



Implementación de estrategias orientadas al ahorro y al uso eficiente del recurso hídrico en una planta de beneficio avícola.

Modalidad: Proyecto de Investigación

Gabriela Aguilar Plata  
C.C. 1095911148

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**  
**Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías**  
**Tecnología en Manejo de Recursos Ambientales**  
**Bucaramanga, 05 de junio de 2026**



Implementación de estrategias orientadas al ahorro y al uso eficiente del recurso  
hídrico en una planta de beneficio avícola.

Modalidad: Proyecto de Investigación

Gabriela Aguilar Plata  
C.c. 1095911148

**Trabajo de grado para optar al título de  
Tecnólogo en Manejo de Recursos Ambientales**

DIRECTOR

Alba Josefa Vargas Buitrago  
C.C 63494877

Grupo de Investigación en Ecosistemas y Servicios Ambientales - GIECSA

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**  
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías  
Tecnología en Manejo de Recursos Ambientales  
**Bucaramanga, 05 de junio de 2026**

Nota de Aceptación

Este informe final de trabajo de grado,  
en modalidad de proyecto de investigación, fue APROBADO  
en cumplimiento de uno de los requisitos exigidos por las  
Unidades Tecnológicas de Santander para optar al  
título de Tecnólogo en Manejo de Recursos ambientales  
Según el Acta del Comité de Trabajo de Grado número 16 del 19 de junio de 2026



Firma del Evaluador



Firma del Director

## DEDICATORIA

Este trabajo es, en primer lugar, para Dios, mi refugio, mi fortaleza, la lámpara que ha iluminado cada paso de mi vida y de este proceso académico; su infinita bondad ha logrado que supere dificultades, que guarde la esperanza cuando todo pareciera difícil y que encuentre la sabiduría necesaria para dar cierre a este importante objetivo profesional. También es para mi familia, el sustento principal de mi camino, quienes me han brindado amor, cariño, apoyo incondicional y los mejores ánimos cuando más los he necesitado; a la vez, la confianza en mí que me han otorgado, su sacrificio y los esfuerzos conjuntos los cuales han sido el aliciente que ha hecho que perseverara hasta culminar este sueño largamente deseado; por otra parte, este trabajo es también el resultado de cada uno de los consejos, enseñanzas y gestos de cariño que han alimentado el deseo de crecer tanto personal como profesionalmente.

*Gabriela Aguilar Plata*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco con sinceridad a Dios, quien fue mi guía, mi fuente de fortaleza y sabiduría en todos los momentos de este proceso académico, permitiéndome encarar las dificultades con esfuerzo, y culminar con éxito esta meta profesional; también, agradezco profundamente a mi familia, quienes con su amor, paciencia, comprensión y apoyo incondicional fueron el principal motor de motivación para querer seguir adelante, porque me dieron siempre palabras de ánimo en las situaciones difíciles. Extiendo este agradecimiento a las Unidades Tecnológicas de Santander, especialmente a la Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías y al programa de Tecnología en Manejo de Recursos Ambientales, por traerme los conocimientos, herramientas y espacios de formación necesarios para enriquecer mi crecimiento profesional y personal; de forma muy especial, agradezco la directora del trabajo de grado y a los docentes que acompañaron esta investigación por su orientación, compromiso y sus aportes académicos, que contribuyeron en gran medida al desarrollo y el fortalecimiento de este estudio. Expreso mi agradecimiento a todas las personas y entidades que colaboraron con información, apoyo técnico y recomendaciones, facilitando así la construcción de este proyecto en que el uso eficiente de los recursos y el fortalecimiento de las prácticas sostenibles en el sector avícola, se encuentran relacionados.

*Gabriela Aguilar Plata*

## TABLA DE CONTENIDO

<b><u>RESUMEN EJECUTIVO</u></b> .....	<b><u>11</u></b>
<b><u>INTRODUCCIÓN</u></b> .....	<b><u>12</u></b>
<b><u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</u></b> .....	<b><u>15</u></b>
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>15</b>
<b>1.2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>17</b>
<b>1.3. OBJETIVOS</b> .....	<b>19</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
<b>1.4. ESTADO DEL ARTE</b> .....	<b>21</b>
<b><u>2. MARCO REFERENCIAL</u></b> .....	<b><u>23</u></b>
<b>2.1. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>23</b>
2.1.1. RECURSO HÍDRICO Y SOSTENIBILIDAD .....	23
2.1.2. ECONOMÍA CIRCULAR Y REÚSO DEL AGUA .....	24
2.1.3. GESTIÓN AMBIENTAL EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS .....	26
2.1.4. GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO (GIRH) .....	27
2.1.5. GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA .....	29
2.1.6. EFICIENCIA HÍDRICA .....	30
2.1.7. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN PROCESOS INDUSTRIALES DE BENEFICIO AVÍCOLA .....	31
2.1.8. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL .....	33
2.1.9. HUELLA HÍDRICA COMO INDICADOR DE SOSTENIBILIDAD .....	34
2.1.10. GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN LA INDUSTRIA AVÍCOLA .....	36
2.1.11. IMPACTOS AMBIENTALES DERIVADOS DEL USO DEL AGUA .....	38
2.1.12. TECNOLOGÍAS PARA EL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DEL AGUA .....	39
NORMATIVIDAD AMBIENTAL COLOMBIANA APLICABLE EN EL SECTOR AVÍCOLA.....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b> .....	<b>41</b>
2.2.1. GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO (GIRH) .....	41
2.2.2. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (PML) .....	41
2.2.3. USO EFICIENTE DEL AGUA .....	42
2.2.4. PLANTA DE BENEFICIO AVÍCOLA .....	42
2.2.5. VERTIMIENTOS INDUSTRIALES .....	43
2.2.6. RECIRCULACIÓN Y REÚSO DE AGUA .....	43
2.2.7. LÍNEA BASE DE CONSUMO .....	44

2.2.8. INDICADORES DE DESEMPEÑO AMBIENTAL .....	44
<b>2.3. MARCO LEGAL .....</b>	<b>44</b>
<b>2.4. MARCO AMBIENTAL .....</b>	<b>45</b>
<b><u>3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....</u></b>	<b><u>49</u></b>
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	49
3.2. ENFOQUE.....	49
3.3. MÉTODO .....	50
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....	50
3.5. PROCEDIMIENTO O FASES DE LA INVESTIGACIÓN.....	51
3.6. CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	52
<b><u>4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....</u></b>	<b><u>53</u></b>
4.1. CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL CONSUMO DE AGUA Y ENERGÍA EN LA PLANTA DE BENEFICIO AVÍCOLA.....	53
4.2. DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO Y ENERGÉTICO BASADAS EN PRINCIPIOS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA .....	54
4.3. IMPLEMENTACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DISEÑADAS PARA EL USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO Y ENERGÉTICO.....	55
4.4. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LAS ESTRATEGIAS IMPLEMENTADAS.....	56
4.5. FORMULACIÓN DE RECOMENDACIONES ORIENTADAS A LA SOSTENIBILIDAD Y MEJORA CONTINUA .....	56
<b><u>5. RESULTADOS .....</u></b>	<b><u>58</u></b>
5.1. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL CONSUMO DE AGUA Y ENERGÍA EN LA PLANTA DE BENEFICIO AVÍCOLA .....	58
5.1.1. REGISTRO HISTÓRICO DE CONSUMO DE AGUA Y ENERGÍA .....	58
5.1.2. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE CONSUMO HÍDRICO .....	60
5.1.3. EVALUACIÓN DE EQUIPOS CON ALTO CONSUMO ENERGÉTICO .....	62
5.1.4. ANÁLISIS DE LA LÍNEA BASE DE CONSUMO.....	63
5.2. RESULTADOS DEL DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO Y ENERGÉTICO .....	64
5.2.1. ESTRATEGIAS FORMULADAS BAJO PRINCIPIOS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA .....	65
5.2.2. ESTRATEGIAS PARA OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE LAVADO .....	67
5.2.3. <i>ESTRATEGIAS PARA OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA</i> .....	68
5.2.4. PROGRAMA DE CAPACITACIÓN DISEÑADO .....	70
5.3. RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DISEÑADAS .....	72
5.3.1. IMPLEMENTACIÓN DE DISPOSITIVOS AHORRADORES .....	73
5.3.2. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	75
5.3.3. JORNADAS DE CAPACITACIÓN DESARROLLADAS .....	77

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPRESARIADO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 2.0

5.3.4. ACCIONES IMPLEMENTADAS.....	78
<b>5.4. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LAS ESTRATEGIAS IMPLEMENTADAS.....</b>	<b>80</b>
5.4.1. COMPARATIVO DEL CONSUMO ANTES Y DESPUÉS.....	80
5.4.2. ANÁLISIS GRÁFICO DE REDUCCIÓN DEL CONSUMO.....	81
5.4.3. INDICADORES DE DESEMPEÑO AMBIENTAL.....	83
5.4.4. RESULTADOS AMBIENTALES Y ECONÓMICOS.....	84
<b>5.5. RESULTADOS ASOCIADOS A LA SOSTENIBILIDAD Y MEJORA CONTINUA.....</b>	<b>85</b>
5.5.1. SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL.....	86
5.5.2. RECOMENDACIONES ESTRATÉGICAS DERIVADAS DE LOS RESULTADOS.....	87
<b><u>6. CONCLUSIONES.....</u></b>	<b><u>90</u></b>
<b><u>7. RECOMENDACIONES.....</u></b>	<b><u>92</u></b>
<b><u>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u></b>	<b><u>95</u></b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Fases de la investigación.....	51
<b>Figura 2.</b>	Equipo de mediciones de agua en mal estado .....	60
<b>Figura 3.</b>	Punto crítico en la planta de benéfico .....	61
<b>Figura 4.</b>	Punto crítico de consumo hídrico en el área de lavado .....	62
<b>Figura 5.</b>	Evaluación de equipos con alto consumo energético .....	63
<b>Figura 6.</b>	Comportamiento histórico del consumo de agua y energía durante el periodo evaluado .....	64
<b>Figura 7.</b>	Jornadas de capacitación al personal.....	70
<b>Figura 8.</b>	Implementación de dispositivos ahorradores en áreas de lavado.....	74
<b>Figura 9.</b>	Implementación de dispositivos ahorradores en áreas de lavado.....	75
<b>Figura 10.</b>	Actividades de mantenimiento preventivo en sistemas operativos .....	76
<b>Figura 11.</b>	Jornada de capacitación sobre uso eficiente de recursos.....	78
<b>Figura 12.</b>	Comparativo del consumo de agua y energía antes y después de la implementación.....	82
<b>Figura 13.</b>	Reducción del consumo hídrico y energético posterior a la implementación de estrategias.....	83

**Figura 14.** Sistema de monitoreo y control de vertimientos en la planta de beneficio avícola ..... 87

### LISTA DE TABLAS

**Tabla 1.** Marco Legal ..... 45

**Tabla 2.** Registro histórico de consumo de agua y energía..... 59

**Tabla 3.** Resumen de estrategias de ahorro y uso eficiente del recurso hídrico ..... 66

**Tabla 4.** Estrategia de optimización de sistemas de lavado ..... 68

**Tabla 5.** Cronograma de mantenimiento preventivo para el sistema de refrigeración 69

**Tabla 6.** Programa de capacitación para el cambio de hábitos en el personal operativo ..... 71

**Tabla 7.** Acciones implementadas para la optimización del consumo de agua y energía ..... 79

**Tabla 8.** Comparativo de consumo antes y después de la implementación de estrategias ..... 81

**Tabla 9.** Resultados ambientales y económicos obtenidos posterior a la implementación ..... 84

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo tuvo como objetivo principal optimizar la posibilidad de un uso más eficiente del agua y energía en una planta de beneficio avícola, usando como estrategia la identificación de los puntos críticos de consumo, el diseño y la implementación de mejoras y la evaluación de sus efectos sobre la operatividad y sostenibilidad del sistema productivo. En el plano metodológico, esta investigación se llevó a cabo mediante un enfoque descriptivo y evaluativo, lo que permitió realizar en primer lugar una caracterización de los consumos de agua y de energía mediante medición de caudales, lectura de análisis de facturación y observación directa de los procesos de operación; posteriormente, se definen las estrategias encaminadas a la optimización tecnológica y operativa, como la instalación de dispositivos reguladores de caudal, mantenimiento de los equipos, uso de instrumentos de medición e inclusión de protocolos estandarizados de uso eficiente; igualmente, se desarrollaron jornadas de capacitación y sensibilización dirigidas al personal operativo para el desarrollo de una cultura de uso responsable de los recursos. Los resultados ponen de manifiesto la reducción de consumo de agua y de energía, sobre todo en actividades de limpieza y operación de equipos críticos, teniendo en cuenta que se mejoró el control y la medición de los recursos a partir de indicadores de desempeño; esto permitió mejorar el rendimiento operativo y reducir los costos de consumo de servicios públicos. Para concluir, se puede afirmar que las estrategias demostraron ser técnica y operativamente viables para el mejoramiento del desempeño ambiental y económico de la planta; por tanto, se establece que la sostenibilidad de las acciones depende del seguimiento continuo, de las mejoras permanentes y del fortalecimiento de la cultura organizacional orientada al uso responsable de los recursos.

**PALABRAS CLAVE.** Eficiencia hídrica, eficiencia energética, sostenibilidad ambiental, planta de beneficio avícola, gestión de recursos.

## INTRODUCCIÓN

El agua constituye uno de los recursos naturales más relevantes para el desarrollo de las actividades productivas, sociales y económicas, debido a su papel esencial en los procesos de transformación industrial, la producción de alimentos y la sostenibilidad de los ecosistemas. No obstante, el incremento de las actividades agroindustriales, el crecimiento de la demanda de recursos y las limitaciones asociadas a su disponibilidad han generado una creciente preocupación por la necesidad de implementar estrategias que promuevan su uso eficiente y garanticen su conservación para las generaciones futuras. En este contexto, las organizaciones se enfrentan al desafío de optimizar el aprovechamiento del recurso hídrico mediante la adopción de prácticas sostenibles que permitan reducir consumos innecesarios y minimizar los impactos ambientales derivados de sus operaciones.

Dentro del sector avícola, el recurso hídrico desempeña un papel fundamental en el desarrollo de los procesos productivos, particularmente en actividades relacionadas con el beneficio animal, la limpieza de instalaciones, el lavado de equipos y el mantenimiento de condiciones sanitarias adecuadas. Estas actividades demandan cantidades significativas de agua y energía, lo que convierte a las plantas de beneficio avícola en escenarios prioritarios para la implementación de estrategias orientadas al uso racional de los recursos. Cuando no existen mecanismos adecuados de control, seguimiento y optimización, pueden generarse pérdidas económicas, incrementos en los costos operativos y afectaciones ambientales asociadas al consumo excesivo de agua y a la generación de aguas residuales.

La gestión eficiente del recurso hídrico se ha consolidado como uno de los principales retos de las organizaciones comprometidas con la sostenibilidad ambiental.

En respuesta a esta necesidad, han surgido enfoques como la Producción Más Limpia (PmL), la gestión integral del recurso hídrico y los sistemas de mejora continua, los cuales promueven la prevención de impactos ambientales mediante la optimización de procesos, la reducción de desperdicios y el fortalecimiento de la eficiencia operativa. Estas estrategias no solo favorecen la protección de los recursos naturales, sino que también contribuyen al mejoramiento de la competitividad empresarial mediante la disminución de costos asociados al consumo de agua y energía.

La presente investigación surge a partir de la necesidad de fortalecer la gestión ambiental en una planta de beneficio avícola mediante la implementación de estrategias orientadas al ahorro y uso eficiente del recurso hídrico y energético. El proyecto busca contribuir a la identificación de oportunidades de mejora relacionadas con el consumo de recursos, así como promover acciones que permitan optimizar los procesos productivos desde una perspectiva de sostenibilidad ambiental y eficiencia operacional. De esta manera, se pretende generar beneficios tanto para la organización como para el entorno, favoreciendo el uso responsable de los recursos naturales y el cumplimiento de las disposiciones ambientales vigentes.

Para alcanzar este propósito, inicialmente se realizó una caracterización del estado actual del consumo de agua y energía dentro de la planta, permitiendo identificar los principales puntos críticos asociados a la utilización de estos recursos. Posteriormente, se diseñaron estrategias fundamentadas en los principios de Producción Más Limpia y uso eficiente de recursos, las cuales fueron implementadas mediante acciones técnicas, operativas y formativas dirigidas al personal involucrado en los procesos productivos. Finalmente, se evaluó el impacto de las estrategias desarrolladas y se formularon recomendaciones orientadas a garantizar la sostenibilidad de los resultados obtenidos y promover procesos permanentes de mejora continua.

Metodológicamente, la investigación se desarrolló bajo un enfoque descriptivo y evaluativo, orientado al análisis de las condiciones actuales de consumo y a la valoración de los efectos generados por las estrategias implementadas. El estudio se estructuró en diferentes fases que incluyeron la caracterización inicial, el diseño de acciones de intervención, la implementación de mejoras y la evaluación de resultados mediante indicadores de desempeño ambiental y operativo. La información fue recopilada a través de observación directa, revisión documental, registros de consumo y seguimiento de las actividades desarrolladas dentro de la organización.

La importancia de este trabajo radica en su aporte a la construcción de prácticas empresariales sostenibles dentro del sector avícola, demostrando que la implementación de estrategias de ahorro y uso eficiente del recurso hídrico y energético puede generar beneficios ambientales, económicos y operativos. Asimismo, proporciona una referencia metodológica que puede ser aplicada en otras organizaciones con características similares, contribuyendo al fortalecimiento de la gestión ambiental y al cumplimiento de los principios de desarrollo sostenible promovidos a nivel nacional e internacional.

Finalmente, el documento se encuentra estructurado en siete capítulos. El primero presenta el planteamiento del problema, los objetivos y la justificación de la investigación. El segundo desarrolla los fundamentos teóricos, conceptuales y legales que sustentan el estudio. El tercero describe la metodología empleada para la ejecución del proyecto. El cuarto expone el desarrollo de las actividades realizadas para dar cumplimiento a los objetivos específicos. El quinto presenta los resultados obtenidos durante la investigación. El sexto contiene las conclusiones derivadas del estudio y el séptimo expone las recomendaciones orientadas a fortalecer la sostenibilidad y continuidad de las acciones implementadas.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la planta de beneficio avícola hay un problema relacionado con el inadecuado uso del agua y la energía. Esto causa problemas operativos para varios actores que afectan su desarrollo, ya sea de forma directa o indirecta en la producción; al respecto, Peralta et al. (2021) enfatizan que, lamentablemente, la pésima gestión del agua para la producción de bienes y servicios tiene como repercusiones presiones sobre los costos, sobre todo en el plano de la sostenibilidad territorial, lo cual demuestra que la situación no se aísla, antes bien, parte de un proceso más amplio de uso ineficiente de los recursos en el sector agroindustrial.

En realidad, al examinar las causas básicas de la problemática, se encuentra que faltan estrategias técnicas de consumo eficiente, que suministren en cierta medida información para la utilización de equipamientos con un bajo rendimiento, e incluso para mantenimiento preventivo correctivo que les ayude a ser más eficaces respecto a su operatividad; es de anotar que a esto se suman otras causas secundarias asociadas con prácticas de trabajo tradicionales, formación ineficiente del personal en cuanto al uso racional de los recursos.

De modo que la falta de un sistema de monitoreo en tiempo real de los niveles de consumo es necesaria, porque la ineficiencia de programas que giren en torno a la utilización eficiente del agua en ámbitos productivos suele estar asociada, según Chicaiza et al. (2024), a limitaciones técnicas y de gestión que impiden el uso de métodos más sostenibles.

En medio de estas necesidades, llaman la atención que, por un lado, los gastos de operación suben considerablemente a partir del elevado consumo de agua y de energía y, por el otro, se genera un gran número de vertimientos con cargas contaminantes que afectan gravemente el medioambiente, aspectos que pueden contradecir la normativa aplicable; sobre el particular, Rodrigues (2024) señala que las exigencias reglamentarias, junto con el aumento de las tarifas públicas, elevan vulnerablemente el riesgo económico de las empresas que no disponen de sistemas eficaces de gestión de recursos, lo que pone en peligro la competitividad de las empresas que no las aplican.

Dentro del sector agrícola, es importante tener en cuenta que la agroindustria avícola en Colombia, por la naturaleza de todos sus procesos en general, requiere altos volúmenes de agua; de ahí que cualquier ineficiencia en su uso tenga repercusiones directas en la sostenibilidad del sistema productivo. En ese sentido, la UNESCO (2025) enfatiza que la mejora del ciclo del agua, así como la incorporación de tecnologías eficaces, son claves para asegurar una gestión sostenible; no obstante, en entornos donde predominan las prácticas operativas tradicionales, dichas mejoras pueden ser muy limitadas o tardías, por tanto, las brechas existentes permanecerán muy marcadas.

Por lo anterior, resulta lógico comprender que si esta problemática no se atiende de manera integral, puede extenderse en el mediano y largo plazo generando impactos ambientales acumulativos, pero también derivando en sanciones legales o en la pérdida de competitividad o en la imagen de la compañía ante clientes y entes de control; en concordancia con lo expresado, Arzuaga et al. (2025) indican que la gestión sostenible del agua responde a una cuestión ambiental dentro de un compromiso social y empresarial de incidencia directa en la permanencia de las organizaciones, de forma que la falta de acciones correctivas limita las posibilidades de avanzar hacia otros modelos

de producción más limpia y eficiente, justificando la elaboración de estrategias para optimizar el uso del agua y de la energía en la planta de beneficio avícola. A partir de lo mencionado, la investigación busca responder a la siguiente pregunta: ¿Qué efecto tiene la implementación de estrategias de ahorro y uso eficiente del recurso hídrico sobre los niveles de uso y la disminución de impactos ambientales en una planta de beneficio avícola en Bucaramanga?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La necesidad de desarrollar esta propuesta se fundamenta en el hecho de que una inadecuada utilización del recurso hídrico y energético dentro de la planta de beneficio avícola incrementa considerablemente los costos de producción; aunado a esto, surge un mayor reto en cuanto al manejo de los vertimientos que, entre otras cosas, acrecientan la problemática ambiental, deteriorando la sostenibilidad del sistema productivo en general. Al respecto, Rincón (2024) menciona que modernizar la gestión del agua y la energía significa utilizar menos el recurso, pero también garantizar el cumplimiento de la normativa vigente, siendo esta uno de los aspectos más importantes en aquellos contextos donde las exigencias son cada vez más estrictas, tanto así que intervenir en este problema significa avanzar hacia procesos más eficientes y responsables con el entorno.

De modo que adoptar estrategias que estén diseñadas para el ahorro y la eficiencia del hídrico genera efectos positivos, tanto en la parte técnica como en la ambiental y económica. En fin, esto permite aminorar el consumo innecesario de agua y energía, disminuir la carga contaminante de los efluentes e intentar mejorar el funcionamiento de los equipos y procesos de producción; en este sentido, Chicaiza et al.

(2024) argumentan que la implementación de programas de uso eficiente del agua tiene un impacto distinguido en la mejora del rendimiento productivo y ambiental de las organizaciones; a partir de esto, se considera que este proceso se transforma en prácticas de producción más limpia, lo que permite aumentar la competitividad de las empresas en lugares donde la sostenibilidad se ha convertido en un factor importante.

Tal y como enfatizan Arzuaga et al. (2025), la gestión sostenible del agua es una oportunidad para conciliar la eficiencia productiva y el compromiso con el medioambiente; al gestionar el agua buscando el aprovechamiento de las condiciones naturales y de los recursos, las organizaciones pueden mitigar los efectos negativos del impacto humano sobre el entorno y, a la vez, generar valor social y económico.

La importancia de la propuesta para las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS) reside en que, contribuye de algún modo a fomentar la línea de investigación de la gestión ambiental y producción sostenible de la Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías. De hecho, esta propuesta articula las acciones prácticas que dan respuesta a este tipo de problemas en un contexto regional, lo que favorece las relaciones entre el ámbito académico y el de la producción.

Por consiguiente, el proyecto contribuye al campo del conocimiento de la gestión ambiental aplicada. Por otro lado, aporta a la construcción de conocimientos relacionados con los hábitos sostenibles, considerando que el contexto donde se desarrolla el proyecto es un escenario en el cual la eficiencia en el uso del agua y de la energía se ha convertido en una prioridad del desarrollo sostenible.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Implementar estrategias técnicas y operativas para el ahorro y uso eficiente del agua, mediante la evaluación del consumo actual y la optimización de los procesos de faenado, con el fin de reducir el impacto ambiental y mejorar la sostenibilidad operativa de la planta de beneficio avícola.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Caracterizar el estado actual del consumo de agua y energía en la planta de beneficio avícola, a través de la medición de caudales, registro de facturación y análisis de procesos, a fin de identificar las principales fuentes de ineficiencia y establecer una línea base.

Diseñar estrategias de ahorro y uso eficiente del recurso hídrico, que estén basadas en buenas prácticas, tecnologías disponibles y principios de producción más limpia, que contemplen acciones técnicas y operativas, para optimizar los procesos productivos.

Implementar las estrategias diseñadas en la planta, mediante la ejecución de acciones como ajustes operativos, instalación de dispositivos ahorradores y capacitación al personal, para lograr una reducción efectiva del consumo.

Evaluar el impacto de las estrategias implementadas sobre los niveles de consumo de agua y energía, así como sobre los vertimientos generados, mediante

comparación con la línea base y análisis de indicadores ambientales y económicos, para determinar la eficacia de las medidas aplicadas.

Establecer recomendaciones orientadas a la sostenibilidad de las estrategias y la mejora continua, con base en los resultados obtenidos para asegurar la permanencia de los beneficios a largo plazo.

#### 1.4. ESTADO DEL ARTE

La gestión del recurso hídrico hecha de manera eficiente, hoy por hoy, según Morazán (2024), se ha convertido en un tema relevante dentro de las plantas de beneficio avícola en la última década; esto se le atribuye a la presión normativa, el incremento en los costos operativos y la necesidad de mejorar la huella medioambiental de este sector. Dentro del contexto avícola a nivel global, muchos trabajos de desarrollos tecnológicos e investigación, como el de Carrera & Suárez (2019), evidencian que las plantas de beneficio animal por lo general tienden a presentar altos niveles de consumo de agua durante el proceso de escaldado, eviscerado y lavado.

En Latinoamérica, estudios realizados recientemente, entre ellos la investigación de Castillo et al. (2025), afianzan que la implementación de sistemas de recirculación y el seguimiento digital constante han permitido tener en tiempo real reducciones alrededor de 25% en el consumo hídrico en plantas de sacrificio; esto quiere decir que, a partir de estos porcentajes, la tendencia se aleja del simple ahorro, para centrarse en la reutilización de las aguas tratadas en procesos no críticos como el lavado de los corrales y el transporte de subproductos, como medidas que generan reducciones evidentes en los costos de producción.

Dentro de este orden, en el contexto nacional, el problema relacionado con el recurso hídrico lo han abordado tanto desde la perspectiva territorial como sectorial; al respecto, Peralta et al. (2021) analizaron el desabastecimiento hídrico en el sistema de ciudades colombianas, particularmente en el área hidrográfica Magdalena-Cauca, evidenciando la necesidad de incorporar el ordenamiento ambiental y territorial en la gestión del agua. Por su parte, Chicaiza et al. (2024) evaluaron los programas de uso eficiente y ahorro del agua en el Departamento de Nariño, identificando limitaciones en su implementación y oportunidades de mejora asociadas a la producción más limpia. Es

de anotar que los estudios revelan que, si bien existe un marco normativo y programático para la gestión eficiente del agua, persisten brechas en su aplicación efectiva a nivel de empresas y procesos productivos específicos.

De acuerdo a lo mencionado por Mejía (2025), en la actualidad las tendencias apuntan hacia la integración de diagnósticos energéticos e hídricos, la digitalización de información, el uso de tecnologías de medición en tiempo real y la implementación de sistemas de gestión ambiental alineados con estándares internacionales; pese a todo, existe un vacío en la aplicación sistemática de estas estrategias en plantas de beneficio avícola de carácter regional, especialmente en contextos donde predominan aquellas prácticas operativas tradicionales. A partir de las afirmaciones anteriores, el presente trabajo busca consolidar una propuesta técnica y fundamentada que aporte a la optimización del recurso hídrico y, en efecto, fortalezca el conocimiento que existe y el que se puede generar para investigaciones futuras en el sector avícola.

## 2. MARCO REFERENCIAL

El marco referencial del presente proyecto aborda la problemática del uso ineficiente del recurso hídrico y energético en la planta de beneficio avícola y, en consecuencia, las alternativas para optimizar dicho uso. En ese sentido, la confluencia de todos estos componentes ofrece una visión sólida y ordenada, porque, además de sustentar el análisis del problema, facilita la formulación de estrategias viables y pertinentes, que responden a criterios de sostenibilidad, eficiencia de la operación y responsabilidad en el manejo ambiental, lo que resulta fundamental para conseguir que la propuesta articule en forma adecuada el contexto productivo y los requerimientos que actualmente se manejan desde el ámbito ambiental.

### 2.1. MARCO TEÓRICO

En este contexto, el marco teórico reúne los principios sobre el uso eficiente del agua y la energía, la producción más limpia y la mejora de los procesos de producción. De ahí que estas teorías definidas a continuación ayuden a entender técnicamente la situación identificada.

#### 2.1.1. *Recurso Hídrico Y Sostenibilidad*

En el contexto de la gestión ambiental actual, el recurso hídrico ha dejado de ser un insumo operativo para constituirse, por cierto, en un factor estratégico esencial para la estabilidad de los sistemas de producción. De acuerdo con Barreto (2025), gestionar el recurso hídrico de manera efectiva, además de proporcionar agua para los procesos de transformación, también permite entender todo su ciclo, que va desde la recolección

hasta la disposición de los desechos tratados dentro de los altos estándares de eficiencia. Esta concepción de alguna manera se considera importante para asegurar la seguridad hídrica en sistemas agroindustriales de tipo intensivo; por lo tanto, el recurso hídrico se entiende actualmente como un activo natural limitado y valioso, cuya gestión debe estar en línea con la resiliencia climática y la optimización tecnológica (Díaz, 2025).

Si bien el agua es el componente transversal del desarrollo sostenible, con una gestión adecuada se puede alcanzar el equilibrio idóneo para la satisfacción del bienestar económico, el avance social y el mantenimiento de la integridad de los ecosistemas (Garros & Safar, 2020). En ese sentido, se puede decir que en un mundo en total transformación, la mejora de los ciclos de obtención de agua y la introducción de tecnologías adecuadas son un deber social que debe garantizar la satisfacción de los requerimientos de las generaciones venideras (Pano, 2023).

En la industria agroalimentaria, el agua es importante por su papel biológico e higiénico, pero también porque promueve la responsabilidad social y ambiental que ayuda a que las organizaciones funcionen; por ende, el uso eficiente del agua es una forma de compromiso social que afecta a la permanencia y competitividad de las empresas en unos mercados globales cada vez más exigentes (Hu, 2025). De ahí que los principios de sostenibilidad busquen transformar los diseños tradicionales extractivos en sistemas cerrados y centrados en la reducción en la fuente, la optimización de procesos y el reciclaje del recurso.

### ***2.1.2. Economía Circular Y Reúso Del Agua***

La economía circular se conceptualiza como un paradigma de restauración y regeneración que entra en conflicto con el modelo lineal de "tomar-hacer-desechar" en

el contexto de la gestión ambiental industrial (Espinoza, 2023). Por tanto, el paradigma de la economía circular propone una transición hacia sistemas que aseguren la preservación del valor de los materiales y productos durante el mayor período posible dentro del ciclo productivo, minimizando la generación de residuos y la extracción de materias primas vírgenes. Conforme a lo mencionado por Manosalva et al. (2023), la innovación circular en la cadena de valor avícola contribuye a la reducción de los impactos ambientales, además de contribuir a la responsabilidad social corporativa de manera más holística.

En este contexto, el agua se valora como un recurso estratégico limitado, y no como un recurso infinito, toda vez que el logro de este objetivo posibilita que las entidades agroindustriales armonicen sus metas económicas con la preservación del capital natural y la resiliencia climática. Según Castro et al. (2025), la operatividad técnica de la economía circular, específicamente implementada en el sector avícola, se lleva a cabo a través del reúso y la recirculación de agua en periodos críticos y en periodos secundarios del proceso; por ende, se conceptualiza como reúso el empleo de efluentes que han sido sometidos a tratamiento hasta alcanzar la calidad requerida para diversas aplicaciones.

Con respecto a la recirculación, se contempla su utilización con el objetivo de reducir la demanda de agua, siempre y cuando se dé desde una perspectiva técnica, puesto que se ha discutido la viabilidad de integrar diversos sistemas de filtrado primario para la recuperación de agua de los condensadores; es decir, que esta agua, tras someterla a un tratamiento químico necesario, puede ser utilizada en procesos que no necesitan tratamiento para obtener agua potabilizada (Padilla, 2021). Esta estrategia es fundamental para la optimización del equilibrio hídrico global de la planta y para incrementar la presión sobre las fuentes de suministro primarias.

De modo que la implementación de estrategias para la gestión de recursos genera efectos positivos de naturaleza dual, que potencian la sostenibilidad operativa de la instalación (Moreira et al., 2024). Por consiguiente, desde una perspectiva ambiental, la recirculación provoca una reducción significativa en el volumen de agua captada, lo que conlleva una disminución en la cantidad de vertimientos producidos y su correspondiente carga contaminante; esto de alguna manera se adhiere a las directrices establecidas en la Resolución 0631 de 2015 y adicionalmente reduce la presión sobre los ecosistemas acuáticos locales, teniendo en cuenta que dentro del contexto económico, el ahorro se manifiesta como la disminución del costo operativo asociado a la facturación de servicios públicos y la reducción de las tasas de remuneración a los desembolsos.

### **2.1.3. Gestión Ambiental En Los Sistemas Productivos**

**2.1.3.1. Producción Más Limpia (PML) Y Optimización De Procesos Productivos.** La Producción Más Limpia (PML) consiste en diseñar un plan que disponga de ciertas alternativas que faciliten de algún modo mejorar la eficiencia de las operaciones industriales para, simultáneamente, reducir los riesgos tanto en el medioambiente como para la salud humana. Dicho de otra manera, PML representa una estrategia preventiva de los procesos productivos que pretenden disminuir los impactos medioambientales desde el punto de partida, haciendo un uso efectivo de las materias primas, el agua y la energía.

Al respecto, Cortez (2023) señala que la PML busca, entre otras cosas, aumentar la eficiencia global de las operaciones industriales y reducir los riesgos para el medioambiente y la salud humana. Por consiguiente, fomenta el uso de tecnologías mejoradas, modificaciones operativas y buenas prácticas que impulsan la sostenibilidad empresarial.; además, su implantación permite a las empresas adaptarse a las

exigencias normativas y a los mercados que requieren productos con menor huella ambiental.

La optimización de los procesos productivos está directamente relacionada con la PmL, toda vez que se enfoca en mejorar las operaciones de manera continua; esto seguramente se logra al detectar ineficiencias, reducir desperdicios y maximizar el rendimiento. En esa misma línea, autores como Paz et al. (2024) apuntan que la optimización implica analizar de manera ordenada cada etapa del proceso para introducir ajustes que incrementen la productividad sin aumentar el recurso empleado.

De modo que herramientas como el análisis de flujo de procesos, la estandarización de operaciones o la incorporación de tecnologías eficientes favorecen la consecución de un equilibrio entre desempeño económico y responsabilidad ambiental; además, la digitalización y la monitorización en tiempo real refuerzan la toma de decisiones basadas en datos dentro de los sistemas productivos.

#### **2.1.4. Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH)**

La Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) en el sector agroindustrial representa un enfoque sistemático orientado a optimizar la utilización y gestión del agua. En otras palabras, según lo enfatizado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, su objetivo es optimizar el bienestar económico y social sin comprometer la sostenibilidad de ecosistemas significativos (ANLA, 2022). Este modelo, por todo lo que representa, va más allá de solo proporcionar agua para la transformación porque abarca todo el ciclo del agua de la planta; esto de alguna manera requiere tener la captación inicial del recurso hasta la gestión y disposición de los efluentes tratados, funcionando con un alto nivel de eficiencia. Al respecto, Vargas & Otálvaro (2022)

señalan que los fundamentos que sustentan el modelo se dirigen hacia la transición de sistemas de extracción tradicionales hacia los de economía circular; por tanto en estos sistemas, el agua se percibe como un recurso natural restringido y fundamental para la seguridad alimentaria y la resiliencia climática.

Dentro del marco de la producción avícola intensiva, el agua empleada en la producción adquiere una relevancia y necesidad estratégica, dado que se manifiesta a través de la implementación de prácticas tecnológicas y operativas orientadas a la reducción del consumo hídrico, manteniendo simultáneamente el cumplimiento de las normativas sanitarias e higiénicas (UNESCO, 2021). De esta manera, la eficiencia se manifiesta en los procesos de mayor consumo, tales como el escaldado y el lavado, donde es necesario realizar un control normalizado de los flujos de agua, así como identificar posibles pérdidas para una medición precisa de los indicadores de eficiencia del consumo de agua; en ese sentido, Ruiz (2024), enfatiza que la utilización adecuada del recurso reduce la presión que ejercen las fuentes de suministro, logrando además convertirse en una ventaja competitiva, al reducir costos operativos y adaptar a la organización de recursos a las exigencias de mercados globales sostenibles.

De conformidad con lo anterior, la operativa de la gestión integral debe sustentarse en los diferentes instrumentos, tanto técnicos como estratégicos, que se consideren necesarios para el control en línea, como por ejemplo cuando se tienen consumos inusuales o fugas; para ello, según Figueroa (2019) se debe optar por las más efectivas, tales como aquellas con sendas orientaciones hacia la Producción Más Limpia (PmL) - prevención en la fuente - anexando dispositivos ahorradores a los procesos, entre ellas las boquillas de aspersion cerradas y reguladores de flujo.

### **2.1.5. Gestión Integral Del Recurso Hídrico En La Industria Agroalimentaria**

En la agroindustria, el uso del agua requiere desarrollar y gestionar adecuadamente los recursos hídricos, porque a partir de una gestión apropiada se mejora el bienestar tanto económico como social, siempre y cuando no se dañe a los ecosistemas que, por cierto, son de vital importancia. De acuerdo con Sánchez & Peñalver (2025), ese enfoque no es únicamente la entrega del agua para los procesos de transformación, sino que se extiende al total del ciclo, abarcando la captación hasta la gestión de los efluentes tratados en condiciones de alta eficiencia.

En la industria agroalimentaria, usar este enfoque brinda muchas oportunidades orientadas a cada etapa del proceso para disminuir el uso de agua; de hecho, ayuda a mejorar la conexión de la empresa con el medioambiente. Al respecto, Gárate et al. (2021) enfatiza que, en la vinculación con el sector y en la industria, una adecuada gestión de los recursos hídricos debe incluir el uso de tecnologías que sean capaces de monitorear en tiempo real; es decir, esto posibilita reconocer consumos no habituales y al mismo tiempo prestar particular atención a las etapas del proceso de escaldado y lavado.

Ahora bien, desde un punto de vista técnico, la gestión integral del recurso hídrico en la industria agroalimentaria ayuda a que el sector avícola se ajuste a diferentes climas y a la escasez de agua al reutilizar aguas tratadas en procesos secundarios; esto, de alguna manera, asegura la seguridad alimentaria y la calidad del producto final. Según Ríos-Badilla et al. (2022), desde esta perspectiva, el uso óptimo se transforma en una ventaja competitiva, puesto que disminuye los costos por salarios al tiempo que ayuda a adaptarse a la creciente demanda de los mercados globales sostenibles. De modo que mezclar políticas de producción más limpia con la gestión del agua ayuda a las empresas

agroindustriales a pasar de un sistema extractivo a uno de economía circular, donde el agua es vista como un recurso natural limitado y valioso.

Por otro lado, Rodríguez & Martínez (2020) señala que la gestión del agua tiene que cumplir con la normativa nacional vigente y también con aquellos objetivos de desarrollo sostenible que exigen una gran reducción de la contaminación de los desechos industriales, de manera que la gestión integral constituya el elemento que sostiene el funcionamiento con la responsabilidad social y ambiental de la planta de beneficio avícola; de ahí que, se puedan cuidar los recursos para las futuras generaciones sin descuidar al mismo tiempo el funcionamiento económico.

### **2.1.6. Eficiencia Hídrica**

La eficiencia hídrica, en el contexto de la industria alimentaria, puede ser definida como la implementación activa de prácticas tecnológicas u operativas orientadas a la minimización del consumo de agua por unidad productiva (Fimbres et al., 2025). Esto se hace sin menoscabar en ningún caso los criterios higiénicos y sanitarios que deben constituir el fundamento de la inocuidad del producto final; teniendo en cuenta que dicha aceptación trasciende la mera acumulación de ahorros y se basa en la implementación de una transición de la extracción hacia un enfoque de economía circular. Esto significa que en este modelo, el agua se considera como un recurso natural limitado, estratégico y de significativo valor para la seguridad hídrica en sistemas de atención intensiva; según lo argumentado por Cardona & Suárez (2024) en el escenario colombiano, la eficiencia hídrica se erige como un componente esencial en la administración ambiental corporativa, incorporando la integración del mantenimiento preventivo de la infraestructura hidráulica con la optimización del proceso operativo de la planta, y por otro lado, la concienciación del capital humano para eliminar el consumo superfluo.

No obstante, para asegurar la validez técnica de la administración hídrica, resulta determinante la utilización de indicadores de rendimiento ambiental, que sean cuantificables, que conviertan datos complejos en información valiosa para la formulación de decisiones estratégicas (Moran et al., 2024). Se considera que, en el ámbito avícola, los indicadores fundamentales se derivan de la medición del consumo de agua en relación con la cantidad de producto producido, así como del volumen de vertimientos creados en vínculo con la línea operativa fundamental.

Es de anotar que estos instrumentos facilitan la evaluación de la eficacia de las medidas implementadas y el cumplimiento de los criterios establecidos por estándares de calidad internacionales, tal como la norma ISO 14031; así mismo, facilitan la identificación de las áreas de optimización de los diversos medios y recursos disponibles en la organización para cumplir con la legislación en vigor (Cortés, 2024). De modo que la gestión basada en indicadores permite en última instancia tener un control exhaustivo de los recursos, pero también se convierte en el punto de partida hacia la mejora continua de la planta.

### ***2.1.7. Eficiencia Energética En Procesos Industriales De Beneficio Avícola***

La eficiencia energética en el proceso de transformación de la carne avícola se muestra como la capacidad de racionalizar el uso de la energía a lo largo de los diferentes procesos de producción, de tal manera que se reduzcan los gastos sin que esto suponga una merma en la calidad y la inocuidad del producto; en este sentido, autores como García (2023) definen la eficiencia como la reducción del consumo energético, pero también incardinada en las tecnologías limpias y las prácticas de funcionamiento que van a agrandar la operativa del sistema completo; por ello, esta perspectiva se relaciona con

la sostenibilidad industrial, considerando que tiene en cuenta las variables económicas, ambientales y técnicas que van a maximizar la competitividad del sector avícola en situaciones de elevada demanda energética.

Es necesario recalcar que, en los procesos industriales, el mayor consumo energético en relación con la producción de la carne avícola se produce en operaciones tales como escaldado, desplumado, eviscerado, refrigeración y almacenamiento, donde se aplica intensamente vapor, electricidad y sistemas de frío. Tal como lo expresa Arizala et al. (2023), estas actividades requieren de estrategias específicas de optimización, pero también la aplicación de auditorías energéticas, mantenimiento preventivo de los equipos y automatización de los procesos que permiten detectar pérdidas y mejorar la operativa, además de aprovechar el calor residual y modernizar los sistemas de refrigeración para reducir la huella energética que, entre otras cosas, pasa a ser un elemento importante para la sostenibilidad y reducción de los costos en las plantas de beneficio avícola.

Investigaciones recientes como la de Pérez & Rogel (2024) indican que la eficiencia energética hay que abordarla desde una perspectiva integral para lograr contemplar la gestión tecnológica y la formación del talento humano; ahora bien, para el uso racional de la energía, la cultura organizacional respalda la toma de decisiones al tiempo que promueve prácticas responsables en todos los niveles del proceso productivo.

En ese sentido, la implementación de normas internacionales y sistemas de gestión energética como la ISO 50001 favorece la mejora continua y el seguimiento periódico del consumo, lo que permite a las empresas avícolas responder a las demandas del mercado y a los retos ambientales actuales a través de procesos más eficientes y sostenibles (Buriticá et al., 2021).

### **2.1.8. Evaluación Del Desempeño Ambiental**

#### **2.1.8.1. Indicadores De Desempeño Ambiental Y Evaluación De Impacto.**

Los indicadores de rendimiento ambiental se identifican por ser una herramienta cuantificable esencial, por cierto, a la hora de medir, monitorear y comunicar el comportamiento de una organización respecto a sus impactos frente al medioambiente. Respecto a ello, Gesé et al. (2021) enfatizan que los indicadores de rendimiento traducen aspectos complejos en información que puede ser utilizada para la toma de decisiones, permitiendo de este modo la evaluación del uso de recursos, la generación de emisiones y la gestión de residuos; de ahí que su uso en el interior de los sistemas de gestión ambiental permita seguir e intentar la mejora del rendimiento organizacional. Ahora, su interconexión con la ISO 14031 permite aumentar la capacidad de las empresas para conocer las posibilidades de optimización e incrementar las garantías de cumplimiento de la legislación en entornos productivos cada vez más exigentes.

Si bien la evaluación del impacto ambiental está constituida por un proceso sistemático, también se enfoca en calcular, prever y valorar los efectos que una actividad o un proyecto puede ocasionar en el medio ambiente; en relación al tema, autores como Mateo (2020) declaran que dicho estudio permite prever los riesgos y establecer medidas de prevención, mitigación o compensación previas a la ejecución de las actividades, de modo que la interconexión entre indicadores de rendimiento y evaluación del impacto permite tejer una visión sobre el comportamiento ambiental de las organizaciones, puesto que no solo se miden los que ocurren, sino que también se proyectan los discursos futuros. Además de ello, este enfoque asegura el refuerzo de la sostenibilidad empresarial al integrar en la planificación y gestión de los procesos productivos aspectos técnicos, sociales y ambientales.

### **2.1.9. Huella Hídrica Como Indicador De Sostenibilidad.**

Desde la perspectiva de la gestión ambiental contemporánea, la huella hídrica se conceptualiza como una cuantificación precisa de la cantidad de agua dulce requerida para la producción de bienes y servicios que consume un individuo, una comunidad o una organización específica; esto, en contraste con las mediciones convencionales que solamente computan el agua extraída de forma excepcional (Seguí-Amórtegui et al., 2016). Por tanto, en el contexto de sostenibilidad la huella hídrica proporciona una perspectiva más sofisticada del impacto que se ejerce sobre el recurso, además del agua consumida durante el proceso productivo. Según Castaño et al. (2025), la huella de agua resulta beneficiosa para las industrias, dado que facilita la comprensión de su dependencia del agua y la formulación de estrategias de gestión orientadas a mantener una participación activa en mercados globales enfocados hacia la sostenibilidad.

Dentro del sector avícola, este indicador se convierte en un instrumento inicial para la optimización de la huella ambiental, de acuerdo con Beuchat et al. (2025), esto permite responder a las exigencias normativas y a los costos operativos ascendentes requeridos por la producción; de ahí que la huella hídrica se componga de tres módulos técnico-organizativos que facilitan la identificación de la procedencia del agua empleada en las prácticas productivas, pero simultáneamente determinan su destino entre ellas están:

- **La huella hídrica verde:** se refiere al volumen de agua pluvial acumulada en el suelo en forma de humedad, utilizada en la agricultura, mientras que en la avicultura desempeña un papel crucial en el proceso de producción de alimentos animales (cereales para el alimento balanceado/granos) que sostiene a las aves.
- **La huella hídrica azul:** hace alusión al empleo de agua superficial o subterránea en el proceso de producción. Dentro de un matadero, la huella hídrica de esta naturaleza se asocia directamente con los procesos de escaldado, de canales o

limpieza de instalaciones, en los que se requiere agua dulce extraída de redes de agua dulce o pozos.

- **La huella hídrica gris:** se define como un indicador de contaminación del agua dulce, cuantificado como el volumen de agua dulce requerido para mantener el nivel de carga contaminante hasta alcanzar los niveles de calidad ambiental aceptados.

De acuerdo con la Federación Nacional de Avicultores de Colombia, en el contexto particular de las plantas avícolas en Colombia, la huella gris está intrínsecamente vinculada al cumplimiento de las normativas para el desecho de aguas residuales conforme a la Resolución 0631 de 2015; esto considera la relevancia de la carga orgánica y de sólidos producidos durante un proceso de producción (FENAVI, 2020). Por tanto, los principios técnicos de la huella hídrica en los sectores industriales se fundamentan en metodologías estandarizadas, como la propuesta por la Red de Huella Hídrica o la estipulada en la norma ISO 14046. Estas metodologías facilitan su sistematización a través de sus análisis, la cuantificación de los flujos de agua, la evaluación del estado de los impactos ambientales locales y la formulación de estrategias de mitigación.

En consecuencia, la implementación en el sector agroindustrial tiene la capacidad de especificar elementos operativos complejos y transformarlos en información valiosa para la toma de decisiones. Esto, de alguna manera, permite a las organizaciones establecer un marco de referencia que ayude a optimizar procesos y minimizar los cuellos de botella; de ahí que el cálculo exacto de la huella hídrica facilite la transición de la planta desde una perspectiva tradicional de ahorro hídrico hacia una perspectiva de economía circular, en la que el agua se valora como un recurso limitado y estratégico.

### **2.1.10. Gestión Del Recurso Hídrico En La Industria Avícola**

**2.1.10.1. Industria Avícola Y Demanda Hídrica.** La industria avícola en Colombia se caracteriza por ser un sector altamente intensivo en el uso de recursos hídricos (Guerrero, 2021). Este fenómeno, en cierta medida, se atribuye a la dependencia que los procesos de transformación y beneficio de la explotación avícola presentan de un recurso; ahora bien, en el actual escenario, debido a su insuficiencia, el agua resulta esencial para garantizar tanto la funcionalidad de sus procesos de transformación en la incertidumbre como el producto resultante de la cadena productiva.

Dentro del proceso productivo, el recurso hídrico que generará huella se distribuye a través de las diversas etapas críticas que implican las operaciones de escaldado, desplumado, eviscerado y lavado de canales; de hecho, en el estudio de Calderón & Cueto (2025) se ha constatado que dentro de la cadena de operación del agua, las etapas críticas que evidencian un consumo más elevado son las del escaldado y el eviscerado. En términos generales, se puede decir que el agua puede desempeñar un papel como medio de transferencia de calor o como un agente de limpieza capaz de generar la separación de subproductos o carga orgánica.

En este contexto, académicos como Torres & Serrano (2024) alertan que una gestión inadecuada durante estas etapas puede conllevar un incremento significativo en los volúmenes de consumo; en consecuencia, se recomienda la instauración de sistemas de supervisión y control para centrarse en la gestión de la demanda en cada fase del proceso de faenado. Si bien el consumo de agua se correlaciona estrechamente con las tareas de limpieza y desinfección de las instalaciones, una limpieza meticulosa demanda volúmenes significativos de agua que se ajusten a los rigurosos protocolos de bioseguridad e inocuidad de alimentos.

No obstante, la evidencia técnica hace conocer que buena parte del consumo de agua asociado a estas actividades se correlaciona también con prácticas de operación como el uso de mangueras de agua sin la incorporación de dispositivos de control de flujo o presión, involuntarias e indiscriminadas de agua, por válvulas abiertas, para compensar la falta de automatismos (Álvarez et al., 2024). Para contrarrestar este efecto, se quiere promover la implementación de protocolos de limpieza ecoeficientes que antepongan una limpieza mecánica previa de sólidos (plumas y vísceras) a la aplicación de agua a presión, reduciendo así la carga contaminante de los vertimientos y el volumen de agua fresca que se utiliza.

**2.1.10.2. Características De Las Aguas Residuales Avícolas.** En el campo de la avicultura, la gestión de los efluentes líquidos, y más en la industria de la transformación cárnica aviar, supone uno de los principales problemas ambientales para este sector; esto en cierta medida se debe a que la naturaleza de los procesos de transformación cárnica requiere cantidades significativas de agua que posteriormente acaban siendo desechadas con una carga contaminante compleja (Hoof et al., 2018b). Por lo tanto, las aguas residuales avícolas se definen como aquellos efluentes que son el resultado de las distintas fases del proceso de sacrificio y que han modificado su estructura original debido a la adición de residuos orgánicos y químicos.

Con base en lo mencionado por Moreno et al. (2023), el origen de estos vertimientos es el resultado de múltiples procesos que se ejecutan dentro de la planta, principalmente en las áreas de mayor demanda hídrica, como en la zona de escaldado, eviscerado y lavado de canales; teniendo en cuenta que son las fuentes primarias que generan a escala considerable gasto de aguas residuales, a esto se le suman las jornadas de limpieza y desinfección de las instalaciones y equipos.

Desde el punto de vista técnico, las aguas residuales de este sector se reconocen por tener alta carga orgánica; todo se debe según Bustos et al. (2023), a su complejidad química, que responde directamente a los subproductos del sacrificio. Ahora bien, aunque las fuentes no proporcionan los valores numéricos en los parámetros de medición, como son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) o la Demanda Química de Oxígeno (DQO), advierten que el efluente tiene un alto contenido en materia orgánica biodegradable y en sólidos suspendidos (Mendo, 2025).

### ***2.1.11. Impactos Ambientales Derivados Del Uso Del Agua***

La actividad industrial en la avicultura, debido a su modalidad de operación, provoca un nivel significativo de vertimiento de excretas con alta carga orgánica, que generalmente se compone de un volumen considerable de líquidos biológicos, de operación, grasas y sólidos suspendidos del personal (Vargas & Malagon, 2022). Ahora bien, en caso de que estos efluentes se almacenen sin un tratamiento que cumpla con las regulaciones y los límites permitidos establecidos en la Resolución 0631 de 2015, se produce automáticamente una degradación de las propiedades, tanto químicas como físicas, de los cuerpos de agua superficiales.

Dentro de estos impactos ambientales, existe un riesgo potencial de contaminación de los acuíferos subterráneos mediante la lixiviación de contaminantes en regiones donde los lodos y los residuos utilizados en el tratamiento de aguas residuales se gestionan de manera inapropiada (González et al., 2025). Esta acción, en cierto modo, puede modificar la estructura del suelo y su funcionalidad, comprometiendo en numerosas instancias la potabilidad de los recursos hídricos en los estratos inferiores, teniendo en cuenta que esta descarga en las fuentes de suministro de aguas residuales puede inducir procesos de eutrofización, dando como resultado una reducción de los

niveles de oxígeno disuelto en el agua. Este cambio químico está asociado con la disminución de la biodiversidad en las fuentes acuáticas, tanto en la flora como en la fauna, así como en los ecosistemas asociados a estas y en aquellos que están afectados por la vegetación.

En relación con este asunto, , sostiene que es imperativo salvaguardar la integridad de los ecosistemas que se encuentran bajo la presión de la explotación industrial. De modo que la utilización indebida del agua conlleva profundas repercusiones sociales y jurídicas, más allá de los perjuicios ecológicos. La degradación de la materia orgánica en los vertimientos y la inadecuada gestión de subproductos resultan en la generación de olores fétidos que contribuyen a la degradación de la calidad del aire y la salud ambiental de las comunidades adyacentes.

### ***2.1.12. Tecnologías Para El Aprovechamiento Sostenible Del Agua***

La transición hacia la sostenibilidad en el ámbito del manejo de aves de corral demanda un cambio desde los métodos de tratamiento tradicionales, que permiten únicamente la verificación de determinados valores de vertido, hacia tecnologías emergentes que integran la digitalización y el control en línea (Ochante-Ramos et al., 2024). Históricamente, los tratamientos convencionales han optado por el tratamiento de "final de tubo", orientado exclusivamente hacia la disminución de la carga orgánica y de sólidos suspendidos previo al vertido final, según lo estipulado en la Resolución 0631 de 2015. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, las tendencias contemporáneas propician la implementación de tecnologías eficaces para el ciclo hidrológico desde la fuente, tales como sistemas de automatización para el control de presiones y dispositivos digitales de medición (CEPAL, 2021).

Las tecnologías emergentes facilitan la identificación anticipada de cargas, fugas y consumos incorrectos, transformando la gestión tradicional en un modelo basado en datos técnicos y la eficiencia de procesos; de acuerdo con Pérez (2025), la configuración física de una sección del proceso de extracción de efluentes avícolas constituye la arquitectura técnica de la planta de beneficio. Dentro de este marco, el subsistema de separación juega un papel fundamental en la administración del tratamiento biológico, puesto que fomenta las condiciones óptimas para la gestión de efluentes con un elevado contenido de carga orgánica y potencialmente con residuos mecánicos entre estas condiciones están:

- **Procedimientos de filtración y sedimentación:** Se identifican los componentes fundamentales para la propuesta de un sistema de filtración primaria que facilite la eliminación de sólidos suspendidos, plumas y vísceras, todo ello con el objetivo de prevenir la interrupción de los subsistemas subsecuentes (la gestión de efluentes).
- **Tratamiento biológico:** A pesar de que el proceso avícola produce vertimientos de alta biodegradabilidad, es indiscutible que, para salvaguardar el alcance del tratamiento biológico que debe estabilizar la materia orgánica producida a partir de fluidos biológicos y tejidos, se requiere una gestión meticulosa de su tratamiento.

El desempeño alcanzado por estos sistemas se potencia con la incorporación de estrategias de Producción Más Limpia (Pml), las cuales fomentan la eliminación mecánica de sólidos a secas, lo que resulta en un incremento en la disminución de la carga contaminante que alcanza las etapas de tratamiento biológico y una optimización de la dosis de agua a presión. Según Benavides & Caro (2024) la recirculación y el reúso

representan las tácticas tecnológicas con mayor capacidad para lograr la finalización de ciclos hídricos en la agroindustria contemporánea.

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

En el marco de la ejecución del presente proyecto, el marco conceptual se configura debido a su competencia como eje estructural, el cual permite guiar la comprensión de los procesos vinculados a la utilización del recurso hídrico en plantas de beneficio avícola.

### ***2.2.1. Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH)***

Se caracteriza como un proceso que fomenta la administración y desarrollo sincronizado del agua, el suelo y los recursos asociados, con el objetivo de optimizar el bienestar económico y social de manera equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas esenciales (Vargas & Otálvaro, 2022). En realidad, proporciona un marco teórico para la comprensión del agua no solo como un recurso, sino como un activo estratégico que requiere una gestión integral durante su ciclo: desde su captación hasta su vertimiento tratado. En consecuencia, se postula que constituye el eje estructural que orienta la planificación de la planta de beneficio con el objetivo de equilibrar su rentabilidad con el compromiso ambiental.

### ***2.2.2. Producción Más Limpia (PmL)***

Se refiere a la implementación constante de una estrategia ambiental preventiva integrada en los procesos, productos y servicios, con el objetivo de incrementar la

eficiencia global y minimizar los riesgos para los seres humanos y el entorno natural (Hoof et al., 2018). En consecuencia, simboliza el enfoque metodológico que prioriza la identificación de ineficiencias y desechos desde el inicio del proceso, priorizando la prevención por encima del tratamiento al final del tubo. De este modo, sustenta la formulación de las estrategias de ahorro sugeridas, facilitando la transición de un sistema extractivo convencional hacia un modelo de economía circular.

### **2.2.3. Uso Eficiente Del Agua**

Es la implementación de métodos tecnológicos y operativos para reducir el consumo de agua por unidad de producción, manteniendo la calidad y la seguridad requeridas. De acuerdo con la legislación colombiana (Ley 373 de 1997), representa la estrategia primordial para disminuir el consumo innecesario a través de la optimización de procesos y el mantenimiento preventivo (Castaño et al., 2025). Este constituye el propósito primordial del proyecto, implementado específicamente en las áreas de mayor demanda, tales como el escaldado, eviscerado y lavado de canales; por esa razón, el propósito de este estudio es suministrar datos pertinentes y pormenorizados sobre el asunto en cuestión.

### **2.2.4. Planta De Beneficio Avícola**

Es una institución industrial dedicada al sacrificio y explotación de aves de corral, bajo condiciones higiénico-sanitarias rigurosas para asegurar la idoneidad del producto para el consumo humano; de ahí que el contexto de la evaluación técnica se centre en el sector industrial de elevada intensidad hídrica y energética (FENAVI, 2024). En ese sentido, la unidad de análisis constituye el espacio en el que se lleva a cabo la caracterización de los consumos y la validación de las estrategias operativas; en relación

con esto, el objetivo de este estudio es proporcionar información pertinente y detallada sobre el tema.

### **2.2.5. Vertimientos Industriales**

Se trata de descargas líquidas derivadas de los procesos de producción industrial, las cuales contienen materia orgánica, sólidos y desechos químicos, y son vertidas a cuerpos de agua o sistemas de saneamiento. Al respecto Buitrago et al. (2024), enfatiza que dichos vertimientos son el principal indicador de la repercusión ambiental adversa producida por la instalación; su regulación técnica está sujeta a la Resolución 0631 de 2015. Con base esto, el objetivo del proyecto es disminuir el volumen y la carga contaminante de dichos vertimientos a través de la optimización en la utilización del agua y la optimización de las prácticas de limpieza.

### **2.2.6. Recirculación y Reúso de Agua**

Es una práctica técnica que implica la utilización de un flujo de agua previamente empleado en un proceso anterior (como el agua de condensadores) para su reintegración en otra actividad que no demande un nivel de potabilidad. Esta estrategia, según Álvarez et al. (2022), representa una de las tácticas de mayor influencia para disminuir la demanda de agua fresca y cerrar ciclos hídricos en el sector industrial; por lo tanto se emplea en el entorno de la planta para tareas no críticas, como el traslado de subproductos (plumas y vísceras) y el lavado exterior.

### **2.2.7. Línea Base de Consumo**

Es un conjunto de indicadores y datos técnicos que caracterizan el estado inicial del consumo de recursos (agua y energía) previo a la puesta en marcha de mejoras o modificaciones operacionales. De acuerdo con Sánchez & Rios (2023) estos indicadores proveen el punto de comparación cuantitativo indispensable para corroborar la eficacia de las estrategias implementadas; por esa razón, se fundamenta en el diagnóstico de la planta (cuantificación de flujos y facturación) con el objetivo de identificar las áreas críticas de ineficiencia.

### **2.2.8. Indicadores de Desempeño Ambiental**

Son instrumentos cuantificables que facilitan la cuantificación y comunicación del comportamiento ambiental de una entidad en relación con sus objetivos de sostenibilidad (Rubio, 2026). Estos instrumentos según Granada et al. (2021), promueven la toma de decisiones basadas en datos empíricos y aseguran la conformidad con normativas internacionales como la ISO 14031; de ahí que se emplean para supervisar la utilización de agua por ave procesada y la eficiencia energética de los sistemas de refrigeración.

## **2.3. MARCO LEGAL**

La presente investigación se fundamenta en el conjunto de disposiciones constitucionales, legales y reglamentarias que regulan la protección ambiental, la gestión del recurso hídrico, el uso eficiente del agua y las actividades productivas relacionadas con el sector avícola en Colombia. La siguiente tabla, presenta el marco normativo aplicable, organizado de manera cronológica y jerárquica.

**Tabla 1.**

*Marco Legal*

<b>Jerarquía</b>	<b>Norma</b>	<b>Año</b>
Constitución Política	Constitución Política de Colombia	1991
Ley	Ley 99	1993
Ley	Ley 373	1997
Política Nacional	Política Nacional para la GIRH	2010
Decreto	Decreto 1076	2015
Resolución	Resolución 631	2015
Norma Técnica	ISO 14001	2015
Agenda Internacional	ODS 6	2015
Agenda Internacional	ODS 12	2015
CONPES	CONPES 3918	2018

*Fuente:* Elaboración propia con base en Constitución Política de Colombia (1991), Ley 99 de 1993, Ley 373 de 1997, Decreto 1076 de 2015, Resolución 631 de 2015, Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2010), CONPES 3918 (2018), ISO 14001:2015 y Organización de las Naciones Unidas (2015).

**2.4. MARCO AMBIENTAL**

Este marco ambiental se fundamenta en la implementación de estrategias correspondientes al ahorro y el uso eficiente del recurso hídrico en una planta de beneficio avícola, en coherencia con el principio de sostenibilidad y de protección del medioambiente; dado que se tiene la interacción directa de las actividades productivas y los factores del medio natural.

En ese sentido, se tiene en consideración aquellos impactos que posiblemente tenga la biodiversidad en general, para plantear medios que permitan prevenir, mitigar o compensar los efectos negativos que puede acarrear el proceso productivo, lo que

concuerta con lo planteado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, que, según Carbal et al. (2020), incide en la importancia de la gestión ambiental en los sistemas industriales.

En lo que refiere al consumo de agua, este es una realidad que enfrentan las plantas de beneficio avícola, porque a raíz de que utilizan gran cantidad de este recurso hídrico, producen de alguna manera vertimientos con elevada carga orgánica, la cual puede comprometer la calidad de las fuentes hídricas si no se aplican adecuadamente sistemas de tratamiento; por tanto, se hace necesario incorporar estrategias que contemplen la reutilización, la recirculación y la optimización de procesos para minimizar la carga sobre el recurso. Esto significa que se debe garantizar el cumplimiento de los parámetros establecidos en la Resolución 0631 de 2015, al poner de manifiesto las razones por las cuales se debe reforzar la gestión del agua en sectores industriales que, entre otras cosas, tienen una elevada demanda (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Una gestión inadecuada de los residuos sólidos, incluidos los subproductos de la producción avícola, tales como los lodos generados del sistema de tratamiento de aguas residuales, puede dar lugar a procesos de contaminación, lo que altera la estructura y funcionalidad del suelo. De acuerdo con, Suarez (2024), la práctica de un manejo integral donde se contemple el aprovechamiento de los residuos, la disposición adecuada y final de los residuos, lleva a poner en práctica el cumplimiento de la normativa ambiental, que entre otras cosas establece lineamientos sobre la gestión integral de residuos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Si bien las actividades propias de las plantas de beneficio avícola generan emisiones de olores ofensivos asociados a la división de materia orgánica, estos gases

pueden afectar la calidad del aire y, al mismo tiempo, generar impactos en las comunidades aledañas. Según lo planteado por Vargas et al. (2021), se deben implementar medidas de control tales como el manejo ordenado de residuos, la limpieza oportuna de las áreas del proceso y la optimización de las condiciones operativas, en torno a la gestión de contaminantes de la atmósfera y su efecto en la salud ambiental.

De modo que la biodiversidad de la planta puede verse afectada por los impactos generados por la contaminación del agua, el suelo y el aire, lo que puede alterar seguramente los ecosistemas cercanos; en efecto, esto perjudica tanto la flora como la fauna asociada, por cierto, a las fuentes hídricas y áreas de influencia de la planta. Esto de alguna manera evidencia la necesidad de la implementación de estrategias de mitigación que reduzcan la carga contaminante y promuevan la conservación de los recursos naturales. A partir de lo señalado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, se debe preservar la biodiversidad frente a las presiones que derivan de las actividades industriales (FAO, 2024).

En realidad, el marco ambiental que se presenta se articula con la normatividad colombiana vigente, sobre todo con el Decreto 1076 de 2015 y la Ley 99 de 1993, entendiéndose que son los apropiados para darle garantía a las estrategias propuestas. Se considera que esta normativa aportará a la eficiencia operativa de la planta, pero también a la sostenibilidad ambiental a partir de la reducción del consumo hidráulico y de emisiones contaminantes. Esto muestra que se puede combinar el crecimiento productivo con la protección del medioambiente, siempre que se sigan los principios de desarrollo sostenible promovidos por Naciones Unidas.

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPREDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 2.0

### **3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Este estudio se desarrolla siguiendo los parámetros de una estructura que permite analizar, diseñar e implementar estrategias que estén encaminadas al ahorro y uso eficiente del recurso hídrico en una planta de beneficio avícola, integrando elementos propios de la ingeniería ambiental y la gestión de recursos naturales.

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo de grado se enmarca en una investigación de tipo descriptivo, debido a que tiene como propósito caracterizar el uso del recurso hídrico en una planta de beneficio avícola de pequeña escala ubicada en el departamento de Santander, a partir del análisis de información secundaria disponible en fuentes documentales, técnicas y digitales; este tipo de investigación permite detallar las condiciones operativas, los procesos productivos y las prácticas relacionadas con el consumo de agua sin intervenir directamente en el entorno real, facilitando la comprensión de las dinámicas propias del sector avícola en contextos similares, lo cual resulta pertinente cuando no se dispone de acceso directo a la planta, en coherencia con lo planteado por Haro et al. (2024), quienes destacan que los estudios descriptivos permiten analizar fenómenos a partir de información existente y construir diagnósticos fundamentados.

#### **3.2. ENFOQUE**

El enfoque de la investigación es de tipo cualitativo porque intenta comprender e interpretar aquellas prácticas, procesos y condiciones de uso del recurso hídrico en plantas de beneficio avícola de pequeña escala; todo esto inicia a partir del análisis de la información consignada en documentos técnicos, normativos, artículos científicos y

fuentes digitales confiables. Este particular enfoque permite abordar el fenómeno de estudio identificando patrones, problemas y oportunidades de mejora en el manejo del recurso hídrico en cuestión, sin dejar de lado los datos cuantitativos, lo cual supone un recurso de gran relevancia en aquellos casos de imposibilidad de acceso al objeto de estudio; al respecto, Piña (2023) manifiesta que la investigación cualitativa permite comprender realidades complejas a partir de fuentes secundarias.

### 3.3. MÉTODO

El método de investigación adoptado es de tipo analítico-documental con enfoque inductivo, porque se fundamenta en la revisión, interpretación y sistematización de información secundaria relacionada con el funcionamiento de plantas de beneficio avícola, especialmente aquellas de pequeña escala, permitiendo identificar patrones, prácticas operativas y problemáticas asociadas al uso del recurso hídrico; en este sentido, el estudio no parte de la observación directa de una planta específica, sino de la construcción de un escenario técnico referencial basado en fuentes confiables como artículos científicos, documentos normativos y guías sectoriales, lo cual posibilita analizar de manera rigurosa las dinámicas del proceso productivo y proponer estrategias coherentes con la realidad del sector. Esto coincide con lo que plantea Peña (2022), quien señala que el método analítico-documental permite generar conocimiento aplicado a partir del estudio sistemático de información existente.

### 3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Para la recopilación de información se utilizan procedimientos asociados a la observación directa de los procesos productivos, al análisis documental de registros

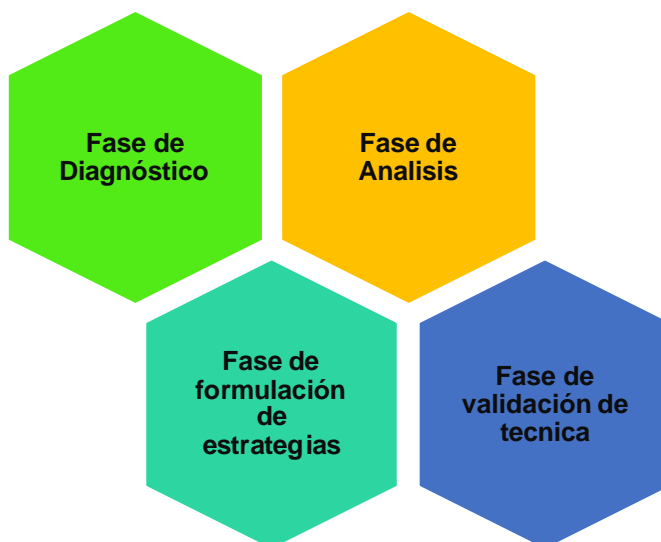
normativos y operativos y a entrevistas estructuradas al personal que desarrolla las operaciones, permitiendo así obtener una visión amplia y más clara del sistema hídrico de la planta; respecto a los instrumentos, se utilizan registros de consumo de agua, medidores de caudal mediante el caudalímetro, listas de chequeo sobre los procedimientos y guías de entrevistas específicas; estos instrumentos permiten la recogida de información confiable y relevante para la etapa de análisis, los cuales son considerados coherentes con lo enunciado por Medina et al. (2023) al manifestar la necesidad de utilizar técnicas diferentes para aumentar la validez de los resultados.

### 3.5. PROCEDIMIENTO O FASES DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo metodológico del proyecto se estructura en fases que permiten dar cumplimiento a los objetivos planteados. Tal como muestra la Figura 1, se inició con un diagnóstico en la cual se identifican los puntos de consumo de agua, se cuantifican los volúmenes utilizados y se evalúan las condiciones operativas de la planta; posteriormente, se desarrolla un análisis en el que se interpretan los datos recolectados para identificar ineficiencias y oportunidades de mejora, seguida de una formulación de estrategias orientadas al ahorro y uso eficiente del recurso hídrico, incluyendo propuestas de recirculación, reutilización y optimización de procesos, y finalmente una validación técnica mediante indicadores de desempeño que permiten evaluar la viabilidad y el impacto de las estrategias propuestas (Yáñez et al., 2022).

#### Figura 1.

*Fases de la investigación*



### 3.6. CONSIDERACIONES ÉTICAS

El desarrollo del presente proyecto se rige por principios éticos orientados a garantizar la transparencia, la responsabilidad y el respeto por la información recolectada, asegurando que los datos obtenidos en la planta de beneficio avícola sean utilizados exclusivamente con fines académicos y de mejora ambiental; en este sentido y afianzado en lo que menciona Solis et al. (2023), se respeta la confidencialidad de la información empresarial, se promueve la veracidad en el análisis de resultados y se evita cualquier tipo de manipulación de datos que pueda afectar la validez del estudio, además de garantizar que las propuestas formuladas estén orientadas al beneficio ambiental y social, en coherencia con los principios de sostenibilidad y responsabilidad profesional.

## **4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO**

El presente ítem muestra de forma sistemática el desarrollo de las fases que hacen posible alcanzar los objetivos específicos en los que se centra esta investigación, los cuales están orientados al perfeccionamiento del uso del hídrico en una planta de beneficio avícola desde una perspectiva técnico-metodológica. Para ello, se aborda la caracterización del estado actual del consumo de agua y energía, a fin de establecer una línea base que ayude a identificar las fuentes principales de ineficiencia que bloquean el proceso de producción. Seguidamente, se describe el diseño de estrategias basado en los principios de producción más limpia (PmL), buenas prácticas operativas y tecnologías utilizadas para optimizar el uso de los recursos.

Del mismo modo, se describe el proceso de puesta en práctica de las estrategias planteadas, donde se muestran las acciones realizadas en el contexto operativo de la planta, para así evidenciar la evaluación del impacto de estas estrategias, bien sea a través de la revisión de los indicadores de desempeño ambiental y económico, así como por medio de las recomendaciones para la sostenibilidad y mejora continua. Es de anotar que, de manera unificada, esta sección permite evidenciar el vínculo entre el componente teórico y la aplicación práctica del proyecto, estableciendo una propuesta técnica para fomentar la eficiencia operativa y la reducción de los impactos ambientales del sector avícola.

### **4.1. CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL CONSUMO DE AGUA Y ENERGÍA EN LA PLANTA DE BENEFICIO AVÍCOLA**

Para dar cumplimiento al primer objetivo específico, se desarrolló una caracterización integral de las condiciones actuales relacionadas con el consumo de

agua y energía dentro de la planta de beneficio avícola objeto de estudio. Esta fase constituyó el punto de partida de la investigación, debido a que permitió identificar las principales fuentes de consumo, los procesos con mayor demanda de recursos y las posibles oportunidades de mejora orientadas hacia la sostenibilidad ambiental y la eficiencia operativa.

La caracterización se realizó mediante visitas técnicas a las diferentes áreas de la planta, observación directa de las actividades operativas, revisión documental de registros históricos de consumo y análisis de facturación de servicios públicos. De igual manera, se efectuaron mediciones de caudales en puntos estratégicos del proceso productivo, permitiendo identificar áreas críticas asociadas al uso intensivo del recurso hídrico. Paralelamente, se revisaron los consumos energéticos registrados en equipos de refrigeración, bombeo, iluminación y demás sistemas involucrados en la operación. Como parte del proceso metodológico, se diseñaron formatos de recolección de información orientados al registro sistemático de datos relacionados con el consumo de recursos, frecuencia de uso de equipos y condiciones operativas observadas durante el desarrollo de las actividades productivas. La información recopilada permitió establecer una línea base para la posterior formulación e implementación de estrategias de mejora.

#### **4.2. DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO Y ENERGÉTICO BASADAS EN PRINCIPIOS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

Una vez finalizada la fase diagnóstica, se procedió al diseño de estrategias orientadas a optimizar el uso del agua y la energía dentro de la planta de beneficio avícola. La formulación de dichas estrategias se fundamentó en los principios de Producción Más Limpia (PML), eficiencia hídrica, sostenibilidad ambiental y gestión

integral de recursos, tomando como referencia las oportunidades de mejora identificadas durante la caracterización inicial.

Para la construcción de las estrategias se realizó una revisión bibliográfica de experiencias exitosas desarrolladas en industrias agroalimentarias y plantas de beneficio animal, complementada con el análisis de tecnologías disponibles para la reducción del consumo de agua y energía. Este proceso permitió seleccionar alternativas técnica y económicamente viables para las condiciones operativas de la organización.

Las estrategias formuladas incluyeron acciones relacionadas con optimización de sistemas de lavado, mantenimiento preventivo de equipos, control de fugas, instalación de dispositivos reguladores de caudal, fortalecimiento de procesos de monitoreo y sensibilización del personal operativo respecto al uso responsable de los recursos naturales.

#### **4.3. IMPLEMENTACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DISEÑADAS PARA EL USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO Y ENERGÉTICO**

Con el propósito de materializar las acciones formuladas durante la etapa de diseño, se desarrolló un proceso de implementación gradual orientado a fortalecer la gestión ambiental de la planta. Esta fase contempló la ejecución de actividades operativas, técnicas y educativas encaminadas a mejorar el aprovechamiento de los recursos utilizados durante el proceso productivo.

Dentro de las actividades desarrolladas se incluyeron ajustes operativos en procedimientos de limpieza, instalación de dispositivos de control de caudal, mantenimiento preventivo de equipos con alto consumo energético y fortalecimiento de mecanismos de seguimiento y control. Estas acciones fueron ejecutadas de acuerdo con

un cronograma previamente establecido y con la participación activa del personal responsable de las diferentes áreas de trabajo.

De forma complementaria, se llevaron a cabo jornadas de capacitación y sensibilización dirigidas a los colaboradores de la planta, abordando temáticas relacionadas con eficiencia hídrica, eficiencia energética, producción más limpia y buenas prácticas ambientales aplicables al contexto productivo de la organización.

#### **4.4. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LAS ESTRATEGIAS IMPLEMENTADAS**

Con el fin de verificar la efectividad de las acciones ejecutadas, se estableció un proceso de evaluación basado en indicadores de desempeño ambiental y operativo. La evaluación se estructuró mediante la comparación de los registros obtenidos antes y después de la implementación de las estrategias, permitiendo determinar los cambios generados en los niveles de consumo de agua y energía.

Para esta fase se utilizaron registros de medición, indicadores de consumo específico, información documental y observaciones realizadas durante el seguimiento de las actividades. Los datos recopilados fueron organizados y analizados mediante tablas comparativas y herramientas de evaluación orientadas a determinar el grado de cumplimiento de los objetivos planteados.

#### **4.5. FORMULACIÓN DE RECOMENDACIONES ORIENTADAS A LA SOSTENIBILIDAD Y MEJORA CONTINUA**

Finalmente, a partir de la información obtenida durante las diferentes fases de la investigación, se formularon recomendaciones orientadas a garantizar la permanencia de los beneficios alcanzados y fortalecer los procesos de mejora continua dentro de la organización.

Estas recomendaciones fueron estructuradas considerando criterios técnicos, ambientales, económicos y operativos, con el propósito de facilitar la consolidación de una cultura organizacional basada en el uso responsable de los recursos naturales y en el fortalecimiento permanente de las estrategias de sostenibilidad implementadas.

## 5. RESULTADOS

Los resultados que proceden del cumplimiento de los objetivos muestran una mejor gestión del agua y la energía en la planta de beneficio de aves, esta mejora, es producto del acatamiento de las estrategias técnicas y recursos operativos los cuales estuvieron enfocados en la eficiencia y la sostenibilidad de la planta.

### 5.1. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL CONSUMO DE AGUA Y ENERGÍA EN LA PLANTA DE BENEFICIO AVÍCOLA

Considerando que todo proceso de mejora debe fundamentarse en el conocimiento previo de las condiciones operativas existentes antes de cualquier intervención, la caracterización del consumo de agua y energía se constituyó como la base analítica del presente estudio, permitiendo comprender las dinámicas de funcionamiento asociadas al uso del recurso hídrico y energético dentro de la planta de beneficio avícola. Para el desarrollo de esta etapa se tuvieron en cuenta tres componentes fundamentales: la medición de caudales, la revisión de registros de facturación y la evaluación de los procesos productivos con mayor demanda de recursos.

#### 5.1.1. Registro Histórico De Consumo De Agua y Energía

En este contexto, se efectuó el seguimiento y análisis del consumo de agua y energía durante un periodo de cinco meses, con el propósito de establecer una línea base que permitiera identificar las principales fuentes de ineficiencia presentes en las diferentes áreas operativas de la planta. La información recopilada fue organizada mediante registros comparativos e indicadores de desempeño, facilitando el análisis del comportamiento de los consumos antes y durante la implementación de las estrategias de optimización.

De igual manera, se realizaron mediciones de caudal en distintas etapas del proceso de beneficio avícola, entre ellas escaldado, desplumado, eviscerado, lavado y limpieza de instalaciones. Estas mediciones permitieron determinar el volumen de agua utilizado en cada operación, evidenciando que las actividades relacionadas con el lavado y el escaldado representaban los mayores niveles de consumo debido a las exigencias sanitarias propias del proceso. Asimismo, durante la fase diagnóstica se identificaron variaciones significativas asociadas a prácticas operativas inadecuadas, tales como el uso continuo de mangueras sin control de flujo, fugas menores en conexiones hidráulicas y ausencia de mantenimiento preventivo en algunos equipos.

**Tabla 2.**

*Registro histórico de consumo de agua y energía*

Mes	Consumo de agua (m <sup>3</sup> )	Consumo de energía (kWh)	Observaciones
Enero 2026	128	1480	Alto consumo en procesos de lavado
Febrero 2026	125	1455	Identificación de fugas menores
Marzo 2026	121	1430	Inicio de controles operativos
Abril 2026	110	1345	Implementación de estrategias de ahorro
Mayo 2026	98	1240	Disminución significativa del consumo

**Fuente.** Elaboración propia (2026).

A partir del análisis realizado, se evidenció una reducción progresiva en los niveles de consumo de agua y energía durante el periodo evaluado, situación que permitió establecer una referencia técnica para la formulación de estrategias orientadas al fortalecimiento de la eficiencia operativa y ambiental de la planta.

### **5.1.2. Identificación De Puntos Críticos De Consumo Hídrico**

De conformidad con lo anterior, se llevó a cabo el análisis de aquellos registros y facturación de los servicios públicos, en particular de agua y de energía de los últimos períodos de operación. A partir de este análisis, se observaron patrones de consumo mensual vinculados a gastos operativos con el uso del recurso debido al desperdicio de agua, tal como se evidencia en la Figura 3; también se logró comprobar que el consumo energético se encuentra concentrado, sobre todo, en los sistemas de refrigeración, bombas y maquinaria de proceso, que se encuentran en funcionamiento de manera continua, y en algunos casos sin un mantenimiento preventivo adecuado.

#### **Figura 2.**

*Equipo de mediciones de agua en mal estado*



*Nota.* La figura evidencia el deterioro del medidor de agua utilizado en una de las áreas operativas de la planta, situación que dificultaba la toma precisa de lecturas y el control eficiente del consumo hídrico. Fuente. Autora.

### Figura 3.

#### *Punto crítico en la Planta de Benéfico*



*Nota.* En la figura se observa el desperdicio de agua por conexión en mal estado. Fuente. Autora

De igual manera, el análisis técnico desarrollado permitió identificar múltiples factores asociados al uso ineficiente del recurso hídrico, entre ellos la ausencia de dispositivos de control y monitoreo en tiempo real, el deterioro de algunos equipos hidráulicos, fugas menores en conexiones y prácticas operativas tradicionales que favorecían el desperdicio tanto de agua como de energía. Asimismo, se observó el uso continuo de mangueras sin mecanismos reguladores de presión o caudal, situación que incrementaba significativamente los volúmenes de consumo en las áreas de lavado y desinfección.

## Figura 4.

*Punto crítico de consumo hídrico en el área de lavado*



*Nota.* La figura evidencia una de las áreas con mayor consumo de agua dentro de la planta de beneficio avícola, donde se identificó el uso continuo de mangueras sin mecanismos reguladores de flujo. Fuente: autora.

### **5.1.3. Evaluación De Equipos Con Alto Consumo Energético**

En relación con el consumo energético, se encontró que los sistemas de refrigeración, bombeo y funcionamiento de equipos operativos presentaban altos niveles de demanda debido a la falta de mantenimiento preventivo y a la operación continua de algunos equipos durante periodos de baja actividad. Esta situación evidenció la necesidad de implementar estrategias orientadas a la optimización de procesos, fortalecimiento de las buenas prácticas operativas y control periódico de los indicadores de desempeño ambiental y energético.

## Figura 5.

### *Evaluación de equipos con alto consumo energético*



*Nota.* La figura muestra los equipos operativos utilizados durante el proceso productivo, los cuales presentaban alta demanda energética debido a la operación continua y la ausencia de mantenimiento preventivo periódico. Fuente: autora.

El análisis de los registros históricos de consumo permitió identificar un comportamiento elevado en los primeros meses evaluados, evidenciando posteriormente una reducción progresiva asociada a la implementación de acciones correctivas y medidas de uso eficiente. En este sentido, los resultados obtenidos reflejaron la importancia de establecer controles operativos permanentes y mecanismos de seguimiento que permitan fortalecer la sostenibilidad ambiental y económica de la planta de beneficio avícola.

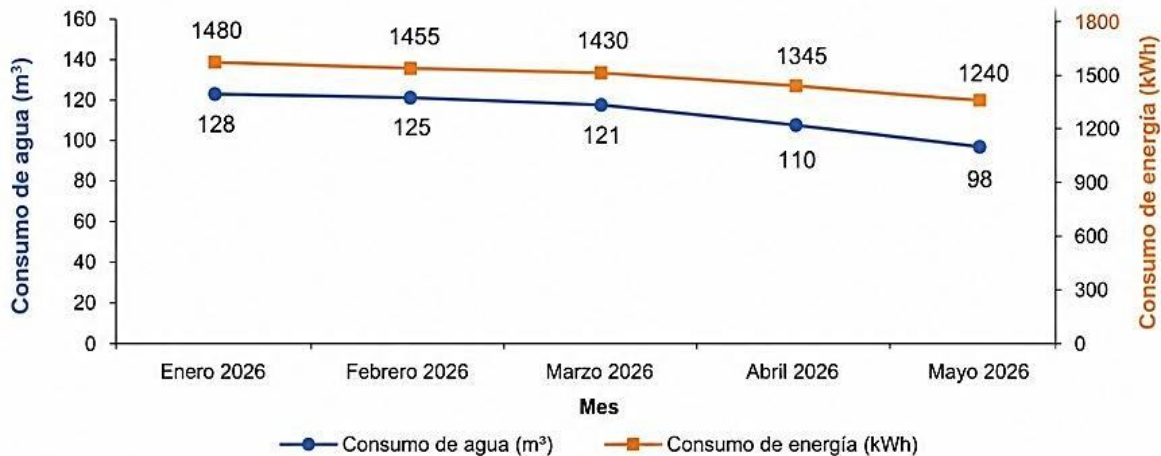
#### **5.1.4. Análisis De La Línea Base De Consumo**

El diagnóstico realizado permitió establecer una línea base clara sobre las condiciones operativas relacionadas con el consumo de agua y energía en la planta de beneficio avícola, facilitando la identificación de los procesos con mayor demanda de

recursos y de las principales situaciones que afectaban la eficiencia operativa. A partir del seguimiento efectuado durante el periodo de evaluación, se evidenció que las actividades de escaldado, lavado de canales y limpieza de instalaciones representaban los mayores niveles de consumo hídrico debido a la necesidad constante de garantizar condiciones sanitarias adecuadas dentro del proceso productivo.

### Figura 6.

*Comportamiento histórico del consumo de agua y energía durante el periodo evaluado*



*Nota.* El gráfico representa la variación mensual del consumo hídrico y energético en la planta de beneficio avícola durante el periodo de evaluación, evidenciando una disminución progresiva posterior a la implementación de estrategias de optimización. Fuente. Elaboración propia (2026).

## 5.2. RESULTADOS DEL DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO Y ENERGÉTICO

Una vez realizada la caracterización de los consumos de agua y energía en la planta de beneficio avícola e identificados los principales puntos críticos de uso ineficiente de los recursos, se procedió al diseño de estrategias orientadas a optimizar el desempeño

ambiental y operativo de la organización. Estas estrategias fueron formuladas bajo los principios de Producción Más Limpia (PmL), priorizando acciones técnicamente viables, económicamente factibles y acordes con las condiciones operativas de la planta.

El diseño estratégico se fundamentó en los hallazgos obtenidos durante la línea base de consumo, los cuales evidenciaron oportunidades de mejora relacionadas con el uso excesivo de agua en actividades de lavado, la ausencia de mecanismos de control permanente, la necesidad de fortalecer los programas de mantenimiento preventivo y la importancia de promover cambios comportamentales en el personal operativo.

En este sentido, las estrategias propuestas integraron componentes tecnológicos, operativos y formativos, permitiendo abordar de manera integral las causas identificadas durante el diagnóstico. Su formulación buscó no solamente reducir el consumo de agua y energía, sino también fortalecer la cultura organizacional orientada a la sostenibilidad, mejorar la eficiencia de los procesos productivos y contribuir al cumplimiento de los objetivos ambientales de la empresa.

Los resultados obtenidos durante esta fase permitieron estructurar un conjunto de acciones articuladas que posteriormente fueron implementadas y evaluadas en función de su impacto sobre el desempeño ambiental y económico de la planta.

### ***5.2.1. Estrategias Formuladas Bajo Principios De Producción Más Limpia***

Las estrategias formuladas para el fortalecimiento del uso eficiente del recurso hídrico y energético se diseñaron a partir de los hallazgos identificados durante la etapa diagnóstica, garantizando coherencia con las necesidades reales y las condiciones operativas de la planta de beneficio avícola. En este sentido, las acciones planteadas no

respondieron a una perspectiva generalizada, sino que estuvieron orientadas específicamente a intervenir las principales ineficiencias detectadas en los procesos productivos, especialmente aquellas relacionadas con el desperdicio de agua, el uso inadecuado de la energía y la ausencia de mecanismos de control y seguimiento.

De igual manera, el diseño de las estrategias se fundamentó en los principios de Producción Más Limpia (PmL), priorizando la prevención de impactos ambientales, la optimización de recursos y el fortalecimiento de prácticas operativas sostenibles. Bajo este enfoque, se buscó promover la transición de una gestión tradicional hacia un modelo más eficiente, preventivo y ambientalmente responsable, capaz de contribuir tanto a la sostenibilidad de la planta como a la reducción de costos operativos asociados al consumo de agua y energía.

**Tabla 3.**

*Resumen de estrategias de ahorro y uso eficiente del recurso hídrico*

<b>Problema identificado</b>	<b>Estrategia implementada</b>	<b>Resultado esperado</b>
Alto consumo de agua en áreas de lavado	Control y regulación de caudal mediante dispositivos ahorradores	Disminución del desperdicio hídrico
Uso continuo de mangueras sin control	Instalación de pistolas de presión con cierre automático	Optimización del consumo durante tiempos de inactividad
Fugas menores en conexiones hidráulicas	Programa de mantenimiento preventivo	Reducción de pérdidas de agua
Alto consumo energético en equipos operativos	Optimización y seguimiento del sistema eléctrico	Mejora de la eficiencia energética
Falta de cultura ambiental en el personal	Jornadas de capacitación y sensibilización	Fortalecimiento de buenas prácticas operativas

**Fuente.** Elaboración propia (2026).

Los resultados presentados en la Tabla 2 evidencian que las estrategias formuladas responden de manera directa a las problemáticas identificadas durante la caracterización inicial. La propuesta integra acciones orientadas al control del consumo hídrico, la

optimización energética, el fortalecimiento de los programas de mantenimiento y la capacitación permanente del personal, aspectos considerados fundamentales para mejorar la eficiencia operativa de la planta.

Se observa que las estrategias fueron diseñadas bajo un enfoque preventivo y correctivo, priorizando intervenciones de bajo costo y alto impacto que facilitan su implementación dentro de las condiciones reales de operación. Esta aproximación favorece la sostenibilidad de las acciones propuestas y aumenta las probabilidades de permanencia en el tiempo.

Asimismo, la articulación de medidas técnicas y comportamentales permite abordar simultáneamente factores asociados a la infraestructura y a los hábitos de consumo del personal, reconociendo que la gestión eficiente de los recursos depende tanto de las condiciones tecnológicas como de las prácticas operativas desarrolladas diariamente en la organización.

### ***5.2.2. Estrategias Para Optimización De Sistemas De Lavado***

Los sistemas de lavado fueron identificados como uno de los principales puntos críticos de consumo hídrico dentro de la planta de beneficio avícola. En consecuencia, se diseñó una estrategia específica orientada a optimizar el uso del agua mediante la incorporación de dispositivos reguladores de caudal, la estandarización de procedimientos de limpieza y la implementación de prácticas de reutilización cuando las condiciones operativas lo permitieran.

La Tabla 3 presenta las acciones formuladas para este propósito. El análisis evidencia que dichas medidas contribuyen a disminuir pérdidas innecesarias de agua, mejorar la eficiencia de los procesos de limpieza y fortalecer los mecanismos de control

sobre los volúmenes consumidos. Adicionalmente, estas acciones permiten reducir la generación de aguas residuales y optimizar el desempeño ambiental de la planta, favoreciendo el cumplimiento de los principios de Producción Más Limpia y uso racional del recurso hídrico.

**Tabla 4.**

*Estrategia de optimización de sistemas de lavado*

<b>Componente de Optimización</b>	<b>Descripción de la Acción Técnica</b>	<b>Enfoque de Implementación</b>	<b>Objetivo</b>
Tecnología de Aspersión	Instalar pistolas de presión con válvulas de cierre automático en áreas de eviscerado y limpieza.	Optimizar mediante herramientas tecnológicas el control automatizado de caudales.	Reducir el desperdicio de agua durante tiempos de inactividad.
Regulación de Caudales	Adaptar dispositivos que regulen el flujo a fin de estandarizar el consumo por punto de lavado.	Mejorar el proceso operativo para mantener los estándares de calidad del proceso.	Disminuir el consumo sin afectar la inocuidad ni la eficacia del proceso.
Gestión Organizacional	Capacitar al personal en el uso responsable de los dispositivos de cierre automático.	Fomentar la cultura organizacional y sensibilización del recurso humano.	Cambiar los hábitos en el manejo del agua y compromiso con la sostenibilidad.

*Nota.* La tabla permite visualizar las medidas preventivas y operativas centradas en la optimización del uso del recurso hídrico en la planta de tratamiento avícola.

**5.2.3. Estrategias Para Optimización Energética**

En relación con el consumo energético, los resultados del diagnóstico evidenciaron que los sistemas de refrigeración, bombeo e iluminación representaban una proporción significativa de la demanda total de energía. Por esta razón, se formuló un programa de

mantenimiento preventivo orientado a mejorar la eficiencia de los equipos y reducir pérdidas asociadas al deterioro operativo.

La Tabla 4 presenta el cronograma diseñado para la ejecución de actividades de mantenimiento. Su implementación busca garantizar condiciones óptimas de funcionamiento, prolongar la vida útil de los equipos y disminuir consumos energéticos innecesarios derivados de fallas mecánicas o deficiencias técnicas. Desde una perspectiva ambiental y económica, estas acciones contribuyen a reducir costos operativos, mejorar la productividad y fortalecer la sostenibilidad de los procesos industriales desarrollados en la planta.

**Tabla 5.**

*Cronograma de mantenimiento preventivo para el sistema de refrigeración*

<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Descripción Técnica</b>	<b>Responsable</b>
Limpiar los condensadores	Mensual	Eliminar partículas de polvo, grasa y residuos orgánicos de las aletas del condensador para optimizar el intercambio de calor.	Técnico de mantenimiento
Inspeccionar la presión de los condensadores	Quincenal	Verificar la presión para detectar posibles fugas de refrigerante.	Operario de planta
Recarga de gas refrigerante	Semestral (o según necesidad)	Ajustar los niveles de gas para asegurar que el sistema trabaje bajo su capacidad nominal sin forzar el compresor.	Técnico especialista
Revisar empaques y sellos para mejorar el aislamiento térmico	Trimestral	Inspeccionar las cortinas de PVC y burletes de puertas en cuartos fríos para evitar infiltraciones de calor.	Equipo de servicios
Monitoreo de amperaje	Mensual	Medir el consumo eléctrico de los motores para asegurar que operen dentro de los rangos de diseño.	Técnico electricista
Actualizar la parte eléctrica	Semestral (o según necesidad)	Sustituir gradualmente las luminarias de vapor de sodio por tecnología LED en las áreas de producción y empaque, buscando reducir el	Técnico electricista

Actividad	Frecuencia	Descripción Técnica	Responsable
		consumo eléctrico en un porcentaje estimado del 40%.	

Nota. La tabla ilustra detalladamente el cronograma de mantenimiento preventivo con la actualización tecnológica para el sistema de refrigeración e iluminación de la planta de beneficio avícola.

### 5.2.4. Programa De Capacitación Diseñado

El componente formativo constituyó un elemento fundamental dentro de las estrategias propuestas, debido a que gran parte de las ineficiencias identificadas durante el diagnóstico estaban asociadas a hábitos operativos y prácticas rutinarias desarrolladas por el personal. Por tal motivo, se diseñó un programa de capacitación enfocado en el uso eficiente del agua y la energía, el fortalecimiento de la conciencia ambiental y la apropiación de buenas prácticas operativas.

#### Figura 7.

*Jornadas de capacitación al personal*



Nota. Registro de la capacitación realizada al personal de la planta sobre el uso eficiente del agua. La actividad hace parte del plan de mejora tras el diagnóstico de desperdicio del recurso hídrico. Fuente: autora.

La Tabla 5 presenta la estructura del programa de capacitación, incluyendo temáticas, objetivos y actividades previstas para cada sesión. Complementariamente, la Figura 7 ilustra las jornadas de sensibilización propuestas como mecanismo para promover cambios de comportamiento y fortalecer la participación activa de los trabajadores en los procesos de mejora continua.

Los resultados de esta fase evidencian que la capacitación fue concebida como una estrategia transversal que respalda todas las acciones técnicas implementadas, reconociendo que la sostenibilidad de cualquier programa de ahorro depende en gran medida del compromiso y la participación del talento humano. En consecuencia, el fortalecimiento de las competencias ambientales del personal constituye un factor determinante para garantizar la permanencia de los resultados esperados a largo plazo.

**Tabla 6.**

*Programa de capacitación para el cambio de hábitos en el personal operativo*

Módulo / Tema	Objetivo del Aprendizaje	Estrategia / Actividad	Duración y Frecuencia	Indicador de Gestión
Uso eficiente del agua en el beneficio avícola	Concientizar sobre el impacto que tiene el desperdicio de agua en las etapas de eviscerado y lavado de canales.	Taller práctico en el puesto de trabajo sobre el uso correcto de las nuevas boquillas de aspersión y pistolas de presión.	1 hora / Bimestral	Porcentaje de operarios evaluados y aprobados en técnicas de lavado eficiente.
Conservación del frío y ahorro energético	Reducir las pérdidas de energía térmica en los cuartos fríos y optimizar el uso de la iluminación.	Charla interactiva sobre el impacto económico del manejo de puertas, uso de cortinas de PVC y apagado selectivo de luminarias.	45 minutos / Trimestral	Registro de apertura y cierre correctos de compuertas térmicas.

Módulo / Tema	Objetivo del Aprendizaje	Estrategia / Actividad	Duración y Frecuencia	Indicador de Gestión
Reporte oportuno de averías y fugas	Desarrollar una cultura de prevención mediante la detección temprana de anomalías en redes hidráulicas y eléctricas.	Campaña informativa ("Cero Fugas") con entrega de cartillas para la identificación visual de pérdidas de agua y fallas mecánicas.	30 minutos / Semestral	Número de reportes de fallas emitidos de forma preventiva por el personal.
Limpieza y desinfección eco-eficiente	Modificar los hábitos de lavado de instalaciones, sustituyendo el flujo continuo de agua por limpieza en seco previa.	Demostración guiada sobre remoción mecánica de sólidos (plumas, vísceras) antes de la aplicación de agua a presión.	1 hora / Cuatrimestra I	Consumo de agua por metro cuadrado lavado en jornadas de desinfección.

Nota. La tabla describe el programa de formación y sensibilización ambiental diseñado para el personal operativo de la planta de beneficio avícola, el cual se estructuró con el propósito de modificar los patrones de conducta individuales hacia un uso racional de los recursos hídricos y energéticos. Fuente: elaboración propia, 2026.

A modo de síntesis, se puede decir que el diseño de estas estrategias constituye una propuesta integral que vincula tecnología, gestión operativa y cultura organizativa de la empresa avícola, y a la vez establece el fundamento para la implementación de medidas concretas orientadas a la optimización del recurso hídrico en la planta de beneficio avícola.

### 5.3. RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DISEÑADAS

La fase de implementación constituyó el componente operativo de la investigación, permitiendo materializar las estrategias formuladas durante la etapa de diseño. Su desarrollo estuvo orientado a intervenir en los principales factores de ineficiencia

identificados en la caracterización inicial, mediante la ejecución de acciones técnicas, operativas y formativas dirigidas al mejoramiento del desempeño ambiental de la planta de beneficio avícola.

Las actividades ejecutadas incluyeron la instalación de dispositivos ahorradores en áreas críticas de consumo hídrico, la aplicación de programas de mantenimiento preventivo en equipos con alta demanda energética y la realización de jornadas de capacitación orientadas a fortalecer la cultura organizacional asociada al uso eficiente de los recursos. Estas acciones fueron desarrolladas de manera articulada con el personal operativo de la empresa, favoreciendo la apropiación de las medidas implementadas y facilitando su incorporación a las actividades cotidianas.

Los resultados obtenidos durante esta fase evidencian la viabilidad técnica de las estrategias propuestas y permiten verificar el grado de cumplimiento del tercer objetivo específico de la investigación, relacionado con la ejecución de acciones encaminadas a la reducción del consumo de agua y energía dentro de la organización.

### ***5.3.1. Implementación de dispositivos ahorradores***

Las figuras 8 y 9 presentan el proceso de instalación de dispositivos ahorradores en áreas de lavado consideradas críticas durante la etapa diagnóstica. Esta intervención tuvo como finalidad optimizar el aprovechamiento del recurso hídrico mediante la regulación de caudales y la disminución de pérdidas asociadas al uso ineficiente del agua durante las actividades operativas.

La implementación de estos dispositivos permitió establecer un mayor control sobre los volúmenes utilizados en las labores de limpieza, favoreciendo prácticas más eficientes

y reduciendo el desperdicio generado por flujos excesivos o continuos. Desde la perspectiva de la Producción Más Limpia, esta medida representa una estrategia preventiva que actúa directamente sobre la fuente de consumo, evitando la generación innecesaria de aguas residuales y mejorando el desempeño ambiental del proceso.

Adicionalmente, la instalación de dispositivos reguladores fortalece los mecanismos de monitoreo y seguimiento del consumo hídrico, permitiendo a la organización contar con herramientas más precisas para la gestión de sus recursos. Los resultados observados durante la implementación evidencian que este tipo de acciones constituye una alternativa técnicamente viable y de fácil adopción para organizaciones que buscan optimizar sus procesos sin realizar inversiones de gran magnitud.

### Figura 8.

#### *Implementación de dispositivos ahorradores en áreas de lavado*



*Nota.* La figura evidencia la instalación de dispositivos reguladores de caudal utilizados para optimizar el consumo de agua durante las actividades de limpieza y lavado dentro de la planta de beneficio avícola. Fuente. Elaboración propia (2026).

## Figura 9.

### *Implementación de dispositivos ahorradores en áreas de lavado*



*Nota.* La figura evidencia las actividades de capacitación y sensibilización desarrolladas con el personal operativo de la planta, enfocadas en el fortalecimiento de prácticas sostenibles relacionadas con el ahorro de agua y energía. Fuente. Elaboración propia (2026).

### **5.3.2. Actividades De Mantenimiento Preventivo**

La Figura 10 evidencia las actividades de mantenimiento preventivo desarrolladas en equipos y sistemas operativos vinculados al consumo energético de la planta. Estas acciones estuvieron orientadas a corregir condiciones que afectaban el rendimiento de los equipos y que podían generar incrementos innecesarios en la demanda de energía durante el desarrollo de las operaciones productivas.

La ejecución del mantenimiento preventivo permitió mejorar las condiciones de funcionamiento de los sistemas evaluados, optimizando su desempeño y reduciendo la probabilidad de fallas asociadas al desgaste operativo. De igual manera, estas actividades contribuyeron a prolongar la vida útil de los equipos y a disminuir los costos derivados de reparaciones correctivas no programadas.

Desde una perspectiva ambiental, el mantenimiento preventivo constituye una herramienta de gestión eficiente debido a que favorece el uso racional de la energía y contribuye a la reducción de impactos asociados al consumo excesivo de recursos. En consecuencia, esta estrategia se consolidó como un componente fundamental dentro del conjunto de acciones implementadas para fortalecer la sostenibilidad de la planta de beneficio avícola.

**Figura 10.**

*Actividades de mantenimiento preventivo en sistemas operativos*



*Nota.* La figura muestra las actividades de inspección y mantenimiento preventivo realizadas en los sistemas de refrigeración y bombeo, orientadas a mejorar la eficiencia energética y reducir la demanda operativa de los equipos. Fuente. Elaboración propia (2026).

### **5.3.3. Jornadas De Capacitación Desarrolladas**

La Figura 11 presenta las jornadas de capacitación realizadas con el personal operativo de la planta, las cuales estuvieron orientadas a fortalecer conocimientos relacionados con el uso eficiente del agua y la energía, la gestión ambiental y la adopción de buenas prácticas operativas. Estas actividades fueron diseñadas con el propósito de generar cambios de comportamiento que complementaran las intervenciones técnicas ejecutadas durante el proyecto.

Los espacios formativos permitieron sensibilizar a los colaboradores acerca de la importancia de la sostenibilidad en los procesos productivos y del impacto que tienen las acciones individuales sobre el consumo de recursos. Asimismo, facilitaron la apropiación de las estrategias implementadas y promovieron una mayor participación del personal en los procesos de mejora continua.

La evidencia obtenida durante esta fase demuestra que la capacitación constituye un elemento indispensable para garantizar la permanencia de los resultados en el tiempo. Aunque las mejoras tecnológicas generan beneficios significativos, la consolidación de hábitos responsables y la construcción de una cultura organizacional orientada al uso eficiente de los recursos representan factores determinantes para alcanzar transformaciones sostenibles a largo plazo.

## Figura 11.

### *Jornada de capacitación sobre uso eficiente de recursos*



*Nota.* La figura evidencia las actividades de sensibilización y capacitación desarrolladas con el personal de la planta, enfocadas en el fortalecimiento de buenas prácticas relacionadas con el ahorro de agua y energía. Fuente. Elaboración propia (2026).

### **5.3.4. Acciones Implementadas**

En este contexto, se realizaron ajustes operativos relacionados con la regulación de caudales, control de tiempos de lavado y optimización de procedimientos internos, los cuales contribuyeron significativamente a la disminución del desperdicio de agua durante las actividades de limpieza y desinfección. Del mismo modo, se implementaron dispositivos ahorradores como pistolas de presión, válvulas reguladoras y mecanismos de cierre automático, permitiendo un mayor control sobre el flujo de agua utilizado en las áreas operativas.

**Tabla 7.**

*Acciones implementadas para la optimización del consumo de agua y energía*

<b>Acción implementada</b>	<b>Área intervenida</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Resultado obtenido</b>
Instalación de dispositivos ahorradores	Lavado y limpieza	Reducir el desperdicio de agua	Disminución del consumo hídrico
Regulación de caudal	Áreas operativas	Optimizar el uso del recurso	Mayor control del flujo
Mantenimiento preventivo	Sistemas de bombeo y refrigeración	Reducir consumo energético	Mejor eficiencia operativa
Capacitación al personal	Personal operativo	Fortalecer buenas prácticas	Uso racional de recursos
Seguimiento de consumos	Toda la planta	Mejorar monitoreo y control	Toma de decisiones eficiente

Fuente. Elaboración propia (2026).

Los resultados consolidados en la Tabla 6 permiten evidenciar el cumplimiento efectivo de las acciones propuestas durante la fase de diseño. La implementación integró intervenciones de carácter técnico, operativo y formativo, generando una respuesta integral frente a las ineficiencias identificadas durante la caracterización inicial. La articulación de estas acciones favoreció el fortalecimiento de los mecanismos de control del consumo hídrico y energético, contribuyendo al mejoramiento del desempeño ambiental de la organización.

De igual manera, la ejecución de las actividades permitió validar la factibilidad de las estrategias formuladas dentro de las condiciones reales de operación de la planta. Los resultados observados evidencian que la combinación de tecnologías de ahorro, programas de mantenimiento y procesos de capacitación constituye una alternativa efectiva para promover la sostenibilidad empresarial y fortalecer la competitividad organizacional.

En términos metodológicos, esta fase permitió dar cumplimiento al tercer objetivo específico de la investigación, demostrando que la implementación de acciones concretas puede convertirse en un mecanismo eficiente para optimizar el uso de los recursos naturales y avanzar hacia modelos de producción más responsables con el ambiente.

#### **5.4. Resultados De La Evaluación Del Impacto De Las Estrategias Implementadas**

La evaluación del impacto constituyó la fase de verificación de los resultados alcanzados mediante la implementación de las estrategias de ahorro y uso eficiente del recurso hídrico y energético desarrolladas en la planta de beneficio avícola. Esta etapa permitió determinar el grado de efectividad de las acciones ejecutadas y establecer su contribución al mejoramiento del desempeño ambiental y operativo de la organización.

Para ello se realizó una comparación entre la línea base obtenida durante la caracterización inicial y los registros generados posteriormente a la implementación de las estrategias. El análisis contempló variables relacionadas con el consumo de agua, el uso de energía, el comportamiento de los indicadores ambientales y los beneficios económicos derivados de la optimización de los recursos. Los resultados obtenidos permitieron evidenciar cambios positivos asociados a la disminución del consumo, el fortalecimiento de los mecanismos de control y la consolidación de prácticas orientadas a la sostenibilidad. De esta manera, la evaluación proporciona elementos objetivos para valorar el cumplimiento de los objetivos propuestos y la pertinencia de las acciones implementadas dentro del contexto operativo de la planta.

##### **5.4.1. Comparativo del consumo antes y después**

La Tabla 7 presenta el comparativo de los niveles de consumo registrados antes y después de la implementación de las estrategias de mejora. El análisis de la información

evidencia una tendencia favorable en el comportamiento de los recursos evaluados, reflejando el impacto positivo de las acciones desarrolladas durante el proyecto.

**Tabla 8.**

*Comparativo de consumo antes y después de la implementación de estrategias*

Indicador	Línea base	Resultado final	Reducción (%)
Consumo de agua (m³)	128	98	23,4 %
Consumo de energía (kWh)	1480	1240	16,2 %
Vertimientos generados (%)	100	82	18 %

Fuente. Elaboración propia (2026)

La reducción observada se encuentra asociada principalmente a la optimización de los sistemas de lavado, la instalación de dispositivos ahorradores, el fortalecimiento de las actividades de mantenimiento preventivo y la adopción de prácticas más eficientes por parte del personal operativo. Estas intervenciones permitieron disminuir pérdidas innecesarias y mejorar el aprovechamiento de los recursos utilizados durante las actividades productivas. Desde una perspectiva de gestión ambiental, los resultados obtenidos demuestran que la aplicación de estrategias basadas en principios de Producción Más Limpia constituye una alternativa efectiva para reducir consumos sin afectar el funcionamiento de los procesos productivos. En consecuencia, los datos presentados evidencian el cumplimiento del objetivo relacionado con la optimización del uso del agua y la energía dentro de la organización.

**5.4.2. Análisis Gráfico De Reducción Del Consumo**

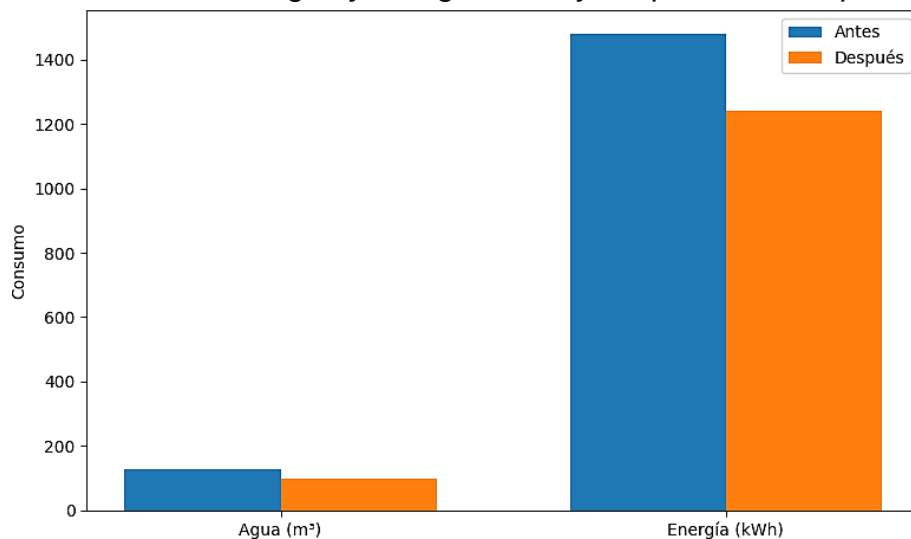
Las figuras 12 y 13 permiten visualizar de manera comparativa el comportamiento del consumo de agua y energía antes y después de la implementación de las estrategias formuladas. La representación gráfica facilita la identificación de las variaciones

registradas y permite comprender con mayor claridad la magnitud de los cambios obtenidos durante el desarrollo del proyecto.

Los resultados muestran una disminución progresiva de los niveles de consumo, lo que confirma la efectividad de las acciones implementadas y la adecuada articulación entre las medidas técnicas, operativas y formativas. Esta tendencia evidencia que la combinación de tecnologías de ahorro, mantenimiento preventivo y capacitación constituye una estrategia integral capaz de generar mejoras sostenibles en el desempeño ambiental de la planta. Adicionalmente, los gráficos reflejan que las intervenciones ejecutadas no solo contribuyeron a reducir el consumo de recursos, sino que también fortalecieron la capacidad de control y seguimiento de la organización, favoreciendo la toma de decisiones orientadas a la mejora continua y la sostenibilidad empresarial.

### Figura 12.

*Comparativo del consumo de agua y energía antes y después de la implementación*



*Nota.* La figura representa el comportamiento comparativo del consumo hídrico y energético durante el periodo evaluado, evidenciando una disminución progresiva posterior a la implementación de estrategias de optimización y control operativo. Fuente. Elaboración propia (2026).

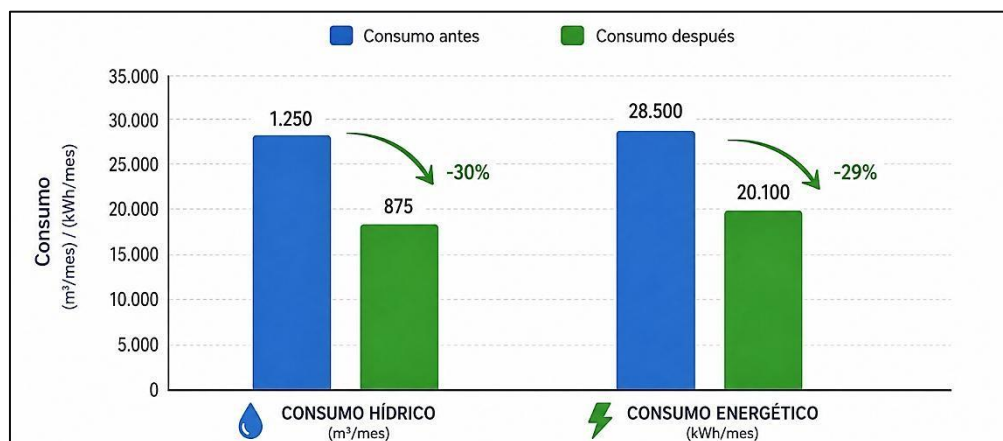
### 5.4.3. Indicadores De Desempeño Ambiental

Los indicadores de desempeño ambiental permitieron cuantificar objetivamente los efectos de las estrategias implementadas sobre el consumo de agua y energía. Su análisis evidencia mejoras en la eficiencia operativa de la planta, demostrando que la optimización de procesos y el fortalecimiento de la gestión ambiental generan beneficios medibles tanto para la organización como para el entorno.

La utilización de indicadores constituye una herramienta fundamental para el seguimiento permanente de los recursos, debido a que facilita la identificación temprana de desviaciones, la evaluación de tendencias y la formulación de acciones correctivas orientadas a mantener los resultados alcanzados. Por esta razón, se recomienda incorporar estos indicadores dentro de los procesos regulares de gestión de la empresa.

**Figura 13.**

*Reducción del consumo hídrico y energético posterior a la implementación de estrategias*



*Nota.* La figura representa la disminución progresiva del consumo de agua y energía posterior a la implementación de estrategias de optimización, mantenimiento preventivo y fortalecimiento de buenas prácticas operativas en la planta de beneficio avícola. Fuente. Elaboración propia (2026).

#### 5.4.4. Resultados Ambientales y Económicos

En el ámbito ambiental, las acciones implementadas contribuyeron a la disminución progresiva de los vertimientos generados y de la carga contaminante asociada a los procesos de limpieza y operación, como resultado directo de la reducción en el consumo de agua y de la optimización de los procedimientos internos. Esta situación favoreció el fortalecimiento del desempeño ambiental de la planta y el cumplimiento de las disposiciones normativas aplicables al sector avícola.

**Tabla 9.**

*Resultados ambientales y económicos obtenidos posterior a la implementación*

Indicador	Antes	Después	Resultado
Consumo de agua (m <sup>3</sup> )	128	98	Reducción del 23,4 %
Consumo de energía (kWh)	1480	1240	Reducción del 16,2 %
Vertimientos (%)	100	82	Disminución de carga contaminante
Costos operativos	Alto	Moderado	Ahorro económico

**Fuente.** Elaboración propia (2026).

Los resultados consolidados en la Tabla 8 evidencian que las estrategias implementadas generaron beneficios tanto ambientales como económicos. Desde el componente ambiental, se observó una disminución en el consumo de agua y energía, contribuyendo a la reducción de la presión ejercida sobre los recursos naturales y favoreciendo el cumplimiento de los principios de sostenibilidad y producción responsable.

En relación con el componente económico, la reducción de consumos permitió optimizar costos asociados a la prestación de servicios públicos y mejorar la eficiencia operativa de la planta. Estos resultados demuestran que la gestión ambiental no debe

entenderse únicamente como una obligación normativa, sino como una herramienta estratégica capaz de generar ventajas competitivas y fortalecer la sostenibilidad financiera de las organizaciones.

En términos generales, la evaluación realizada confirma que las acciones desarrolladas durante el proyecto fueron técnicamente viables, ambientalmente pertinentes y económicamente favorables, validando la efectividad de las estrategias formuladas para el uso eficiente del recurso hídrico y energético.

### **5.5. Resultados Asociados a La Sostenibilidad y Mejora Continua**

La sostenibilidad de las estrategias implementadas constituye un aspecto fundamental dentro de los procesos de gestión ambiental empresarial, debido a que garantiza la permanencia de los beneficios alcanzados y favorece la consolidación de una cultura organizacional orientada al uso eficiente de los recursos naturales. En este contexto, la evaluación de los resultados obtenidos permitió identificar acciones de seguimiento y control que pueden contribuir a mantener los avances logrados en materia de ahorro de agua y energía dentro de la planta de beneficio avícola.

Los hallazgos obtenidos durante el desarrollo del proyecto evidenciaron que la combinación de estrategias técnicas, operativas y formativas genera impactos positivos sobre el desempeño ambiental de la organización. Sin embargo, para asegurar la continuidad de estos resultados se requiere establecer mecanismos permanentes de monitoreo que permitan verificar el comportamiento de los indicadores de consumo y detectar oportunamente posibles desviaciones en los procesos.

Desde esta perspectiva, la sostenibilidad de las acciones implementadas depende de la integración de procedimientos de control, programas de capacitación continua,

actividades periódicas de mantenimiento y procesos de evaluación sistemática que favorezcan la mejora permanente de la gestión ambiental empresarial.

### **5.5.1. Sistema de Monitoreo y Control**

La figura correspondiente al sistema de monitoreo y control presenta la estructura propuesta para realizar el seguimiento permanente de los consumos de agua y energía dentro de la planta de beneficio avícola. Este sistema fue concebido como una herramienta de gestión que facilita la recopilación, análisis e interpretación de información relacionada con el comportamiento de los recursos utilizados en los diferentes procesos productivos.

La implementación de mecanismos de monitoreo permite fortalecer la capacidad de respuesta de la organización frente a posibles incrementos en los niveles de consumo, facilitando la identificación temprana de anomalías asociadas a fugas, fallas operativas o prácticas inadecuadas. De igual manera, favorece la toma de decisiones basada en evidencia, permitiendo orientar acciones correctivas y preventivas que contribuyan al mantenimiento de los resultados alcanzados. Los resultados obtenidos durante el proyecto evidencian que el monitoreo continuo constituye uno de los factores más relevantes para garantizar la sostenibilidad de las estrategias implementadas, debido a que proporciona información actualizada sobre el desempeño ambiental de la organización y fortalece los procesos de mejora continua.

## Figura 14.

### *Sistema de monitoreo y control de vertimientos en la planta de beneficio avícola*



*Nota.* La figura evidencia el sistema de monitoreo y control implementado para el seguimiento de los vertimientos generados durante el proceso productivo, permitiendo fortalecer la gestión ambiental, optimizar el uso del recurso hídrico y garantizar el cumplimiento de las disposiciones normativas aplicables al sector avícola. De esta manera, se observa la infraestructura destinada al control y medición del flujo de agua tratada, contribuyendo a la reducción del impacto ambiental y al mejoramiento continuo de las condiciones operativas de la planta. Fuente. Elaboración propia (2026).

### **5.5.2. Recomendaciones Estratégicas Derivadas De Los Resultados**

A partir del análisis de los resultados obtenidos durante las diferentes fases de la investigación, se formularon recomendaciones estratégicas orientadas a fortalecer la sostenibilidad de las acciones implementadas y promover una gestión ambiental más eficiente dentro de la planta de beneficio avícola.

En primer lugar, se recomienda institucionalizar los programas de monitoreo del consumo de agua y energía mediante la definición de indicadores de seguimiento y la elaboración periódica de informes que permitan evaluar el comportamiento de los recursos utilizados. Esta medida contribuirá a mantener el control sobre los consumos y facilitará la identificación de oportunidades de mejora.

En segundo lugar, se considera pertinente fortalecer los programas de capacitación dirigidos al personal operativo, promoviendo procesos continuos de sensibilización relacionados con el uso eficiente de los recursos naturales, la producción más limpia y la sostenibilidad empresarial. La consolidación de una cultura organizacional orientada hacia la responsabilidad ambiental constituye un elemento determinante para garantizar la permanencia de los resultados alcanzados.

Igualmente, se recomienda mantener programas periódicos de mantenimiento preventivo para los equipos y sistemas involucrados en los procesos productivos, debido a que su adecuado funcionamiento contribuye significativamente a la reducción del consumo energético y a la optimización de las condiciones operativas de la planta.

Finalmente, se sugiere incorporar criterios de sostenibilidad dentro de los procesos de planificación estratégica de la organización, integrando objetivos ambientales, indicadores de desempeño y mecanismos de evaluación continua que permitan fortalecer la competitividad empresarial y promover el uso responsable de los recursos naturales a largo plazo.

Los resultados obtenidos durante la investigación permiten concluir que las estrategias implementadas no solo generaron beneficios inmediatos en términos de reducción del consumo de agua y energía, sino que también establecieron las bases para

la construcción de un modelo de gestión ambiental sostenible capaz de mantenerse y fortalecerse con el tiempo mediante procesos permanentes de seguimiento, control y mejora continua.

En términos generales, los resultados obtenidos evidencian que la implementación de estrategias orientadas al ahorro y uso eficiente del recurso hídrico y energético permitió mejorar el desempeño ambiental de la planta de beneficio avícola, reducir consumos asociados a los procesos productivos y fortalecer la cultura organizacional relacionada con la sostenibilidad. La articulación entre acciones técnicas, operativas y formativas demostró ser una alternativa viable para promover la eficiencia en el uso de los recursos, generando beneficios ambientales y económicos que contribuyen al fortalecimiento de la competitividad empresarial y al cumplimiento de los principios de producción más limpia y desarrollo sostenible.

## 6. CONCLUSIONES

La caracterización realizada en la planta de beneficio avícola permitió identificar las principales condiciones asociadas al consumo de agua y energía dentro de los procesos productivos. Los resultados obtenidos evidenciaron que las actividades de lavado, limpieza de instalaciones y funcionamiento de equipos constituyen los puntos de mayor demanda de recursos, situación que genera impactos tanto ambientales como económicos para la organización. El diagnóstico desarrollado proporcionó una línea base confiable que permitió comprender el comportamiento de los consumos y establecer criterios técnicos para la formulación de acciones orientadas a su optimización.

A partir de las necesidades identificadas durante la fase diagnóstica, se diseñaron estrategias fundamentadas en los principios de Producción Más Limpia y uso eficiente de los recursos. La formulación de estas acciones permitió integrar componentes técnicos, operativos y formativos dirigidos a fortalecer la gestión ambiental de la organización. Las estrategias propuestas respondieron de manera pertinente a las condiciones observadas en la planta y se constituyeron en una alternativa viable para promover la sostenibilidad de los procesos productivos y el mejoramiento continuo de las actividades desarrolladas.

La implementación de las estrategias formuladas favoreció la incorporación de prácticas orientadas al ahorro y uso eficiente del recurso hídrico y energético. La instalación de dispositivos de control, el fortalecimiento de los programas de mantenimiento preventivo y el desarrollo de jornadas de capacitación permitieron intervenir los factores de ineficiencia identificados durante la caracterización inicial. Estas acciones evidenciaron que la participación activa del personal y la apropiación de buenas prácticas ambientales constituyen elementos determinantes para garantizar la efectividad de los procesos de mejora implementados dentro de la organización.

La evaluación del impacto de las estrategias desarrolladas permitió evidenciar mejoras en el desempeño ambiental de la planta, reflejadas en la optimización de los niveles de consumo de agua y energía y en el fortalecimiento de los mecanismos de control y seguimiento de los recursos. Los resultados obtenidos demostraron que la aplicación de medidas orientadas a la eficiencia hídrica y energética contribuye a reducir pérdidas operativas, optimizar costos asociados al funcionamiento de la empresa y generar beneficios ambientales relacionados con el aprovechamiento responsable de los recursos naturales.

Finalmente, la formulación de recomendaciones orientadas a la sostenibilidad y mejora continua permitió establecer lineamientos para garantizar la permanencia de los resultados alcanzados. La incorporación de sistemas de monitoreo, procesos periódicos de evaluación, programas de capacitación continua y actividades de mantenimiento preventivo constituye una estrategia pertinente para consolidar una cultura organizacional comprometida con la protección ambiental y el uso racional de los recursos. En este sentido, se concluye que la implementación de estrategias de ahorro y uso eficiente del recurso hídrico y energético representa una alternativa efectiva para fortalecer la sostenibilidad ambiental, mejorar la eficiencia operativa y contribuir al desarrollo competitivo de las plantas de beneficio avícola, generando beneficios que trascienden el ámbito económico y favorecen la construcción de modelos productivos más responsables con el entorno.

## 7. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la planta de beneficio avícola mantener de manera permanente las estrategias de ahorro y uso eficiente del recurso hídrico y energético implementadas durante el desarrollo del presente trabajo, garantizando la continuidad de las acciones de control, seguimiento y mejora de los procesos operativos. La sostenibilidad de los resultados obtenidos dependerá en gran medida del compromiso institucional y de la capacidad de la organización para fortalecer una cultura ambiental orientada al uso racional de los recursos y a la prevención de impactos ambientales. En este sentido, resulta indispensable que las actividades de monitoreo y evaluación de consumos se conviertan en procedimientos periódicos dentro de la operación de la planta, permitiendo identificar oportunamente posibles desviaciones o ineficiencias que puedan afectar el desempeño ambiental y económico de la organización.

De igual manera, se considera importante continuar fortaleciendo los programas de mantenimiento preventivo de equipos hidráulicos y eléctricos, especialmente en sistemas de bombeo, refrigeración y lavado, debido a que estos representan una de las principales fuentes de consumo energético y de agua dentro de la planta. El mantenimiento periódico permitirá prolongar la vida útil de los equipos, reducir pérdidas operativas y garantizar un funcionamiento más eficiente de los sistemas productivos. Bajo esta perspectiva, se recomienda implementar cronogramas de mantenimiento técnico con registros de seguimiento y control que faciliten la toma de decisiones y permitan evaluar continuamente el estado de la infraestructura operativa.

En relación con la gestión del recurso hídrico, se sugiere fortalecer la instalación de dispositivos de ahorro y control en todos los puntos críticos de consumo, priorizando aquellas áreas donde se desarrollan actividades de lavado y limpieza. Del mismo modo,

sería pertinente evaluar la posibilidad de incorporar tecnologías complementarias para el aprovechamiento y reutilización del agua en algunos procesos operativos, contribuyendo a disminuir progresivamente la presión sobre el recurso y fortaleciendo las estrategias de sostenibilidad ambiental dentro de la organización. La implementación de sistemas de medición automatizados y herramientas de monitoreo en tiempo real también podría favorecer significativamente el control y análisis de los consumos.

Por otra parte, se recomienda continuar desarrollando procesos de capacitación y sensibilización dirigidos al personal operativo y administrativo, considerando que el factor humano desempeña un papel fundamental en el cumplimiento de las estrategias ambientales implementadas. La formación continua permitirá fortalecer el nivel de compromiso de los trabajadores frente al uso eficiente del agua y la energía, promoviendo hábitos responsables y mejorando la apropiación de las prácticas sostenibles dentro de la planta. De igual forma, la participación del personal contribuirá al fortalecimiento de la cultura organizacional y facilitará la consolidación de procesos de mejora continua orientados al desempeño ambiental.

Desde el ámbito académico e investigativo, se recomienda que futuros trabajos relacionados con esta temática profundicen en el análisis de tecnologías más avanzadas para el tratamiento y reutilización de aguas residuales, automatización de sistemas de control de consumo y evaluación de indicadores de sostenibilidad ambiental en plantas de beneficio avícola. Igualmente, sería pertinente ampliar el periodo de evaluación de los consumos y realizar estudios comparativos entre diferentes plantas del sector, con el propósito de generar información más amplia que contribuya al fortalecimiento de estrategias ambientales aplicables a nivel regional y nacional.

Finalmente, se considera importante que las organizaciones del sector avícola integren de manera progresiva sistemas de gestión ambiental enfocados en la eficiencia energética, uso racional del recurso hídrico y cumplimiento normativo, permitiendo consolidar modelos productivos más sostenibles y competitivos. La implementación de este tipo de estrategias no solo favorece la reducción de impactos ambientales y costos operativos, sino que también fortalece la imagen institucional y el compromiso empresarial frente a la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez Crespo, M. M., García-Fischer, A., Rubiños, M., Díaz-Longueira, A., Quintián, H., & Calvo-Rolle, J. L. (2024). Dispositivo configurable para modelar y analizar comportamientos de consumo de agua. *Jornadas de Automática*, (45). <https://doi.org/10.17979/ja-cea.2024.45.10923>

Álvarez Pinzón, G. L., Andino, M., & González Cardona, A. H. (2022). *Derecho de Aguas: Tomo IX*. Universidad Externado.

Arizala-Oliveros, M. N., Cabeza-Castillo, C. A., Martínez-Calderón, J. A., González-Quiñonez, L. A., & Salgado-Ortiz, P. J. (2023). Análisis del consumo energético de la granja Avícola Monar, Ecuador. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 3(1), 364-367. <https://doi.org/10.56183/iberotecs.v3i1.609>

Arzuaga Raudales, C. A., Cuadro Chinchilla, R., & Bermúdez Quintero, L. C. (2025). Gestión Sostenible del Agua como Estrategia Pedagógica para el Uso Eficiente en Educación Básica. *Ciencia y Reflexión*, 4(3), 1657-1678. <https://doi.org/10.70747/cr.v4i3.568>

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales [ANLA]. (2022). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) – Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) – Agua*. <https://www.anla.gov.co/wanla/eureka/documentos->

estrategicos/politicas/politica-nacional-para-la-gestion-integral-del-recurso-  
hidrico-pngirh-gestion-integral-del-recurso-hidrico-girh-agua

Barreto-Paico, J. A. (2025). Manejo sostenible del recurso hídrico en América Latina: Una  
revisión sistemática. *Revista Minerva*, 6(ESP), 50-55.

<https://doi.org/10.47460/minerva.v6isp.256>

Benavides Jimenez, C., & Caro Tequia, Juan M. (2024). *Propuesta de guía para la  
aplicación de tecnologías apropiadas en el proceso de reúso y la recirculación de  
agua dentro de la industria de floricultura en el municipio de Nemocón,  
Cundinamarca* [Tesis, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].

[https://repository.udistrital.edu.co/items/469ba809-de07-4245-a356-](https://repository.udistrital.edu.co/items/469ba809-de07-4245-a356-4d7164274502)

[4d7164274502](https://repository.udistrital.edu.co/items/469ba809-de07-4245-a356-4d7164274502)

Beuchat, C., Álvarez, P., & Hepp, J. (2025). *Pura agua* (1ra edición). Zig-Zag.

Buitrago Bermudez, O., Bolaños Trochez, F. V., & Patiño Gómez, Z. L. (2024). *La cuenca  
hidrográfica como unidad de gestión del agua*. Universidad del Valle.

Buriticá Macías, Á. M., López Quintero, G., & Buriticá Noreña, C. A. (2021). ISO 50001  
sistema de gestión energética 2018 guía de implementación. *Scientia et Technica*,  
26(2), 178-182. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8005748>

Bustos Murillo, F. A., Pulido Aponte, Á. E., & Rivera Escobar, H. M. (2023). Tratamiento  
de aguas residuales en Colombia y sistemas bioelectroquímicos: Usos y  
perspectivas. *Tecnura*, 27(76), 111-143.

- Calderón Olarte, J. J., & Cueto Barcenaz, L. E. (2025). *Estudio de factibilidad para la creación de una planta de faenamiento avícola* [Tesis, Universidad EAN].  
<https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/3882c3cf-b4fb-4dd7-809f-14d1cf1835f9/content>
- Carbal, A. E., García, M. D., & Álvarez, Y. (2020). Sistema de gestión ambiental para pymes industriales. *Revista ESPACIOS*. ISSN, 41(24), 129-138.  
<http://www.revistaespacios.com/a20v41n24/a20v41n24p11.pdf>
- Cardona-Almeida, C., & Suárez, A. (2024). Gestión Integrada del Recurso Hídrico en Colombia, una Perspectiva Histórica. *Ambiente & Sociedade*, 27, e01187.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0170r1vu27L1AO>
- Carrera Muyo, J., & Suárez-Ojeda, M. E. (2019). *Aguas residuales industriales en Iberoamérica* (1ra edición). Red CYTED.
- Castaño Castaño, A. N., Cardona-Guerrero, F., Rojas Padilla, J. H., Pinzón Pinzón, F., Salcedo Hurtado, E. de J., & Gaviria Collazos, A. (2025). *Gestión hídrica y planificación del territorio desde la sustentabilidad* (1ra edición). Universidad del Valle.
- Castillo Ortiz, S. Y., Anguiano Bello, E., Flores Cabrera, J. C., Carrillo Quiroz, A., & Taboada Vázquez, J. (2025). Uso de IoT para Monitoreo de la Eficiencia Hídrica en Genotipos de Soya. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 5(1), 2687-2703. <https://doi.org/10.61384/r.c.a..v5i1.1014>

- Castro Fuentes, D. A., Molina Estrella, M. I., Guamán Guevara, M. D., & Vizquete Muñoz, J. M. (2025). Desarrollo sostenible impulsado por la economía circular: Una mirada al sector avícola. *UTC Prospectivas: Revista de Ciencias Administrativas y Económicas*, Vol. 8(Núm. 2).  
<https://investigacion.utc.edu.ec/index.php/prospectivasutc/es/article/view/1119>
- Chicaiza-Maya, L. S., Ortega-Guerrero, P. A., Londoño, S. A. B., & Mañunga, T. (2024). Evaluación de los programas de uso eficiente y ahorro del agua en el Departamento de Nariño, Colombia. *Ingeniería y Competitividad*, 26(1), e-22213140. <https://doi.org/10.25100/iyc.v26i1.13140>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2021, abril 28). *Tecnologías digitales para un nuevo futuro | CEPAL*.  
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/46816-tecnologias-digitales-un-nuevo-futuro>
- Cortés Vidal, D. F. (2024). *Diseño de la propuesta del programa de ahorro y uso eficiente del agua en la granja avícola Bellavista del municipio de la Mesa de los Santos en el departamento de Santander, propiedad de la Incubadora Santander S.A.* [Tesis, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD].  
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/61485>
- Cortez Yáñez, D. S. (2023). Producción más limpia: Una revisión del estado del arte. *Polo del Conocimiento*, 8(5), 1506-1513. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i5.5660>

- Díaz-Cano, E. (2025). *Gobernanza del agua para la sostenibilidad económica y financiera de los recursos hídricos* [Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba, UCOPress]. <http://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/34000>
- Espinoza H, A. (2023). Economía circular: Una aproximación a su origen, evolución e importancia como modelo de desarrollo sostenible\*. *Revista de Economía Institucional*, 25(49), 109-134. <https://www.redalyc.org/journal/419/41977102006/html/>
- Federación Nacional de Avicultores de Colombia [FENAVI ]. (2020, junio 12). *Cartilla— Normativa ambiental en el sector Avícola*. <https://fenavi.org/publicaciones-programa-ambiental/cartillas/cartilla-normativa-ambiental-en-el-sector-avicola/>
- FENAVI - Federación Nacional de Avicultores de Colombia. (2024, junio 18). Todo lo que debe saber sobre la normativa ambiental en el sector avícola. *Programa de Sostenibilidad*. <https://fenavi.org/publicaciones-programa-ambiental/todo-lo-que-debe-saber-sobre-la-normativa-ambiental-en-el-sector-avicola/>
- Figueroa Fernández, A. (2019). *Escenarios Hídricos 2030*. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/d990cc4c-ede1-4226-b06d-b0ac829c0b63/content>
- Fimbres Acedo, Y. E., Garza Torres, R., & Ortega Rubio, A. (2025). Manejo del Recurso Hídrico en los Sistemas Agroacuícolas. En *Investigación para el desarrollo Comunitario*. [https://www.researchgate.net/profile/Yenitze-Elizabeth-Fimbres-Acedo/publication/400533963\\_Manejo\\_del\\_recurso\\_hidrico\\_en\\_los\\_sistemas\\_ag](https://www.researchgate.net/profile/Yenitze-Elizabeth-Fimbres-Acedo/publication/400533963_Manejo_del_recurso_hidrico_en_los_sistemas_ag)

roacuicolas/links/698632f542f94d1212a7e2f2/Manejo-del-recurso-hidrico-en-los-sistemas-agroacuicolas.pdf

Gárate Ríos, J., Palomino Alvarado, G. del P., Pereyra Gonzales, T. V., & Torres Delgado, F. (2021). La Gestión de recursos hídricos: Una revisión internacional de literatura. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 2(1), 186-199. <https://doi.org/10.51798/sijis.v2i1.49>

García Hurtado, M. (2023). *Higiene general en la industria alimentaria. INAQ0108*. IC Editorial.

Garros, M. C., & Safar, E. (2020). *Agua segura como derecho humano*. Ediciones Universidad Católica de Salta.

Gesé Bordils, M. del M., González-Cancelas, N., & Molina Serrano, B. (2021). Indicadores clave de rendimiento en terminales de contenedores y su relación con la sostenibilidad ambiental. Aplicación al sistema portuario español. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 29(4), 647-660. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052021000400647>

Gonzalez-Herrera, R., Escalante-Mañe, A. M., López-Pacheco, M., & Méndez-Novelo, R. (2025). Lixiviados de desechos municipales y contaminación acuífera. El caso de Mérida, México. *Revista de Salud Ambiental*, 25(2), 125-138. <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/1835>

Granada Aguirre, L. F., Vallejo Morán, L. A., & Álvarez Castro, N. (2021). *Proyectos ambientales para la minimización de residuos: Producción limpia*. Ediciones de la U.

Guerrero Galvis, J. G. (2021). *Caracterización y Cadenas Productivas Colombianas: Avicultura* [Tesis, Universidad Francisco de Paula Santander].  
[https://www.researchgate.net/publication/360009582\\_CHARACTERIZACION\\_Y\\_CADENAS\\_PRODUCTIVAS\\_COLOMBIANAS\\_AVICULTURA](https://www.researchgate.net/publication/360009582_CHARACTERIZACION_Y_CADENAS_PRODUCTIVAS_COLOMBIANAS_AVICULTURA)

Haro Sarango, A. F., Chisag Pallmay, E. R., Ruiz Sarzosa, J. P., & Caicedo Pozo, J. E. (2024). Tipos y clasificación de las investigaciones: Types and classification of investigations. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(2), 956-966. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.1927>

Hoof, B. V., Monroy, N., & Saer, A. (2018). *Producción más limpia: Paradigma de gestión ambiental*. (1ra edición). Universidad de los Andes.

Hu, W. (2025). *Un enfoque multidimensional para promover la sostenibilidad en la industria agroalimentaria: Innovación, comportamiento y políticas* [Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza]. <https://zaguan.unizar.es/record/163980/files/TESIS-2025-328.pdf?version=1>

ICA - Instituto Colombiano Agropecuario. (2016, septiembre 28). *La bioseguridad en las granjas avícolas, deber de los productores*. Portal Corporativo ICA.  
<https://www.ica.gov.co/noticias/pecuaria/2016/la-bioseguridad-en-las-granjas-avicolas-deber-de>

Manosalva Ibañez, M., Barbosa Sarabia, J. C., & Suarez Quiñones, A. E. (2023).

Innovación circular en la cadena de valor avícola: Un enfoque integral para la reducción de impactos ambientales y Fomento de la Responsabilidad Social Empresarial. *REICE: Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas*, 11(22), 251-273. <https://doi.org/10.5377/reice.v11i22.17366>

Mateo Rodríguez, J. M. (2020). *Planificación ambiental. Material del curso de post grado de la maestría en Geografía, ordenamiento territorial y Medio Ambiente*. Editorial Universitaria (Cuba).

Medina, M., Rojas, R., Bustamante, W., Loaiza, R., Martel, C., & Castillo, R. (2023).

Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación. En *Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.080>

Mejía Estrella, J. S. (2025). *Ciencia ciudadana e internet de las cosas en el monitoreo de*

*sistemas hídricos como estrategia de gestión de agua residuales para Ecoaldeas* [masterThesis, Quito: Universidad de las Américas, 2025]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/18053>

Mendo Belizario, L. N. (2025). Evaluación de la eficiencia de tratamiento de la planta de

tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Lampa, Puno 2024. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/20.500.14891/1129>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Resolución 631 de 2015—Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.*

<https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-631-de-2015/>

Moran-Gonzalez, M. R., Guerrero-Calero, J. M., Mieles-Giler, J. W., & Cabrera-Verdesoto, C. A. (2024). Evaluación de Indicadores para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas Hidrográficas. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(4), 25-38. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n4/129>

Morazán, F. (2024). *Perfil de Proyecto para el Establecimiento De una Granja Avícola en Talanga*. [Thesis Máster en Administración de Proyectos, Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC]. <https://repositorio.unitec.edu/server/api/core/bitstreams/f46c6b10-6574-42a9-a9a7-3128be4c64ed/content>

Moreira Cañarte, C. Y., Álvarez Chamorro, N. N., Chicaiza Tenorio, M. R., & Choez Castro, J. E. (2024). El Rol de la Planificación Estratégica en el Desarrollo Sostenible. *Ciencia y Desarrollo. Universidad Alas Peruanas*, Vol. 27(Núm. 4). <https://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/article/view/2778>

Moreno-Rodriguez, D., Lovera-Dávila, D., & Villaca-Chipana, J. (2023). Tratamiento de aguas residuales de un centro de beneficio avícola usando moringa oleifera.

- Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 26(51), e25459. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v26i51.25459>
- Ochante-Ramos, R. H., Riveros-Davalos, M., & Mamani-Mercado, N. G. L. (2024). Prácticas sostenibles y conciencia ambiental: Estrategias para la conservación del medio ambiente. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, vol.8(supl.1). [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2542-30882023000300287](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2542-30882023000300287)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2024, mayo 20). *Protegiendo la biodiversidad para un Mejor medio ambiente*. FAO Regional Office-LatinAmerica-RLC. <https://www.fao.org/americas/interviews/detail/protegiendo-la-biodiversidad-para-un-mejor-medio-ambiente/es>
- Padilla Ciodaro, M. E. (2021, diciembre 3). *Reúso y recirculación de las aguas residuales*. Asuntos Legales. <https://www.asuntoslegales.com.co/consultorio/reuso-y-recirculacion-de-las-aguas-residuales-3271400>
- Pano, J. M. (2023). Innovación y sostenibilidad en los negocios. Tecnologías de recuperación de agua. Sostenibilidad y rentabilidad. *Palermo Business Review*, (28), 53-71.
- Paz Gil, I., Prado Román, A., & Prado Román, M. (2024). *Sostenibilidad organizacional*. Ediciones Pirámide.

- Peña Vera, T. (2022). Etapas del análisis de la información documental. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 45(3).  
<https://doi.org/10.17533/udea.rib.v45n3e340545>
- Peralta Mahecha, G., Alarcón García, S. J., & Garzón Camacho, J. C. (2021). Desabastecimiento hídrico en el sistema de ciudades de Colombia: Ordenamiento ambiental y territorial en el Área Hidrográfica Magdalena-Cauca. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 30(2), 459-480.  
<https://doi.org/10.15446/rcdg.v30n2.88753>
- Pérez Insuasti, J. J. (2025). *SICAP JOURNAL (E1V1N2): Tecnologías Emergentes para Infraestructura Inteligente*. Juan José Pérez Insuasti.
- Pérez Ramírez, C. A., & Rogel Fajardo, I. (2024). *La encrucijada ambiental: Enfoques y experiencias en el devenir de los territorios*. Comunicacion Científica.
- Piña-Ferrer, L. S. (2023). El enfoque cualitativo: Una alternativa compleja dentro del mundo de la investigación. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 8(15), 1-3. <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i15.2440>
- Rincón Benito, M. (2024). La modernización del ciclo del agua orientada a una gestión más eficiente y sostenible - geoTOM®. *XXXIX Congreso Nacional de Riegos ÚBEDA (JAÉN)*. <https://hdl.handle.net/10953/3042>
- Ríos-Badilla, E., Boj-Coti, P., & Alfaro Chinchilla, C. (2022). Evaluación de la huella de agua y la gestión del recurso hídrico en las industrias. *Biocenosis*, 33(1).  
<https://doi.org/10.22458/rb.v33i1.4287>

- Rodrigues, R. (2024, octubre 3). *Desafíos en la Implementación y Control de Proyectos Híbridos*. edp. [https://aeolica.org/wp-content/uploads/2024/10/SESION-3\\_-EDPR\\_RICARDO-RODRIGUES.pdf](https://aeolica.org/wp-content/uploads/2024/10/SESION-3_-EDPR_RICARDO-RODRIGUES.pdf)
- Rodríguez-Guerra, A., & Martínez, F. S. (2020). Responsabilidad social y gestión ambiental del agua, solución en la industria de lácteos de Ecuador. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 4(12), 211-230. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2664-09022020000300004&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2664-09022020000300004&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Rubio Duce, E. (2026). *Gestión ambiental. SEA\_B\_0788*. Tutor Formación.
- Ruiz-López, S. E. (2024). Estrategias de Gestión de la Cadena de Suministro en un Mundo Globalizado. *Revista Científica Zambos*, 3(2), 97-119. <https://doi.org/10.69484/rcz/v3/n2/19>
- Sánchez Cano, J. E., & Rios Bolivar, H. (2023). *Sector energético, crecimiento económico y desarrollo sostenible frente al cambio climático*. Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Sánchez Llanos, M. del P., & Peñalver Higuera, M. J. (2025). Planificación y gestión integral del recurso hídrico en la región de Ancash. *Revista InveCom*, 5(2). <https://doi.org/10.5281/zenodo.12738450>
- Seguí-Amórtegui, L. A., García Vega, D., & Guerrero Garcí-a Rojas, H. R. G. G. (2016). Huella hídrica: Análisis como instrumento estratégico de gestión para el

- aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos. *Ciencia Nicolaita*, (69).  
<https://doi.org/10.35830/cn.vi69.342>
- Solis Sánchez, G., Alcalde Bezhold, G., & Alfonso Farnós, I. (2023). Ética en investigación: De los principios a los aspectos prácticos. *Anales de Pediatría*, 99(3), 195-202. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2023.06.005>
- Suarez Rivadeneira, J. (2024, mayo 19). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12148.77448>
- Torres Palacio, J. C., & Serrano López, Z. Y. (2024). *Diseño de un sistema de gestión ambiental para dos centros de investigación agropecuaria ubicados en la sabana de Bogotá*. <https://hdl.handle.net/20.500.14625/37664>
- UNESCO. (2021, junio 25). *Valorar el agua para la economía | Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de 2021*.  
<https://www.unesco.org/reports/wwdr/2021/es/valorar-el-agua-para-la-economia>
- UNESCO. (2025, julio 4). *Por una gestión hídrica sostenible en un mundo en transformación*. <https://www.unesco.org/es/articulos/por-una-gestion-hidrica-sostenible-en-un-mundo-en-transformacion>
- Vargas Bernal, D. L., & Malagon Vigoya, M. A. (2022). *Evaluación del uso eficiente de los residuos orgánicos provenientes de la planta de beneficio avícola para la elaboración de abonos sólidos y líquidos* [Tesis, Universidad de los Llanos].  
<https://repositorio.unillanos.edu.co/handle/001/5131>

Vargas Rojas, S. M. V., & Otálvaro Marín, B. (2022). *La discusión de lo público en perspectiva territorial: Estudios de caso locales y regionales*. Sello Editorial Javeriano-Pontificia Universidad Javeriana, Cali.

Vargas-Restrepo, C. M., Gutiérrez-Monsalve, J. A., Vélez-Rivera, D. A., & Gómez-Betancur, M. A. (2021). Gestión del manejo de residuos sólidos: Un problema ambiental en la universidad. *Pensamiento & Gestión*, (50), 117-152.  
<https://doi.org/10.14482/pege.50.628.445>

Yáñez-Díaz, M. F., Prieto-Velásquez, M., Medina-Jaimes, D. X., & Madriz-Rodríguez, D. A. (2022). Procedimiento para el diseño de investigaciones bajo el enfoque de revisión sistemática. Un caso de aplicación. *AiBi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 10(1), 43-51.  
<https://doi.org/10.15649/2346030X.2630>