescritura de los niños y niñas del*

*grado quinto de la institución educativa provenza, sede a, de la ciudad de bucaramanga en el año 2015* . Lima- Perú: Universidad Norbert Wiener .

Herrera, H. M. (2011). *Responsabilidad social y etica empresarial*. Ecoe Ediciones.

Hoekstra, A. J. (21 de Diciembre de 2011). The water footprint of humanity. *The water footprint of humanity*. Paises Bajos: Proceedings of the National Academy of Sciences.

HUMBOLDT, I. D. (11 de Septiembre de 2017). *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos*. Obtenido de Instituto de Investigación de Recursos Biológicos:  
<http://www.humboldt.org.co/es/boletines-y-comunicados/item/1087-biodiversidad-colombiana-numero-tener-en-cuenta>

Iberdrola. (2023). La huella hídrica, clave para preservar un recurso natural vital. *La huella hídrica, clave para preservar un recurso natural vital*.

Iberdrola. (2024). *La huella hídrica, clave para preservar un recurso natural vital*. Obtenido de <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-huella-hidrica>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2015). *Evaluación Multisectorial de la Huella Hídrica en Colombia, Resultados por subzonas hidrográficas en el marco del*. Medellín, Colombia.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2023). *Estudio Nacional Del Agua 2022*. Bogotá Colombia: CTA.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2024). *IDEAM*. Obtenido de [ideam.gov.co](http://ideam.gov.co): <http://archivo.ideam.gov.co/web/agua/evaluacion-recurso-hidrico>

Instituto de Ingenieria del Conocimiento. (s.f.). *iic.uam.es*. Obtenido de Analítica descriptiva: <https://www.iic.uam.es/big-data/analitica->



[https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20240%20de%202013.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20240%20de%202013.pdf)

Ministerio de salud y proteccion social, M. (9 de febrero de 2013). Resolucion 240 de 2013.

Bogota, Bogota, Colombia.

Ministerio del Medio Ambiente. (22 de Marzo de 2023). *Ambiente*. Obtenido de minambiente:

<https://www.minambiente.gov.co/colombia-riqueza-hidrica-del-mundo/>

Mitú Alimentaria. (01 de Abril de 2023). *Blog Embutidos* . Obtenido de mutualimentaria.pe:

<https://mutualimentaria.pe/tipos-de-tripas-para-embutidos-cual-es-la-mejor-opcion/>

Mora Gil, B. C. (2016). *Programa de habilidades cognitivas para mejorar la comprensión lectora en niños con dificultades de comprensión del cuarto grado de Primaria en una institución educativa del distrito de San Martin de Porres*. Lima, Peru: Universidad Cesar Vallejo.

Naciones Unidas. (2023). *Paz, dignidad e igualdad en un planeta sano*. Obtenido de Desafios Globales Agua.

Naciones Unidas. (2024). *Naciones Unidas*. Obtenido de un.org: <https://www.un.org/es/global-issues/water>

Nirian, P. A. (2020). *Economipedia*. Obtenido de

<https://economipedia.com/definiciones/sostenibilidad.html>

Nirian, P. O. (2020). *Economipedia*. Obtenido de

<https://economipedia.com/definiciones/sostenibilidad.html>

Nirian, P. O. (2020). *ECONOMIPEDIA*. Obtenido de

<https://economipedia.com/definiciones/sostenibilidad.html>

Ñaupas, Mejía, Novoa y Villagómez, H. (2014). *Metodología de la Investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de la tesis*. Bogotá: Ediciones de la U.

Orellana Nirian , P. (01 de Julio de 2020). *Economipedia*. Obtenido de economipedia.com:

<https://economipedia.com/definiciones/sostenibilidad.html>

Organización de las Naciones Unidas. (Septiembre de 2017). *Naciones Unidas*. Recuperado el

Febrero de 2024, de un.org: [https://www.un.org/es/impacto-](https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/page/agua-limpia-y-saneamiento#:~:text=La%20sequ%C3%ADa%20afecta%20a%20algunos,y%20reiterada%20de%20agua%20dulce)

[acad%C3%A9mico/page/agua-limpia-y-](https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/page/agua-limpia-y-saneamiento#:~:text=La%20sequ%C3%ADa%20afecta%20a%20algunos,y%20reiterada%20de%20agua%20dulce)

[saneamiento#:~:text=La%20sequ%C3%ADa%20afecta%20a%20algunos,y%20reiterada](https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/page/agua-limpia-y-saneamiento#:~:text=La%20sequ%C3%ADa%20afecta%20a%20algunos,y%20reiterada%20de%20agua%20dulce)

[%20de%20agua%20dulce.](https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/page/agua-limpia-y-saneamiento#:~:text=La%20sequ%C3%ADa%20afecta%20a%20algunos,y%20reiterada%20de%20agua%20dulce)

Organización de las Naciones Unidas. (2023). *Cumbre sobre los ODS 2023*. Naciones Unidas.

Obtenido de un.org: [https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-](https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf)

[Development-Goals-Report-2023\\_Spanish.pdf](https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf)

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. (1993).

*Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo*. Roma:

FAO.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). *Afrontar la*

*escasez de agua "Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria*.

Roma: FAO.

Pacto Mundial Red España. (25 de Marzo de 2024). *UN GLOBAL COMPACT*. Obtenido de

[pactomundial.org: https://www.pactomundial.org/noticia/huella-hidrica-que-es-y-como-](https://www.pactomundial.org/noticia/huella-hidrica-que-es-y-como-reducirla-para-hacer-frente-a-la-crisis-del-agua/)

[reducirla-para-hacer-frente-a-la-crisis-del-agua/](https://www.pactomundial.org/noticia/huella-hidrica-que-es-y-como-reducirla-para-hacer-frente-a-la-crisis-del-agua/)

Porcino, E. S. (2014). Sistema Digestivo Del Cerdo: anatomia y funciones.

<https://www.elsitioporcino.com/articles/2513/sistema-digestivo-del-cerdo-anatoma-y-funciones/>.

Pork Colombia, R. (2020). Vision Al futuro En La Produccion De Carne De Cerdo.

<https://porkcolombia.co/wp-content/uploads/2020/12/ED-256-PORKCOLOMBIA-DIGITAL-171220.pdf>, 11.

Presidencia de la Republica. (Noviembre de 2022). Decreto 2016 de 2023. *Decreto 2016 de 2023*. Bogotá, Colombia.

Rendón Echeverri, C. P. (2020). *biblotecadigital.udea.edu.co*. Recuperado el 2024, de

Universidad de Antioquia:

[https://biblotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15033/9/RendonClaudia\\_2020\\_AmbientalGanadoBovino.pdf](https://biblotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15033/9/RendonClaudia_2020_AmbientalGanadoBovino.pdf)

Rendón, E. (2015). La huella hídrica como un indicador de sustentabilidad y su aplicación en el Perú. *Saber y Hacer Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL Vol. 2, N° 1*, 34-47.

*Repsol*. (2023). Obtenido de Que es la huella hidrica y por que es importante:

<https://www.repsol.com/es/energia-futuro/cambio-climatico/huella-hidrica/index.cshtml>

Repsol Global. (2023). *repsol.com*. Obtenido de Repsol Global:

<https://www.repsol.com/es/energia-futuro/cambio-climatico/huella-hidrica/index.cshtml>

Rivera, C. (22 de eNERO de 2021). *Pesquisa Javeriana*. Obtenido de Pesquisa Javeriana:

<https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/el-mito-de-que-colombia-es-un-pais-rico-en-agua/>

Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación 6ª Edición*. Mexico : Mc Graw Hill.

Segui, Garcia y Guerrero, L. (2016). Huella hídrica: análisis como instrumento estratégico de gestión para el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos . *69 Ciencia Nicolaita*, 76-101.

Sistema Argentino de Información Jurídica. (28 de Julio de 2010). Resolución 64/292 de la Asamblea General - Derecho Humano al Agua y El Saneamiento. Nueva York, Estados Unidos.

Sistema Nacional De Ares De Conservacion Costarica SINAC. (2023). *sinac.gov.go*. Obtenido de <https://www.sinac.go.cr/ES/Paginas/Glosario.aspx>

Social, M. D. (31 de enero de 2013).

Tamayo, M. T. (2004). *El proceso de la Investigación Científica 4ª edición*. México: Limusa.

TIEMPO, E. (22 de ENERO de 2021). *El mito de que Colombia es un país rico en agua*.

Obtenido de EL TIEMPO.COM: <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/el-mito-de-que-colombia-es-un-pais-rico-en-agua-opinion-562091>

Tolon Becerra, A., Lastra Bravo, X., & Fernandez Membrive, V. (13 de 05 de 2013). HUELLA HÍDRICA Y SOSTENIBILIDAD DEL USO DE LOS RECURSOS.

Tólon, Bolivar y Fernández, A. (2013). Huella hídrica y sostenibilidad del uso de los recursos hídrico. *M+A. Revista Electrónica de Medio Ambiente, Volumen 14, número 1*, 56-86.

Universidad Veracruzana. (2014). *uv.mx*. Obtenido de <https://www.uv.mx/apps/bdh/investigacion/unidad0/index-0.html>

Vázquez y Lambarri, R. (2017). *Huella hídrica en México: análisis y perspectivas*. Morelos, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua Paseo Cuauhnáhuac.

Veall, F. (1993). *Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Zambrano, Montenegro y Reyes, M. (2018). Estimación de la huella hídrica asociada al proceso de beneficio bovino de la cadena cárnica en los frigoríficos Vijagual y Jongovito (Colombia). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, vol. 65, núm. 3, 235-251.