



Análisis de la problemática del desperdicio del recurso hídrico para la gestión de un proyecto de optimización en una planta de alimentos en Bogotá D.C.

Camilo Alberto Bermúdez Robayo

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

22 de enero de 2026

Análisis de la problemática del desperdicio del recurso hídrico para la gestión de un proyecto de optimización en una planta de alimentos en Bogotá D.C.

Camilo Alberto Bermúdez Robayo

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesora

Doris Amanda Rosero García

Microbióloga, M.Sc., PhD.

Posdoctorado en Microbiología Ambiental

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

22 de enero de 2026

## Contenido

Lista de tablas .....	5
Resumen .....	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.1 Descripción del problema .....	11
1.2 Pregunta de investigación.....	13
1.3 Objetivos de investigación .....	13
1.3.1 Objetivo general.....	13
1.3.2 Objetivos específicos.....	13
1.4 Justificación de la investigación .....	14
2. MARCO DE REFERENCIA.....	16
2.1. Marco de Antecedentes.....	16
2.2. Marco Teórico .....	18
2.2.1. Gestión del recurso hídrico.....	18
2.2.2. Uso eficiente del agua en la industria alimentaria .....	19
2.2.3. Gestión de procesos y eficiencia operativa .....	19
2.2.4. Sostenibilidad y producción más limpia .....	20
2.3. Marco normativo .....	21
2.3.1. Normativa internacional .....	21
2.3.2. Normativa nacional.....	22
2.3.3. Normativa sectorial.....	23
3. METODOLOGÍA .....	24
3.1. Enfoque y alcance de la investigación .....	24
3.2. Población y muestra.....	25
3.2.1. Definición de la población.....	25
3.2.2. Cálculo y selección de la muestra .....	25

## Análisis y optimización hídrica en una planta de alimentos

3.3. Instrumentos.....	26
3.3.1. Entrevista semiestructurada .....	26
3.3.2. Registro descriptivo del proceso y volúmenes de agua.....	27
3.4. Descripción de procedimientos .....	28
3.5. Análisis de la información .....	30
3.6. Consideraciones éticas.....	31
3.6.1. Análisis de consideraciones éticas .....	31
3.6.2. Instrumentos de aceptación y autorización.....	31
4. RESULTADOS .....	32
4.1. Análisis del gasto hídrico e identificación de punto crítico .....	32
4.2. Resultado de las entrevistas .....	34
4.3. Categoría de análisis .....	37
4.3.1. Uso del agua en los procesos de la planta .....	37
4.3.2. Existencia de procedimientos para el uso del agua .....	37
4.3.3. Reutilización del agua en la planta.....	38
4.3.4. Percepción del desperdicio hídrico .....	38
4.3.5. Identificación de fallas y sugerencias de mejora.....	38
4.4. Relación entre los volúmenes diarios de desperdicio hídrico y las condiciones operativas del proceso .....	39
5. DISCUSIÓN .....	41
6. CONCLUSIONES.....	45
7. RECOMENDACIONES.....	46
8. REFERENCIAS.....	47

**Lista de tablas**

**Tabla 1.** *Volumen diario de agua desperdiciada durante la circulación (purga) del sistema de tratamiento de agua.* ..... 33

## Resumen

La gestión eficiente del recurso hídrico constituye un desafío prioritario para la industria alimentaria, debido a la alta dependencia del agua en sus procesos productivos y a las crecientes presiones ambientales, normativas y operativas asociadas a su uso. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo analizar el desperdicio hídrico generado durante los procesos de obtención de agua tratada y regeneración de resinas en una planta de alimentos ubicada en Bogotá D.C., con el propósito de identificar sus principales causas técnicas y operativas y proponer estrategias de mejora orientadas a la optimización del recurso. El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto, el cual permitió comprender el fenómeno del desperdicio hídrico a partir de las condiciones reales de operación y de la experiencia del personal involucrado en el sistema de tratamiento de agua, así como contextualizar dicho análisis mediante información descriptiva sobre los volúmenes de agua desperdiciada. Para la recolección de información se emplearon técnicas cualitativas como la observación sistemática de los procesos y la aplicación de entrevistas semiestructuradas al personal operativo y técnico responsable de dichas actividades. De manera complementaria, se realizó un registro descriptivo del volumen de agua desperdiciada durante un periodo de quince días, sin recurrir a inferencias estadísticas, con el fin de apoyar y fortalecer la interpretación de los hallazgos. Los resultados evidenciaron la existencia de pérdidas recurrentes de agua asociadas principalmente a prácticas operativas no estandarizadas, ausencia de medición continua, deficiencias en el control del proceso y falta de procedimientos formalizados, lo cual limita la toma de decisiones oportunas y el seguimiento efectivo del desempeño hídrico. A partir del análisis realizado, se formularon propuestas de mejora fundamentadas en principios de la gerencia de proyectos, orientadas a reducir el desperdicio hídrico, fortalecer el control operativo, optimizar el uso del recurso y promover una gestión más eficiente y sostenible del agua en la planta de alimentos, aportando insumos relevantes para la toma de decisiones organizacionales y la mejora de las prácticas ambientales del sector.

*Palabras clave:* gestión hídrica; desperdicio de agua; industria alimentaria; enfoque mixto; sostenibilidad.

## **Abstract**

Efficient water resource management constitutes a priority challenge for the food industry due to its high dependence on water in production processes and the increasing environmental, regulatory, and operational pressures associated with its use. In this context, the present research aimed to analyze water wastage generated during treated water production and ion-exchange resin regeneration processes in a food processing plant located in Bogotá D.C., in order to identify its main technical and operational causes and propose improvement strategies oriented toward resource optimization. The study was conducted under a mixed-methods approach, which made it possible to understand the phenomenon of water wastage based on real operating conditions and the experience of personnel involved in the water treatment system, while also contextualizing the analysis through descriptive information on wasted water volumes. Qualitative data collection techniques included systematic observation of operational processes and semi-structured interviews with operational and technical staff responsible for these activities. Additionally, a descriptive record of the volume of water wasted over a fifteen-day period was carried out, without applying statistical inference, in order to support and strengthen the interpretation of the findings. The results revealed the existence of recurrent water losses mainly associated with non-standardized operational practices, lack of continuous measurement, deficiencies in process control, and absence of formalized procedures, which limit timely decision-making and effective monitoring of water performance. Based on the analysis conducted, improvement proposals grounded in project management principles were formulated, aimed at reducing water wastage, strengthening operational control, optimizing resource use, and promoting more efficient and sustainable water management within the food processing plant, providing relevant inputs for organizational decision-making and the improvement of environmental practices in the sector..

*Keywords:* water management; water wastage; food industry; mixed-methods approach; sustainability.

## Introducción

La gestión eficiente del recurso hídrico se ha consolidado como uno de los principales desafíos ambientales y operativos para la industria alimentaria, debido a la alta dependencia del agua en sus procesos productivos y a las crecientes exigencias normativas, sanitarias y de sostenibilidad. En este sector, el agua es un insumo fundamental para la obtención de agua tratada, la limpieza, la desinfección, la sanitización y el control microbiológico, por lo que su uso inadecuado o ineficiente puede generar impactos significativos tanto en la calidad del producto como en los costos operativos y en el desempeño ambiental de las organizaciones.

La presente investigación aborda el problema del desperdicio hídrico generado durante los procesos de obtención de agua tratada y regeneración de resinas en una planta de alimentos. A pesar de que estos procesos son indispensables para garantizar la calidad e inocuidad de la producción, en la organización objeto de estudio se evidencian pérdidas recurrentes de agua que no han sido cuantificadas ni analizadas de manera sistemática. La ausencia de instrumentos de medición continua, registros estructurados y procedimientos estandarizados limita la identificación de los puntos críticos del proceso y dificulta la toma de decisiones orientadas a la optimización del recurso.

La investigación se orienta por la siguiente pregunta: ¿cuáles son las causas operativas y técnicas del desperdicio hídrico en los procesos de tratamiento de agua y regeneración de resinas en una planta de alimentos, y qué estrategias pueden implementarse para reducir dichas pérdidas? Esta pregunta permite centrar el análisis en la comprensión del fenómeno desde la dinámica interna de los procesos, más allá de una simple medición del volumen de agua desperdiciada.

La justificación del estudio se sustenta en la necesidad de fortalecer las prácticas de gestión hídrica en la industria alimentaria, en un contexto marcado por la creciente presión sobre los recursos naturales, el cambio climático y el aumento de la demanda de agua a nivel global y nacional. Asimismo, la investigación resulta pertinente desde el punto de vista organizacional, ya que ofrece la posibilidad de identificar oportunidades de mejora que contribuyan a la reducción

de costos, al cumplimiento de la normativa ambiental y sanitaria vigente y al fortalecimiento de las prácticas de sostenibilidad de la empresa.

El objetivo general de la investigación consiste en analizar el desperdicio hídrico generado en los procesos de obtención de agua tratada y regeneración de resinas en una planta de alimentos, con el fin de identificar sus causas y proponer estrategias de mejora orientadas a la optimización del recurso. Para ello, se establecen objetivos específicos relacionados con la caracterización de los procesos, la identificación de prácticas operativas asociadas al desperdicio y la formulación de acciones de mejora basadas en principios de la gerencia de proyectos.

Desde el punto de vista teórico y metodológico, la investigación se apoya en antecedentes y literatura relacionados con la gestión del recurso hídrico, el uso eficiente del agua en la industria alimentaria, la sostenibilidad y la optimización de procesos productivos. Estos aportes permiten contextualizar el problema, identificar enfoques metodológicos previos y sustentar la pertinencia de integrar técnicas cualitativas y registros descriptivos para comprender las causas del desperdicio hídrico.

La metodología adoptada corresponde a un enfoque mixto, orientado a comprender el fenómeno del desperdicio hídrico desde la experiencia del personal involucrado en los procesos y las condiciones reales de operación del sistema de tratamiento de agua, así como a contextualizar dicho análisis mediante información descriptiva sobre los volúmenes de agua desperdiciada. Para ello, se emplearon técnicas de recolección de información como la observación sistemática de los procesos, la aplicación de entrevistas semiestructuradas y el registro descriptivo del volumen de agua desperdiciada durante un periodo de quince días, sin recurrir a inferencias estadísticas.

Los resultados obtenidos evidencian que el desperdicio hídrico en la planta se encuentra asociado principalmente a prácticas operativas no estandarizadas, ausencia de medición continua y limitaciones en el control del proceso, lo que genera pérdidas recurrentes de agua durante la operación del sistema. A partir de estos hallazgos, se formularon propuestas de mejora orientadas a fortalecer el control del proceso, optimizar el uso del recurso y promover una gestión hídrica más eficiente y sostenible.

Las conclusiones del estudio destacan la importancia de abordar el desperdicio hídrico no solo desde una perspectiva técnica, sino también organizacional y metodológica, integrando la gestión del recurso hídrico con herramientas de la gerencia de proyectos. De este modo, la

investigación aporta conocimiento aplicable para la mejora de los procesos internos de la planta de alimentos y contribuye al fortalecimiento de prácticas sostenibles en el sector alimentario.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción del problema

El agua es la base fundamental de la vida en todos los ecosistemas. Cada organismo, cada estructura biológica y cada proceso metabólico dependen de ella para existir, mantenerse y reproducirse (Valencia-Hernández, 2022). Gracias a sus propiedades fisicoquímicas como su polaridad, capacidad de formar puentes de hidrógeno y versatilidad para interactuar con distintas moléculas, el agua actúa como el solvente universal. Esto implica que prácticamente cualquier sustancia con afinidad química puede disolverse, mezclarse o permanecer suspendida en ella. Incluso compuestos lipofílicos o de baja solubilidad pueden modificar sus características, lo que demuestra la facilidad con la que este recurso puede contaminarse y perder su calidad original.

La industria alimentaria ocupa un lugar particular. Su misión de abastecer la demanda creciente de los consumidores ha llevado a un uso intensivo del agua, muchas veces justificado en nombre de la inocuidad alimentaria. Procesos como el lavado, la higienización, el transporte de materias primas, la estabilización térmica o el control microbiológico dependen directamente del agua para garantizar productos seguros. Estos comportamientos se alinean con lo reportado por Miranda Díaz (2021), quien señala que diversas industrias del sector alimentario requieren volúmenes significativos de agua para procesos de higienización, control microbiológico y operaciones térmicas, lo que convierte al recurso hídrico en un insumo esencial y difícil de sustituir. La protección de la salud del consumidor se convierte así en la prioridad, incluso por encima del uso racional del recurso, lo que genera tensiones evidentes entre la producción y la sostenibilidad. Actualmente no existe otro compuesto que pueda reemplazar al agua con la misma eficiencia, seguridad y costo, razón por la cual la reutilización, la optimización de procesos y la reducción de la huella hídrica emergen como estrategias indispensables para las industrias. (Leyva Abascal, 2022).

Ejemplos cotidianos del sector lo evidencian: la industria cárnica depende del agua para realizar el desposte y evitar la proliferación microbiana; la industria avícola requiere volúmenes significativos para el escaldado, lavado y control bacteriano; y las plantas procesadoras, en general, necesitan agua para garantizar condiciones sanitarias compatibles con los estándares

regulatorios. Sin este recurso, la seguridad alimentaria sería inviable y los riesgos microbiológicos se dispararían, comprometiendo no solo la producción, sino la salud pública. Este comportamiento es coherente con lo señalado por Saldarriaga Arismendi (2024), quien describe que empresas cárnicas como Carnes Casablanca demandan un uso intensivo de agua en sus procesos de transformación de materias primas, lo que confirma la importancia crítica del recurso hídrico en la cadena de producción alimentaria.

Diversas actividades económicas generan impactos asociados al uso ineficiente del recurso, lo cual ha impulsado el fortalecimiento de acciones de responsabilidad ambiental (Bustos et al., 2018, p. 5). Esta tendencia también se evidencia en el contexto colombiano. En plantas de alimentos se han identificado pérdidas significativas de agua asociadas a fugas, prácticas operativas inadecuadas y ausencia de seguimiento al consumo, como lo demostró un estudio aplicado en Comestibles DAN, donde se reportaron incrementos mensuales de consumo y múltiples puntos de fuga en procesos rutinarios (Aldana, 2022).

En el caso de la planta objeto de estudio, se identifican pérdidas relevantes durante los procesos de obtención de agua tratada y regeneración de resinas, lo que demuestra que la empresa participa de la problemática descrita y refuerza la necesidad de implementar estrategias de optimización hídrica que mitiguen el desperdicio del recurso.

La problemática del desperdicio hídrico en la industria alimentaria se reconoce como un desafío persistente a nivel global, asociado más a deficiencias en la gestión que a la escasez física del recurso. Los Informes Mundiales sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas evidencian que, pese al reconocimiento temprano de estas fallas, las ineficiencias operativas, el aumento de la demanda industrial y la limitada adopción de estrategias de reutilización continúan ejerciendo una presión significativa sobre los sistemas hídricos, particularmente en sectores intensivos en agua como el alimentario (UNESCO, 2003; UNESCO, 2024). Asimismo, el análisis de la huella hídrica indirecta demuestra que el impacto del sector no se limita al consumo directo, sino que se extiende a lo largo de la cadena productiva, incrementando el uso real del recurso de forma poco visible (Osorio Delgado, 2022). Este contexto se refleja en la planta de alimentos objeto de estudio, donde los procesos internos de tratamiento del agua y regeneración de resinas generan pérdidas significativas que no son

monitoreadas ni aprovechadas, evidenciando una problemática de gestión hídrica coherente con los antecedentes sectoriales y globales descritos.

## **1.2 Pregunta de investigación**

¿Cuáles son las causas técnicas y operativas que generan desperdicio de agua en los procesos de obtención de agua tratada y regeneración de resinas en la planta de alimentos y qué estrategias de mejora pueden proponerse desde la gerencia de proyectos para reducir dicho desperdicio?

## **1.3 Objetivos de investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Analizar la problemática del desperdicio de agua en los procesos de obtención de agua tratada y regeneración de resinas, con el propósito de generar insumos que sirvan de base para la gestión de un proyecto orientado a la optimización del recurso hídrico en una planta de alimentos en Bogotá D.C.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Describir las variaciones del desperdicio hídrico durante un periodo de 15 días de operación mediante el análisis comparativo de los volúmenes diarios registrados.

Evaluar las causas técnicas y operativas que generan el desperdicio hídrico mediante el análisis de entrevistas al personal involucrado.

#### 1.4 Justificación de la investigación

La escasez y el manejo ineficiente del agua constituyen uno de los principales desafíos ambientales y productivos a nivel mundial, no solo por la limitada disponibilidad del recurso, sino también por deficiencias en su gestión urbana e industrial. En múltiples ciudades, una proporción significativa del agua se pierde debido a fugas, medición inadecuada y prácticas de uso ineficiente, generando impactos sociales, económicos y ambientales relevantes. Adicionalmente, el crecimiento poblacional, la urbanización y los actuales patrones de consumo han incrementado la demanda de agua, intensificando la presión sobre los sistemas hídricos y resaltando la necesidad de implementar estrategias de uso eficiente y reutilización en todos los sectores productivos, incluido el sector alimentario (ONU-Habitat, 2025).

En la industria alimentaria, el agua es un insumo crítico para garantizar la inocuidad, la limpieza, la sanitización y el control microbiológico de los procesos productivos. Cualquier deficiencia en su manejo repercute directamente en la calidad del producto, los costos operativos y la sostenibilidad ambiental de las organizaciones. Durante los últimos años, la presión sobre los recursos hídricos se ha intensificado como consecuencia de fenómenos climáticos, demandas productivas crecientes y transformaciones demográficas, lo que ha llevado a diversos sectores industriales a reconocer la urgencia de fortalecer sus prácticas de gestión hídrica (Montossi, 2024).

A nivel global, el cambio climático ha incrementado la frecuencia e intensidad de fenómenos hidrológicos extremos, generando una mayor variabilidad en la disponibilidad del agua y escenarios de riesgo que afectan tanto a los ecosistemas como a las actividades productivas. En este contexto, la adopción de medidas preventivas y estrategias de uso eficiente del recurso se ha convertido en una prioridad para sectores donde el agua constituye un insumo fundamental, como la industria alimentaria, que enfrenta regulaciones cada vez más exigentes y mayores responsabilidades ambientales (Martin, 2020).

En el contexto colombiano, esta problemática se acentúa debido al crecimiento sostenido de la población. De acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), la población del país se ha multiplicado por más de tres veces desde la década de 1950,

incrementando la demanda de servicios básicos y ejerciendo una presión considerable sobre los recursos naturales, especialmente el agua. Esta situación exige mejorar las prácticas de gestión hídrica en los sectores productivos, dado que la disponibilidad del recurso está estrechamente relacionada con la capacidad del país para sostener sus procesos industriales, agrícolas y domésticos.

La planta de alimentos objeto de estudio presenta pérdidas recurrentes de agua durante los procesos de obtención de agua tratada y regeneración de resinas, los cuales son indispensables para garantizar los estándares de calidad e inocuidad alimentaria. No obstante, la ejecución actual de dichos procesos genera un desperdicio que no ha sido cuantificado ni analizado de manera sistemática. La ausencia de instrumentos de medición continua y de registros estructurados dificulta la identificación de puntos críticos de pérdida, limita la toma de decisiones informadas y restringe la implementación de estrategias efectivas de optimización del recurso.

La realización del presente estudio es viable y pertinente, ya que se fundamenta en un enfoque mixto que permite abordar el fenómeno del desperdicio hídrico desde una perspectiva integral. A través de técnicas cualitativas como las entrevistas semiestructuradas y la observación sistemática, es posible comprender las prácticas operativas, percepciones y dificultades asociadas al uso del agua tratada. De manera complementaria, el registro descriptivo de los volúmenes de agua desperdiciada durante un periodo de quince días permite contextualizar dichas percepciones con información operativa real, sin recurrir a análisis estadísticos inferenciales.

Los beneficios de esta investigación se evidencian en distintos niveles. A nivel organizacional, permite identificar las causas del desperdicio hídrico, estimar su impacto operativo y diseñar acciones de mejora orientadas a la reducción de costos, la optimización de procesos y el fortalecimiento de las prácticas de sostenibilidad. A nivel operativo, contribuye a sensibilizar al personal sobre su rol en la gestión eficiente del recurso. Asimismo, el estudio genera conocimiento aplicable a otras plantas del sector alimentario que enfrentan problemáticas similares, promoviendo una gestión hídrica más responsable.

Desde el punto de vista metodológico y disciplinar, la investigación aporta al integrar técnicas cualitativas y registros descriptivos con herramientas propias de la gerencia de proyectos, lo que permite estructurar propuestas de mejora viables y alineadas con la realidad operativa de la empresa. En este sentido, el estudio no solo aborda una problemática técnica, sino que la transforma en una oportunidad de mejora estratégica, contribuyendo al fortalecimiento de la sostenibilidad hídrica y a la optimización de procesos industriales.

## **2. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1. Marco de Antecedentes**

En estudios recientes desarrollados en el sector alimentario, se ha evidenciado la pertinencia de integrar la gestión ambiental con los sistemas de calidad e inocuidad mediante enfoques cualitativos orientados al análisis de las prácticas operativas. En este contexto, Garzón-Lago et al. (2025) desarrollaron una investigación aplicada en organizaciones del sector alimentario con el objetivo de diagnosticar el impacto ambiental de los sistemas de gestión implementados. El estudio adoptó un enfoque cualitativo, empleando entrevistas semiestructuradas, observación directa y análisis documental como técnicas de recolección de información. Los resultados evidenciaron la ausencia de acciones ambientales sistemáticas, así como debilidades en el control de los procesos y en la articulación entre la gestión ambiental y las operaciones productivas, proponiendo planes de mejora orientados a la reducción de residuos y al manejo adecuado de las aguas residuales. Este antecedente resulta relevante para la presente investigación, ya que respalda el uso de técnicas cualitativas para identificar prácticas operativas, falencias en la gestión y oportunidades de mejora asociadas al uso y aprovechamiento del recurso hídrico en plantas de alimentos.

Desde una perspectiva más amplia de la gestión del recurso hídrico en contextos industriales, Moreno Foronda (2024) desarrolló un estudio en el sector textil del departamento de Antioquia orientado a analizar la gestión sostenible del agua desde el enfoque de la responsabilidad social empresarial. La investigación se abordó mediante un enfoque mixto,

integrando técnicas cualitativas como entrevistas semiestructuradas, análisis documental y codificación temática, junto con herramientas cuantitativas como encuestas y listas de chequeo aplicadas en dos empresas del sector. Los resultados evidenciaron que, aunque existen iniciativas orientadas a la gestión responsable del agua, persisten limitaciones relacionadas con la estandarización de procesos, el control operativo y la sensibilización organizacional frente al uso eficiente del recurso. Este antecedente aporta elementos metodológicos relevantes para la presente investigación, al demostrar la utilidad del enfoque mixto para analizar la gestión hídrica desde una perspectiva operativa y organizacional en industrias con alto consumo de agua

De manera complementaria, Quiroga Pardo y González Pedraza (2022) desarrollaron un estudio de caso en una planta dedicada a la purificación y envasado de agua potable, con el objetivo de evaluar el desperdicio generado en el proceso de envasado de botellas. La investigación se centró en el análisis detallado de los procesos productivos, incluyendo actividades de lavado, tratamiento, puesta en marcha y operación de la línea de envasado, empleando observación directa, registro de datos operativos y análisis descriptivo de pérdidas. Los resultados permitieron identificar desperdicios asociados a prácticas operativas, fallas en el control del proceso y ausencia de procedimientos estandarizados, proponiendo acciones de mejora orientadas a la optimización del uso del recurso hídrico. Este antecedente resulta especialmente pertinente para la presente investigación, ya que aborda el desperdicio de agua desde un nivel operativo en planta, aportando evidencia empírica sobre cómo las ineficiencias técnicas y organizacionales pueden generar pérdidas significativas del recurso hídrico en procesos productivos.

Estos estudios resultan relevantes para la presente investigación, ya que evidencia la pertinencia del uso de metodologías cualitativas para el análisis de prácticas operativas relacionadas con la gestión del recurso hídrico en el sector alimentario.

## **2.2.Marco Teórico**

### **2.2.1. Gestión del recurso hídrico**

La gestión del recurso hídrico en la industria alimentaria se ha consolidado como un eje estratégico de la sostenibilidad, debido a su impacto directo en la seguridad alimentaria y en el desempeño ambiental de los procesos productivos (Willaarts & Garrido, 2012).

La gestión del recurso hídrico en el ámbito industrial se ha consolidado como un enfoque estratégico orientado a garantizar la sostenibilidad de los procesos productivos, especialmente en sectores con alta demanda de agua como la industria alimentaria. Este enfoque trasciende la visión tradicional centrada únicamente en el abastecimiento y el tratamiento de vertimientos, e incorpora acciones sistemáticas de planificación, control y optimización del uso del agua a lo largo de toda la cadena productiva.

Como señala Galeano Orozco (2020) la gestión del recurso hídrico en la industria alimentaria se fundamenta en la implementación de estrategias orientadas al uso eficiente y ahorro del agua, la reducción de pérdidas, el reúso y la recirculación de corrientes internas, así como en la adopción de prácticas de producción más limpia y economía circular. De acuerdo con la autora, estas estrategias permiten disminuir la huella hídrica asociada a la actividad industrial, al tiempo que fortalecen la competitividad empresarial mediante la reducción de costos operativos y el cumplimiento de los requerimientos ambientales y sanitarios (Galeano Orozco, 2020).

La gestión del recurso hídrico implica la identificación de los puntos críticos de consumo dentro de los procesos productivos, siendo las operaciones de limpieza, desinfección y mantenimiento de equipos algunas de las actividades que mayor demanda hídrica generan en la industria alimentaria. La adecuada caracterización de estos consumos y de los vertimientos asociados constituye un elemento clave para la formulación de planes de mejora orientados a la eficiencia operativa y a la prevención de impactos ambientales negativos.

Desde una perspectiva estratégica, la gestión del agua se apoya en instrumentos como los Programas de Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA), los sistemas de gestión ambiental y los planes de mejora continua, los cuales promueven la integración del componente hídrico en la toma de decisiones empresariales. En este marco, la gestión del recurso hídrico se convierte en un factor determinante para el desarrollo sostenible de la industria alimentaria, al articular el desempeño ambiental con la eficiencia de los procesos y la responsabilidad social empresarial.

### **2.2.2. Uso eficiente del agua en la industria alimentaria**

Estudios recientes demuestran que la implementación de tecnologías de control industrial, como sensores de pH, conductividad y sistemas PLC (Controlador Lógico Programable), incrementa la eficiencia operativa de las plantas de tratamiento y mejora la capacidad de recuperación del agua para su reutilización en procesos productivos (Velandia Gómez, 2025).

El uso eficiente del agua en la industria alimentaria no se limita a la incorporación de tecnologías de tratamiento, sino que también depende de la implementación de sistemas de gestión ambiental que permitan identificar consumos, controlar pérdidas y establecer prácticas operativas orientadas a la optimización del recurso. En este sentido, estudios realizados en empresas del sector alimentario evidencian que la ausencia de indicadores específicos y de seguimiento continuo limita la eficiencia en el uso del agua, aun cuando existen infraestructuras básicas de tratamiento, lo que resalta la importancia de integrar la gestión ambiental como herramienta para la mejora del desempeño hídrico (Romero Amaya, 2022).

### **2.2.3. Gestión de procesos y eficiencia operativa**

La gestión de procesos y la eficiencia operativa en entornos industriales no dependen únicamente de la optimización técnica de las operaciones productivas, sino también del enfoque metodológico empleado para planificar, ejecutar, controlar y mejorar los proyectos asociados a dichos procesos. En este sentido, la aplicación de enfoques estructurados de gestión de proyectos

permite una asignación más eficiente de los recursos, un mejor control de los tiempos y costos, y una mayor capacidad para anticipar y mitigar riesgos (Project Management Institute [PMI], 2021).

Los enfoques predictivos, como los propuestos por el Project Management Institute (PMI) y el modelo PM4R, se caracterizan por una planificación detallada y secuencial, lo cual resulta especialmente adecuado para fases del proceso que requieren altos niveles de control y cumplimiento normativo, tales como el diseño de procesos productivos, la estandarización de operaciones y la validación de la calidad. Estos enfoques facilitan el control del alcance, el cronograma, los costos y la calidad, contribuyendo a la estabilidad y repetibilidad de los procesos (PMI, 2021).

Los enfoques ágiles, entre los que se destacan Scrum y Kanban, promueven la flexibilidad, la adaptación continua y la mejora incremental de los procesos. Estas metodologías permiten responder de manera oportuna a cambios operativos, optimizar flujos de trabajo y fomentar la colaboración entre los equipos, aspectos clave para incrementar la eficiencia operativa en entornos productivos dinámicos (Schwaber & Sutherland, 2020); (Anderson, 2010).

La integración de enfoques predictivos y ágiles, conocida como gestión híbrida de proyectos, se presenta como una estrategia eficaz para optimizar recursos y mejorar el desempeño operativo. Este enfoque combina la rigurosidad de la planificación tradicional con la adaptabilidad de las metodologías ágiles, permitiendo un control integral de los tiempos, los costos, la calidad y los riesgos, sin sacrificar la capacidad de ajuste frente a variaciones del entorno productivo (PMI, 2021). En el contexto de la industria farmacéutica natural, la gestión híbrida se consolida como una herramienta que fortalece la eficiencia de los procesos, mejora la toma de decisiones y contribuye al logro de los objetivos estratégicos de la organización.

#### **2.2.4. Sostenibilidad y producción más limpia**

Desde el enfoque de la sostenibilidad industrial, la producción más limpia se concibe como una estrategia orientada a optimizar el uso de los recursos naturales y a minimizar la generación de residuos a lo largo de los procesos productivos. En este sentido, García Serna

(2012) plantea que el diseño de procesos industriales sostenibles debe priorizar la prevención de pérdidas, la eficiencia en el uso de insumos y la mejora continua de las operaciones, integrando criterios técnicos, ambientales y económicos. Este enfoque resulta particularmente relevante para la industria alimentaria, donde el consumo intensivo de recursos como el agua exige la implementación de prácticas que permitan reducir el impacto ambiental sin comprometer la calidad ni la seguridad de los productos.

## **2.3.Marco normativo**

### **2.3.1. Normativa internacional**

La gestión sostenible del recurso hídrico ha sido abordada por diversos organismos internacionales, los cuales han establecido lineamientos orientados a promover el uso eficiente del agua, la protección de las fuentes hídricas y la reducción del impacto ambiental de las actividades productivas. En este contexto, la Organización de las Naciones Unidas ha reconocido el acceso al agua potable y al saneamiento como un derecho humano fundamental, resaltando la necesidad de implementar políticas y estrategias que garanticen su disponibilidad y calidad para las generaciones presentes y futuras.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), a través del *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos*, ha advertido que la crisis del agua no se debe únicamente a la escasez física del recurso, sino principalmente a deficiencias en su gestión y a prácticas ineficientes en los sectores urbano e industrial. Dichos informes destacan la importancia de fortalecer los sistemas de tratamiento, reutilización y control de pérdidas de agua en los procesos productivos, especialmente en la industria alimentaria (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2023).

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 6, promueven el acceso universal al agua potable, la mejora de la calidad del agua mediante la reducción de la contaminación y el incremento del reciclaje y la reutilización segura del recurso, lineamientos

que sirven de marco de referencia para las políticas públicas y las prácticas empresariales orientadas a la sostenibilidad hídrica (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

### **2.3.2. Normativa nacional**

En Colombia, la gestión del recurso hídrico se encuentra regulada por un conjunto de normas que establecen los principios, obligaciones y responsabilidades para su uso, protección y conservación. La Constitución Política de Colombia consagra el deber del Estado y de los particulares de proteger los recursos naturales y garantizar un ambiente sano, fundamento jurídico para la regulación del uso del agua en los diferentes sectores productivos.

La Ley 99 de 1993 establece el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y define los lineamientos para la gestión ambiental en el país, asignando competencias a las autoridades ambientales en materia de control, vigilancia y protección del recurso hídrico. Esta ley constituye el marco general que regula el uso del agua por parte de las actividades industriales, incluidas las plantas de alimentos (Congreso de la República de Colombia, 1993).

El Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, compila la normativa relacionada con el uso, aprovechamiento y concesión del recurso hídrico, así como las obligaciones asociadas a la protección de las fuentes de agua y al control de vertimientos. En este sentido, las industrias deben contar con concesión de aguas cuando utilicen fuentes hídricas y cumplir con los requisitos establecidos para el vertimiento de aguas residuales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Por su parte, el Decreto 3930 de 2010 regula los usos del agua y los vertimientos a cuerpos de agua y al suelo, estableciendo los parámetros y condiciones que deben cumplir las descargas provenientes de actividades industriales. Esta normativa resulta especialmente relevante para el análisis del desperdicio hídrico en plantas de alimentos, dado que promueve la implementación de sistemas de tratamiento y la reducción de cargas contaminantes (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Adicionalmente, la Resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establece los parámetros y valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales

a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público, obligando a las industrias a controlar la calidad de sus descargas y a optimizar sus procesos para reducir el impacto ambiental (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

### **2.3.3. Normativa sectorial**

Desde el punto de vista sanitario, la industria alimentaria en Colombia se rige por la resolución 2674 de 2013, el cual establece las condiciones sanitarias que deben cumplir los establecimientos dedicados a la fabricación, procesamiento, envase, almacenamiento y distribución de alimentos. Este decreto contempla la necesidad de disponer de agua potable en cantidad suficiente para los procesos productivos, la limpieza y la desinfección, lo que implica un manejo adecuado del recurso hídrico (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

La Resolución 2115 de 2007 define las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, normativa que resulta fundamental para las plantas de alimentos que utilizan agua como insumo principal en sus procesos (Ministerio de la Protección Social & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007).

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Enfoque y alcance de la investigación**

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, el cual, de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2016), combina métodos cualitativos y cuantitativos con el fin de lograr una comprensión integral del fenómeno estudiado. Este enfoque resultó pertinente, dado que el análisis del desperdicio hídrico en los procesos de obtención de agua tratada y regeneración de resinas requiere, por una parte, comprender las prácticas operativas, percepciones y experiencias del personal involucrado y, por otra, respaldar dichos hallazgos con información descriptiva sobre los volúmenes de agua desperdiciada.

Desde el componente cualitativo, se emplearon entrevistas semiestructuradas dirigidas a los trabajadores responsables de la operación del sistema de tratamiento de agua, lo que permitió identificar patrones de comportamiento, prácticas recurrentes y categorías emergentes asociadas a las causas del desperdicio hídrico. De manera complementaria, el componente cuantitativo se abordó mediante el registro descriptivo de los volúmenes de agua desperdiciada durante un periodo determinado, sin aplicar análisis estadísticos inferenciales, con el propósito de contextualizar y fortalecer la interpretación de los resultados cualitativos.

La integración de ambos componentes permitió articular los hallazgos operativos con datos concretos de consumo, proporcionando una visión más completa del problema y facilitando la formulación de propuestas de mejora orientadas a la optimización del recurso hídrico y al fortalecimiento del control operativo en la planta de alimentos.

### **3.2.Población y muestra**

#### **3.2.1. Definición de la población**

La población estuvo conformada por los trabajadores de la planta de alimentos que intervienen de manera directa en los procesos donde se genera, controla o gestiona el agua tratada. En total, participaron cuatro integrantes del personal operativo y un analista de calidad, quienes desempeñan funciones relacionadas con la purga operativa, la limpieza de líneas, la verificación de parámetros fisicoquímicos y la regeneración de resinas. Estos colaboradores cumplen un papel fundamental en la operación diaria del sistema de tratamiento de agua y, por tanto, en la dinámica del desperdicio hídrico registrado en la planta, lo que los convierte en la población pertinente para el desarrollo del estudio.

#### **3.2.2. Cálculo y selección de la muestra**

Dado que la investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionado a partir de la disponibilidad de los participantes y su relación directa con los procesos objeto de estudio. Este tipo de muestreo resultó pertinente, ya que permitió acceder a los colaboradores que participan activamente en los procesos de obtención de agua tratada y regeneración de resinas, quienes poseen conocimiento directo y experiencia sobre las prácticas operativas asociadas al uso del recurso hídrico. La muestra final estuvo conformada por los colaboradores que aceptaron participar voluntariamente y que cumplían con los criterios de inclusión establecidos.

Desde el componente cualitativo, el tamaño de la muestra no se definió mediante fórmulas estadísticas, dado que el interés principal se centró en la profundidad y calidad de la información obtenida a través de las entrevistas semiestructuradas. De acuerdo con Guest, Bunce y Johnson (2006), la saturación de la información, entendida como el punto en el que los datos comienzan a repetirse y no aportan nuevos elementos relevantes, puede alcanzarse con un número reducido de participantes cuando el fenómeno estudiado es relativamente homogéneo. En concordancia, Vasileiou et al. (2018) señalan que, en estudios de carácter cualitativo, la

selección de informantes clave con conocimiento directo del proceso resulta más relevante que el tamaño numérico de la muestra.

El componente cuantitativo se abordó a través del registro descriptivo de los volúmenes de agua desperdiciada, el cual no requirió un proceso de muestreo poblacional, dado que se realizó sobre los datos generados directamente por los procesos operativos durante el periodo de observación definido. En consecuencia, la muestra cualitativa fue intencional y reducida, enfocándose en los colaboradores directamente involucrados en el manejo del agua tratada dentro de la planta.

Criterios de inclusión:

- Trabajadores con funciones relacionadas con el tratamiento o uso de agua tratada.
- Colaboradores con al menos tres meses de experiencia en el cargo.
- Personal disponible y dispuesto a participar voluntariamente en la entrevista.

Criterios de exclusión:

- Personal administrativo sin contacto con el sistema de agua.
- Colaboradores nuevos con menos de tres meses en la planta.
- Personas que manifestaron no sentirse cómodas participando en el proceso.

### **3.3. Instrumentos**

#### **3.3.1. Entrevista semiestructurada**

La entrevista semiestructurada constituyó el principal instrumento del componente cualitativo de la investigación y estuvo conformada por cinco preguntas orientadas a explorar el conocimiento del proceso, las prácticas operativas y la percepción del desperdicio hídrico por parte del personal involucrado. El diseño del instrumento buscó propiciar respuestas abiertas y argumentadas, que permitieran comprender, desde la experiencia directa de los trabajadores, los

factores asociados al uso del agua tratada y a las rutinas de purga y regeneración de resinas dentro de la planta.

La aplicación de la entrevista se realizó de manera presencial en el área administrativa de la planta. Los cinco colaboradores seleccionados fueron convocados individualmente y diligenciaron el instrumento por escrito, leyendo previamente cada pregunta y redactando sus respuestas de forma autónoma. Durante el proceso, el investigador acompañó la actividad con el fin de aclarar posibles dudas y asegurar que las respuestas no se limitaran a afirmaciones cerradas (sí/no), sino que incluyeran explicaciones suficientes que permitieran un análisis cualitativo posterior. La información obtenida fue registrada mediante notas de campo, sin el uso de grabaciones de audio, procurando mantener fidelidad a las expresiones y explicaciones aportadas por cada participante.

Dado que el instrumento fue elaborado específicamente para esta investigación, se realizó una revisión interna previa a su aplicación con el propósito de garantizar la claridad, coherencia y pertinencia de las preguntas en relación con los objetivos del estudio. Esta revisión permitió verificar que el instrumento se ajustara adecuadamente al enfoque mixto adoptado, aportando información cualitativa relevante para el análisis del desperdicio hídrico y su articulación posterior con los registros descriptivos de consumo de agua.

### **3.3.2. Registro descriptivo del proceso y volúmenes de agua**

El registro descriptivo del proceso y de los volúmenes de agua descartada constituyó el principal instrumento del componente cuantitativo descriptivo de la investigación. Este instrumento fue elaborado con el propósito de documentar diariamente, durante un periodo de quince días consecutivos de operación, los volúmenes aproximados de agua desperdiciada en la planta, permitiendo observar la variabilidad del desperdicio hídrico y su relación con las condiciones operativas del sistema de tratamiento de agua, tales como las rutinas de purga, la estabilización de parámetros y los procesos de regeneración de resinas.

El formato del registro fue de elaboración propia y consistió en la consignación diaria, al final de cada jornada, del volumen aproximado de agua descartada y del estado general del

equipo. La información se registró de manera manual y descriptiva, utilizando como referencia los parámetros operativos y de control habituales de la planta, sin la incorporación de instrumentos de medición electrónicos adicionales, dado que el objetivo del registro no fue la obtención de mediciones de alta precisión, sino la caracterización del comportamiento operativo del proceso.

Este instrumento no tuvo un propósito estadístico inferencial, sino descriptivo y complementario, ya que permitió contrastar la información obtenida en las entrevistas semiestructuradas con datos reales derivados de la operación diaria. De esta manera, el registro apoyó la interpretación del fenómeno estudiado, facilitando la identificación de patrones, recurrencias y posibles factores asociados al desperdicio hídrico a partir de la observación directa del proceso.

### **3.4. Descripción de procedimientos**

La recolección de la información se desarrolló de manera sistemática y planificada, con el fin de garantizar la confiabilidad y pertinencia de los datos obtenidos para el análisis del desperdicio hídrico en la planta de alimentos objeto de estudio. En coherencia con el enfoque mixto de la investigación, se emplearon como técnicas principales la observación directa de los procesos, la aplicación de entrevistas semiestructuradas al personal involucrado y el registro descriptivo de los volúmenes de agua desperdiciada durante la operación del sistema de tratamiento de agua.

En una primera etapa, se realizó una observación directa y estructurada de los procesos de obtención de agua tratada y regeneración de resinas. Esta actividad se llevó a cabo dentro de las instalaciones de la planta, durante jornadas laborales habituales, a lo largo de un periodo aproximado de quince (15) días consecutivos. La observación permitió identificar prácticas operativas, secuencias de trabajo, puntos críticos del proceso y posibles causas del desperdicio hídrico. Durante este periodo, el investigador registró de manera sistemática las actividades observadas mediante notas de campo, sin intervenir en el desarrollo normal de las operaciones.

Se efectuó el registro descriptivo de los volúmenes de agua desperdiciada durante los procesos analizados. Dicho registro se realizó a partir de las mediciones y referencias operativas disponibles en la planta, mediante estimaciones controladas durante las rutinas de purga y los procesos de regeneración de resinas, con el propósito de contextualizar el fenómeno y dimensionar el impacto del desperdicio hídrico. Estos datos tuvieron un carácter descriptivo y no fueron utilizados para análisis estadísticos inferenciales, sino como insumo para apoyar y fortalecer la interpretación de los hallazgos cualitativos.

Se aplicaron entrevistas semiestructuradas al personal directamente involucrado en la operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de agua. Las entrevistas se realizaron de manera presencial, en espacios designados dentro de la planta y en horarios previamente acordados con los participantes, con una duración aproximada de entre 20 y 30 minutos por entrevistado. El instrumento estuvo conformado por preguntas abiertas orientadas a explorar percepciones, prácticas habituales, dificultades operativas, criterios de decisión y conocimientos relacionados con el uso del agua y el desperdicio del recurso. Previo a su aplicación, se contó con la autorización de la empresa y el consentimiento informado de los participantes, garantizando la confidencialidad y el uso académico de la información recopilada.

No se requirió una capacitación formal para los participantes, dado que las entrevistas se enfocaron en su experiencia cotidiana; sin embargo, se realizó una socialización previa para explicar el propósito, alcance y objetivos de la investigación, lo que permitió generar un ambiente de confianza y facilitar la colaboración durante el proceso de recolección de la información.

Toda la información recolectada fue organizada y sistematizada para su posterior análisis, respetando los principios éticos de confidencialidad, anonimato y uso responsable de los datos. El procedimiento descrito permitió obtener información suficiente, contextualizada y pertinente para comprender las causas y efectos del desperdicio hídrico en la planta, y sirvió como base para la formulación de estrategias de optimización apoyadas en herramientas de la gerencia de proyectos.

### 3.5. Análisis de la información

El análisis de la información se realizó de acuerdo con el enfoque cualitativo del estudio, mediante un proceso sistemático de organización, clasificación e interpretación de los datos recolectados a través de la observación directa, las entrevistas semiestructuradas y el registro descriptivo de los volúmenes de agua desperdiciada.

La información fue organizada y consolidada en matrices de registro elaboradas en Microsoft Excel, herramienta utilizada para sistematizar los datos provenientes de las notas de campo, los registros operativos y las transcripciones de las entrevistas. Esta organización permitió una revisión ordenada y comparativa de la información obtenida a partir de cada instrumento de recolección.

Se realizó un análisis interpretativo de carácter cualitativo, orientado a identificar patrones, prácticas recurrentes, situaciones críticas y percepciones del personal relacionadas con el uso del agua y el desperdicio del recurso hídrico. Para ello, se llevó a cabo un proceso de categorización temática de la información cualitativa, mediante la agrupación de respuestas y observaciones en categorías emergentes, tales como prácticas operativas, causas del desperdicio, criterios de decisión y oportunidades de mejora.

La información cuantitativa básica relacionada con los volúmenes de agua desperdiciada fue analizada de manera descriptiva, utilizando medidas simples como totales y promedios, sin la aplicación de procedimientos estadísticos avanzados. Esta decisión se fundamentó en el alcance exploratorio y cualitativo del estudio, en el cual los datos numéricos cumplen una función de apoyo para contextualizar el fenómeno analizado y fortalecer la interpretación de los resultados.

Los resultados del análisis fueron contrastados mediante un proceso de triangulación de la información, integrando los hallazgos obtenidos a partir de la observación directa, las entrevistas semiestructuradas y los registros descriptivos. Este procedimiento permitió fortalecer la validez del análisis y sirvió como base para la formulación de conclusiones y recomendaciones orientadas a la optimización del uso del recurso hídrico en la planta de alimentos, apoyadas en herramientas de la gerencia de proyectos.

### **3.6. Consideraciones éticas**

#### **3.6.1. Análisis de consideraciones éticas**

En el desarrollo del proyecto se aplicaron las consideraciones éticas establecidas por la Corporación Universitaria Minuto de Dios, UNIMINUTO y por la comunidad científica, garantizando el respeto por la dignidad de los participantes y el uso responsable de la información recolectada. La participación de los colaboradores fue voluntaria, y previo al inicio de las actividades se realizó un proceso de consentimiento informado verbal, en el cual se explicó de manera clara el propósito del estudio, las actividades a realizar y el alcance académico de la investigación.

Se utilizó un formato de consentimiento informado escrito, en el cual se detallaron las actividades de observación y entrevista, así como el compromiso de que los datos personales serían utilizados exclusivamente con fines académicos, garantizando la confidencialidad y anonimato de los participantes. En concordancia con estos principios, en el documento final no se anexan nombres, cargos específicos ni información que permita identificar a los trabajadores entrevistados.

Las entrevistas se llevaron a cabo dentro de las instalaciones de la empresa y en horarios laborales, procurando no interrumpir las funciones normales de los colaboradores ni afectar la operación del proceso productivo. De esta manera, el estudio se desarrolló bajo el principio de no maleficencia, evitando riesgos laborales, personales o profesionales para la población participante.

#### **3.6.2. Instrumentos de aceptación y autorización**

Como soporte ético del proyecto, se contó con un formato de consentimiento informado, el cual fue socializado y aceptado por los participantes antes de la realización de las entrevistas y actividades de observación. Este instrumento incluyó la descripción de los objetivos del estudio, las actividades a desarrollar, el carácter voluntario de la participación, la confidencialidad de la información y el uso de los datos con fines netamente académicos.

Se obtuvo la autorización de la empresa para la realización del estudio dentro de sus instalaciones, permitiendo la recolección de información en el marco de las actividades laborales habituales. Los formatos de autorización y consentimiento se conservaron como respaldo del cumplimiento de las consideraciones éticas del proyecto y se presentan como anexos del trabajo de investigación.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Análisis del gasto hídrico e identificación de punto crítico**

Durante el trabajo de campo se realizó una observación directa del funcionamiento del sistema de tratamiento de agua, identificando las condiciones operativas del equipo, el estado físico de sus componentes y los procedimientos ejecutados por el personal encargado. Se evidenció que el sistema está compuesto por varios filtros de diferente naturaleza y tamaño, entre ellos filtros de sedimentos, carbón activado y resinas de intercambio iónico, los cuales requieren una purga diaria para garantizar la calidad del agua tratada.

En el proceso de observación se registró que la circulación o purga del sistema se realiza sin un tiempo de duración estandarizado y que no existen indicadores visuales o temporizadores que permitan determinar el momento exacto en el que debe darse por finalizada. El operador se guía únicamente por el resultado del análisis de calidad del agua, sin apoyo de dispositivos que midan automáticamente el caudal. Asimismo, se verificó que el sistema no cuenta con conexión a tanques de reaprovechamiento del agua descartada y que opera con un flujo continuo durante toda la purga, sin mecanismos de control progresivo del caudal o reducción del flujo a medida que se acercan los parámetros de calidad requeridos.

La información obtenida mediante entrevistas semiestructuradas con el personal permitió complementar estas observaciones. Los operarios indicaron que la purga se realiza como parte de una instrucción operativa interna y que no existe un procedimiento documentado con tiempos definidos. La experiencia del operador es el principal criterio para decidir cuándo finalizar la purga, ya que no se lleva un registro diario del volumen de agua desperdiciado ni se reportan indicadores de eficiencia hídrica al área correspondiente. También señalaron que la planta no

cuenta con un sistema de control documental específico que permita hacer seguimiento al consumo de agua.

Tal como se describió anteriormente, durante el proceso diario de obtención de agua tratada, que debe cumplir con las condiciones exigidas por la empresa para garantizar la inocuidad y estabilidad de los productos, se realiza una circulación inicial de agua potable a través del sistema. Con el fin de cuantificar el desperdicio hídrico generado en esta etapa, se llevaron a cabo mediciones del consumo de agua hasta alcanzar los parámetros de calidad establecidos para su uso en producción. Estas mediciones se realizaron durante un periodo de quince días consecutivos, registrando los volúmenes de agua utilizados en cada jornada operativa. Los datos obtenidos permitieron identificar el volumen promedio de agua desperdiciada diariamente durante la purga, así como establecer patrones de consumo y variaciones asociadas a las condiciones operativas observadas.

**Tabla 1.** *Volumen diario de agua desperdiciada durante la circulación (purga) del sistema de tratamiento de agua.*

Días	Volumen de agua desperdiciada (Litros)
1	117
2	143
3	143
4	130
5	143
6	117
7	143
8	143
9	130
10	117
11	130
12	130
13	143

14	143
15	117

**Nota.** Datos obtenidos a partir del registro diario del volumen de agua purgada durante el proceso de tratamiento de agua en la planta de alimentos.

En la Tabla 1 se presentan los resultados correspondientes al volumen diario de agua desperdiciada durante el proceso de circulación de agua potable (purga) del sistema de tratamiento, medidos a lo largo de quince días consecutivos. Durante este periodo se evidenció un desperdicio hídrico constante. El volumen de agua descartado por jornada operativa osciló entre 117 y 143 litros diarios, una variabilidad atribuible a las condiciones operativas de cada día, como el tiempo de estabilización del sistema y la calidad inicial del agua de entrada. Estos resultados permiten identificar la purga como un punto crítico de consumo dentro del proceso de obtención de agua tratada.

A partir de los datos recolectados, los registros permitieron identificar un valor promedio descriptivo de aproximadamente 133 litros, lo que representa un volumen considerable si se tiene en cuenta que esta operación se ejecuta de manera rutinaria como parte del aseguramiento de la calidad del agua. El volumen mínimo registrado fue de 117 litros en cuatro ocasiones, mientras que el máximo alcanzó 143 litros en siete días, lo cual indica que en casi la mitad del periodo de medición se presentaron pérdidas superiores al promedio establecido.

#### **4.2.Resultado de las entrevistas**

Se realizó una entrevista a cinco operadores que tienen mayor influencia en el desperdicio hídrico en las instalaciones de la planta ubicada en Bogotá en horario laboral, las preguntas están relacionadas con el objetivo del proyecto.

1. ¿Qué procesos de su área requieren el uso del agua?

Operador 1. *“En los procesos que realizo como calidad se realiza análisis fisicoquímico mensual al agua potable y al agua tratada, personalmente si estoy revisando el correcto uso”*

Operador 2. *“para limpiar las áreas de trabajo y en la fabricación de alimentos líquidos, lavado de manos, etc.”*

Operador 3. *“todo lo relacionado con líquidos, jarabes, gotas, cremas, geles”*

Operador 4. *“área de farmacia líquidos y semisólidos, también en el proceso de limpieza y lavado de manos”*

Operador 5. *“fabricación de jarabes, lavado de manos, limpieza de áreas”*

2. ¿Conoce si existen procedimientos o manuales para el uso racional del agua en su área de trabajo?

Operador 1. *“tenemos Poe’s (procedimientos operativos estandarizados) los cuales no están destinados totalmente al uso racional, pero que dentro de ellos si se describen puntos específicos del racionamiento del recurso”*

Operador 2. *“si, la empresa cuenta con un POE de manejo del equipo de agua, aunque no mencionan el uso racional del agua.”*

Operador 3. *“si, hay un manual del equipo de agua”*

Operador 4. *“si, se puede reutilizar el agua para uso del aseo”*

Operador 5. *“Si, regeneración del equipo de agua”*

3. ¿Sabe si se realiza algún tipo de tratamiento o reutilización del agua en la planta?

Operador 1. *“realizamos un tratamiento con filtros, resinas catiónicas y aniónicas para así asegurar la inocuidad de los productos. En ocasiones utilizamos la reutilización del agua que se usa para purgar el equipo”*

Operador 2. *“si, se hace un tratamiento de agua para la fabricación del alimento, esta agua no se reutiliza para procesos productivos”*

Operador 3. *“el tratamiento que se le da al agua se pasa por el equipo y se purifica lo que va saliendo de la purga se utiliza para lavado de implementos de aseo”*

Operador 4. *“se regenera el equipo de agua para purificar en la reutilización del agua para limpieza de las áreas”*

Operador 5. *“sí, se realiza diariamente una purga y esa agua se trata de usar en el aseo del día y mensualmente se genera mensualmente, pero esa agua si no se aprovecha”*

4. *¿Cree usted que se desperdicia agua en su área de trabajo? ¿Por qué?*

Operador 1. *“si, creo que se desperdicia el agua manera u otra siento que no aprovechamos al 100% el agua que ingresos a la planta al ser agua tratada o con otros productos no se le puede dar muchos usos”*

Operador 2. *“si, a lo que se regenera el equipo del agua no toda se puede salvar o reutilizar”*

Operador 3. *“no, porque el agua que sobra se utiliza para hacer aseo”*

Operador 4. *“no, porque todo esta medido, se usa el agua que indica la orden de producción”*

Operador 5. *“no, lo que sobre de las regeneraciones del equipo se reutiliza para el aseo de las áreas”*

5. *¿Ha observado fugas, descuidos o malas prácticas que generen pérdida de agua?*

Operador 1. *“en ocasiones se presentan fugas debido al desgaste de algunas piezas, pero han sido reparadas con prontitud”*

Operador 2. *“No, cuando se presenta una fuga se comunica con la persona de mantenimiento”*

Operador 3. *“si, pero se han arreglado”*

Operador 4. *“no, el agua que se utiliza siempre se trata de minimizar en lo posible el desperdicio, se abre la llave para lo que necesita”*

Operador 5. *“sí, hay fugas en los vestieres donde hay lavamanos”*

6. ¿Tiene alguna sugerencia para mejorar el manejo del agua en la planta?

Operador 1. *“podríamos tener una bomba para que reciba el agua que va saliendo del equipo en la purga y utilizarlo para lavar la fachada y lo que pueda se limpia con la misma”*

Operador 2. *“mi sugerencia seria saber usar el recurso sin generar desperdicio”*

Operador 3. *“sí, debería hacer una recolección de agua en tanques, pero haciendo un trabajo para que esta agua llegara a los baños y pocetas”*

Operador 4. *“hacer capacitación sobre la importancia de uso y ahorro del agua”*

Operador 5. *“recoger el agua y usarla en el baño”*

### **4.3. Categoría de análisis**

#### **4.3.1. Uso del agua en los procesos de la planta**

Las respuestas evidencian que el recurso hídrico es utilizado de manera transversal en diferentes áreas de la planta, destacándose principalmente los procesos de fabricación de productos líquidos y semisólidos (jarabes, geles, cremas y gotas), la limpieza de áreas, el lavado de manos y el control de calidad del agua.

Los operadores coinciden en que el agua no solo cumple una función productiva, sino también sanitaria y de control microbiológico, lo que ratifica su papel como insumo crítico dentro del proceso industrial. Este resultado confirma que la reducción del consumo no puede plantearse desde la restricción, sino desde la optimización de procesos, el control y la reutilización del recurso.

#### **4.3.2. Existencia de procedimientos para el uso del agua**

Aunque los operarios señalan la existencia de Procedimientos Operativos Estandarizados (POE) y manuales del equipo de tratamiento de agua, se identificó que no existe un documento orientado específicamente al uso racional del recurso hídrico.

Esto demuestra que la empresa cuenta con lineamientos técnicos, pero carece de una política estructurada o un manual centrado en la gestión eficiente del agua. Como consecuencia, las acciones relacionadas con su manejo dependen en gran medida del criterio individual de los trabajadores, lo que genera prácticas no estandarizadas y dificulta la evaluación del desempeño ambiental.

#### **4.3.3. Reutilización del agua en la planta**

Se evidenciaron contradicciones entre los entrevistados en relación con el proceso de reutilización. Algunos operadores indican que el agua proveniente de la purga se usa ocasionalmente para limpieza de áreas e implementos, mientras que otros señalan que el agua de los mantenimientos mensuales no se reutiliza debido a su composición química.

Esta inconsistencia refleja la ausencia de un procedimiento uniforme y controlado, lo que se traduce en prácticas informales que no garantizan un aprovechamiento sistemático del recurso. A su vez, el desconocimiento o las respuestas divergentes sugieren falta de comunicación interna y escasa capacitación sobre la gestión hídrica.

#### **4.3.4. Percepción del desperdicio hídrico**

Se identificó una percepción dividida entre los trabajadores. Dos de los cinco entrevistados reconocen que sí existe desperdicio de agua, especialmente durante la purga diaria y las regeneraciones, mientras que los demás consideran que el recurso se usa adecuadamente.

Esta diferencia se explica en gran parte por la ausencia de registros sistemáticos de consumo, la falta de indicadores de eficiencia y la inexistencia de metas o controles sobre el uso del agua. Al no contar con datos consolidados, la percepción del problema se vuelve subjetiva y depende de la experiencia personal del trabajador.

También se evidenció que los entrevistados con mayor contacto con el equipo de tratamiento tienden a reconocer el desperdicio, mientras que quienes permanecen en áreas productivas perciben un uso adecuado del recurso.

#### **4.3.5. Identificación de fallas y sugerencias de mejora**

Aunque la mayoría de los entrevistados indicó que las fugas son atendidas oportunamente, se reportaron pérdidas recurrentes en zonas como los vestieres, lo que evidencia la necesidad de fortalecer los controles de infraestructura hidráulica.

Los operadores plantearon diversas ideas relacionadas con el manejo del recurso, entre ellas la instalación de sistemas que permitan recolectar el agua descartada en la purga, la posibilidad de usar esta agua para sanitarios o limpieza, la necesidad de capacitaciones sobre el uso responsable del recurso y la implementación de dispositivos que faciliten su almacenamiento.

Estas propuestas reflejan la disposición del personal para mejorar la gestión interna, aunque actualmente no forman parte de un plan estructurado ni de un proyecto formal que permita evaluar su viabilidad técnica o económica.

#### **4.4. Relación entre los volúmenes diarios de desperdicio hídrico y las condiciones operativas del proceso**

El análisis de los registros obtenidos durante quince días permitió relacionar los volúmenes de agua desperdiciada con las condiciones específicas en las que operó el sistema de tratamiento. Los días con mayor desperdicio (143 litros) coincidieron con purgas más prolongadas, necesarias para estabilizar la conductividad del agua tratada, lo que obligó a extender la circulación hasta alcanzar los valores aceptados por la empresa. A esto se sumó la ausencia de un tiempo estándar definido para finalizar la purga, lo que generó diferencias entre jornadas y entre operadores.

Los días en los que el volumen descartado fue menor (117 litros) correspondieron a momentos en los que el sistema alcanzó más rápidamente los parámetros de calidad establecidos. En estas jornadas se observó un inicio más estable del equipo y menor variación en los parámetros fisicoquímicos del agua de entrada, lo cual redujo de manera directa el tiempo total de purga.

Durante el trabajo de campo también se evidenció que la variación en los volúmenes desperdiciados depende en gran medida del criterio individual del operador. Al no existir instrumentos automáticos de medición de caudal ni tiempos de referencia previamente

establecidos, la decisión de finalizar la purga se basa exclusivamente en la experiencia del trabajador. Esta condición explica por qué jornadas aparentemente similares registran valores distintos en el volumen de agua descartada.

Otro factor influyente fue el nivel de carga laboral del operador. En los días en que el trabajador debía atender tareas simultáneas dentro de la planta, el tiempo de purga tendía a extenderse, lo que aumentaba el volumen de agua desperdiciada. Los registros mostraron una relación aparente entre la disponibilidad operativa del trabajador y la cantidad final de agua descartada, lo cual evidencia que el proceso está altamente ligado a las dinámicas de trabajo de cada jornada.

Las condiciones físicas del sistema, como el estado de los filtros y la necesidad de estabilización del agua después de periodos de inactividad, también influyeron en los resultados. Cuando el equipo iniciaba la jornada con mayor inestabilidad o requería más tiempo para estabilizar los parámetros fisicoquímicos, se registraban volúmenes más elevados de agua utilizada durante la purga.

## 5. DISCUSIÓN

La gestión del recurso hídrico en la industria alimentaria es un desafío permanente que obliga a las empresas a equilibrar la eficiencia operativa con el cumplimiento de requisitos regulatorios y de inocuidad. Los resultados obtenidos en este estudio confirman que el desperdicio hídrico en la planta analizada no es un fenómeno accidental, sino una consecuencia estructural de los requerimientos de calidad del agua tratada, la ausencia de medición continua, los procedimientos operativos actuales y las prácticas de mantenimiento del sistema. Este comportamiento es consistente con lo señalado por Espitia Cuadros (2022), quien describe que los sistemas de tratamiento requieren fases de estabilización, circulaciones iniciales y lavados, procesos que implican consumos significativos de agua antes de alcanzar los parámetros adecuados para su uso productivo.

Durante los 15 días de medición, se observó que una parte considerable del volumen de agua desperdiciada corresponde a la circulación previa a la operación, cuyo propósito es eliminar el agua reposada en los filtros y resinas y garantizar que la conductividad alcance los niveles óptimos para la fabricación. Este hallazgo se alinea con la literatura revisada. En el diseño de la PTAP compacta analizado por Moreno Sanabria (2024), se explica que los sistemas de filtración requieren ejecutar rutinas de lavado, purga y acondicionamiento antes de entrar en operación, indicando que estas etapas constituyen “procesos necesarios para preparar el sistema y garantizar la calidad del agua tratada antes de su distribución” (p. 121). Esto confirma que el volumen inicial de desperdicio registrado corresponde a una práctica inherente al funcionamiento técnico del sistema.

Este planteamiento respalda que el desperdicio asociado a la puesta en marcha del sistema forma parte de la operación normal y no necesariamente de malas prácticas del personal.

Los resultados de las entrevistas revelaron que la falta de instrumentos de medición continua del caudal es uno de los factores que incrementan el consumo de agua. Actualmente, la toma de decisiones depende del criterio del operario y de mediciones puntuales, lo que introduce variabilidad y limita la capacidad de controlar el uso del recurso. Esta situación coincide con lo expuesto por Castillo (2024), quien señala que la ausencia de monitoreo permanente de

parámetros fisicoquímicos y operativos afecta la eficiencia y dificulta la detección oportuna de desviaciones en los sistemas de abastecimiento.

Esto explica por qué en la planta evaluada se observaron diferencias significativas entre turnos y operarios, lo que impacta directamente el volumen final de desperdicio.

La variabilidad observada en la duración de las circulaciones y en la forma en que se manipula el equipo coincide con lo planteado por Espitia Cuadros (2022). El autor señala que, cuando los sistemas de tratamiento se operan de manera manual, es común que se presenten fluctuaciones en los tiempos, los caudales y los criterios de operación, especialmente si no existen procedimientos claros que indiquen cómo debe ejecutarse cada etapa. Esta falta de estandarización aumenta la variabilidad del proceso y, como se evidenció en la planta evaluada, genera diferencias notables en el volumen de agua desperdiciada.

Esta evidencia apoya los resultados encontrados en el estudio, donde la ausencia de un protocolo uniforme para la circulación inicial del agua contribuyó a generar diferencias considerables en el desperdicio hídrico diario.

Otro punto crítico identificado es el consumo de agua asociado al mantenimiento mensual de las resinas. Los ciclos de regeneración, al requerir enjuagues prolongados para remover restos de ácido y soda cáustica, representan uno de los picos más altos de uso del recurso. Este comportamiento también está documentado. Moreno Sanabria, (2024) resalta que los sistemas de tratamiento presentan incrementos notables de consumo durante los lavados y procesos de mantenimiento, enfatizando que estos no pueden eliminarse, sino optimizarse mediante mejoras tecnológicas o ajustes operativos.

La literatura relacionada con sostenibilidad hídrica enfatiza que la eficiencia no depende únicamente de la infraestructura, sino de la cultura organizacional. Orozco Jiménez (2022) sostiene que los avances en la gestión del agua requieren indicadores, metas y seguimiento constante para integrar la sostenibilidad en las prácticas diarias.

Este punto se refleja claramente en los resultados de las entrevistas, donde se evidenció la inexistencia de indicadores formales, registros detallados o metas de reducción, lo que limita la capacidad de mejorar el desempeño hídrico en el largo plazo.

El análisis del reúso del agua descartada encuentra sustento en la literatura sobre economía circular. Chaves Arturo (2023) explica que el reúso del agua en actividades no críticas puede reducir entre 20 % y 60 % del consumo total, siempre que se implementen sistemas de segregación y almacenamiento adecuados.

Esto coincide con la observación realizada en la planta, donde gran parte del agua descartada no contiene contaminantes peligrosos, sino que simplemente no cumple los parámetros para la producción alimentaria, lo que abre la posibilidad de diseñar un proyecto de reúso sin comprometer la inocuidad.

La urgencia de optimizar el uso del recurso hídrico en la industria alimentaria no solo responde a criterios de eficiencia operativa, sino también a compromisos ambientales y regulatorios cada vez más estrictos. Esta necesidad se encuentra ampliamente respaldada en los documentos revisados. (Cantero et al. 2010), por ejemplo, subrayan que la industria alimentaria enfrenta retos ambientales significativos, especialmente relacionados con el consumo de agua y la generación de efluentes, siendo indispensable implementar estrategias de reducción, reutilización y tratamiento que permitan disminuir la huella hídrica del sector. Este planteamiento se relaciona directamente con los hallazgos de la planta analizada, donde el desperdicio hídrico no solo implica un impacto económico, sino también ambiental, al aumentar la carga de vertimientos y el volumen de agua tratada que debe ser descartada.

La literatura complementaria refuerza que la gestión del recurso hídrico debe enmarcarse dentro de políticas de sostenibilidad. El documento *Cuidémonos y cuidemos el planeta* resalta que la crisis climática y la degradación ambiental están estrechamente relacionadas con prácticas productivas que no incorporan criterios de uso racional del agua. En este sentido, se advierte que “es prioritario avanzar en comprender su importancia y empoderar a las comunidades en su cuidado y uso racional” (Mosquera Vásquez et al., 2024, p. 7). Esto coincide con la percepción del personal entrevistado, quienes reconocen la importancia del recurso, pero manifiestan que aún no se han implementado acciones concretas de monitoreo continuo, indicadores operativos o programas de reducción del desperdicio.

Al analizar los resultados de la planta, uno de los puntos más relevantes continúa siendo la variabilidad operativa y la ausencia de procedimientos estandarizados. Los estudios de

optimización del consumo de agua en Coca-Cola FEMSA, presentados por Espinosa y Fernández (2016), demuestran que las diferencias entre operarios y la falta de estandarización en las rutinas de limpieza y enjuague generan sobreconsumos considerables, incluso en plantas altamente tecnificadas. Esta evidencia externa refuerza lo observado en la planta evaluada, donde la duración de las purgas iniciales variaba significativamente entre operarios, lo que impactaba en el volumen diario de desperdicio registrado durante las mediciones.

Otro elemento clave en la discusión es el potencial de reutilización del agua descartada. Los documentos internacionales confirman esta posibilidad. En *Water reuse in the food industry*, Bailone et al. (2022) destacan que el reúso del agua tratada puede implementarse con absoluta seguridad en actividades no críticas como limpieza de áreas, torres de enfriamiento, transporte de materias primas o riego, siempre que se cumplan protocolos adecuados de segregación y control fisicoquímico. Este argumento encaja con los hallazgos de la planta, donde la mayor parte del agua descartada no presenta contaminantes peligrosos; simplemente no cumple los parámetros para ser considerada agua tratada apta para productos alimentarios. Esto abre una oportunidad clara para la formulación de un proyecto de reúso desde la gerencia de proyectos.

La gestión del recurso hídrico debe entenderse también como un proceso cultural y estratégico. El trabajo de Saldarriaga (2025), orientado al diseño de programas climáticos corporativos, enfatiza que “las acciones ambientales sostenibles dependen tanto de la infraestructura disponible como del compromiso institucional y del establecimiento de indicadores que permitan medir el progreso”

Esta afirmación coincide con la brecha detectada en la planta analizada: aunque el personal reconoce la importancia del agua, no existen metas, reportes periódicos ni instrumentos de seguimiento que permitan orientar las acciones hacia la mejora continua.

La ausencia de monitoreo automatizado aparece reiteradamente en los resultados y en la literatura revisada. Diversos estudios señalan que la automatización de variables como pH, conductividad y turbidez mediante sensores y sistemas de control electrónico mejora la eficiencia del tratamiento, facilita la toma de decisiones en tiempo real y contribuye a la reducción de pérdidas de agua y energía. Este enfoque se alinea directamente con la propuesta de mejora

formulada en este estudio, orientada a la implementación de sistemas de medición continua para disminuir la variabilidad operativa y optimizar el uso del recurso hídrico.

Uno de los documentos más relevantes en términos de tecnología avanzada es el estudio sobre electrocoagulación de Oviedo et al. (2023), el cual demuestra la capacidad de esta tecnología para remover sólidos, grasas y compuestos orgánicos, representando una alternativa viable para mejorar la calidad de efluentes industriales.

## **6. CONCLUSIONES**

La investigación permitió analizar la problemática del desperdicio de agua presente en los procesos de obtención de agua tratada y regeneración de resinas en una planta de alimentos ubicada en Bogotá D.C., evidenciando que dicho fenómeno se encuentra asociado principalmente a factores técnicos y operativos que afectan la eficiencia en el uso del recurso

hídrico. A partir del enfoque metodológico adoptado, fue posible generar insumos relevantes para la estructuración de un proyecto orientado a la optimización del recurso, integrando la comprensión cualitativa de los procesos operativos con información cuantitativa de carácter descriptivo, lo cual fortalece la toma de decisiones organizacionales desde una perspectiva de gerencia de proyectos.

En relación con el primer objetivo específico, se concluye que el desperdicio hídrico presenta variaciones a lo largo del periodo de quince días de operación analizado, lo que permitió identificar patrones descriptivos asociados a la dinámica operativa del sistema de tratamiento de agua. El análisis comparativo de los volúmenes diarios registrados evidenció que las pérdidas de agua no se presentan de manera constante, sino que dependen de las condiciones de operación, la frecuencia de los procesos y las prácticas implementadas durante cada jornada, aportando información contextual relevante para la comprensión del fenómeno desde un enfoque cuantitativo descriptivo, sin recurrir a inferencias estadísticas.

Respecto al segundo objetivo específico, se determinó que las principales causas del desperdicio hídrico están relacionadas con prácticas operativas no estandarizadas, limitaciones en los sistemas de medición y ausencia de controles continuos durante los procesos de obtención de agua tratada y regeneración de resinas. El análisis de las entrevistas realizadas al personal involucrado permitió identificar percepciones, dificultades y condiciones técnicas que contribuyen a la pérdida del recurso, confirmando la pertinencia del componente cualitativo del estudio para comprender factores que no son fácilmente detectables mediante registros numéricos o enfoques exclusivamente cuantitativos.

## **7. RECOMENDACIONES**

Se recomienda instalar una línea de retorno conectada a un tanque de almacenamiento de agua potable, de modo que el volumen purgado al inicio del proceso (aproximadamente 144 L diarios) sea redirigido hacia dicho tanque en lugar de descartarse al desagüe. Esta operación puede lograrse mediante la apertura temporal de la línea de purga y el cierre de la alimentación

directa desde la red, permitiendo que el agua inicial, que aún no ha sido modificada químicamente, se acumule para usos no críticos como limpieza de áreas, lavado de implementos o servicios sanitarios. Una vez alcanzados los parámetros fisicoquímicos requeridos, se restablece el flujo normal del equipo y se cierra la línea de retorno. Esta medida permitiría reducir significativamente el desperdicio hídrico sin afectar la calidad del agua tratada empleada en la fabricación de los productos.

Se recomienda implementar instrumentos de medición continua y registros sistemáticos del volumen de agua utilizada y descartada durante los procesos de obtención de agua tratada y regeneración de resinas. El fortalecimiento del sistema de medición permitiría identificar con mayor precisión los puntos críticos de pérdida, facilitar la toma de decisiones basada en información confiable y evaluar el impacto de las acciones de mejora implementadas, contribuyendo a una gestión más eficiente del recurso hídrico.

Se sugiere diseñar e implementar procedimientos operativos estandarizados para los procesos de obtención de agua tratada y regeneración de resinas, incorporando criterios explícitos de eficiencia hídrica. La estandarización de las prácticas operativas contribuiría a reducir la variabilidad en el consumo de agua, minimizar pérdidas asociadas a la operación del sistema y fortalecer el control del proceso, alineando las actividades del personal con los objetivos de sostenibilidad de la organización.

Se recomienda desarrollar procesos de sensibilización y capacitación dirigidos al personal involucrado en la operación del sistema de tratamiento de agua, orientados a fortalecer la comprensión del impacto del desperdicio hídrico y el rol que desempeñan en la conservación del recurso. El fortalecimiento de las capacidades del personal favorecería la adopción de prácticas más responsables y la sostenibilidad de las acciones de mejora propuestas en el tiempo.

## 8. REFERENCIAS

Aldana, J. (2022). *Apoyo en el uso y ahorro eficiente del recurso hídrico en la planta de procesos de la industria alimentaria Comestibles DAN*. [Trabajo de grado, Tecnológico

de Antioquia]. <https://dspace.tdea.edu.co/server/api/core/bitstreams/70f23b54-6afc-419e-998d-2d8da593c777/content>

Anderson, D. J. (2010). *Kanban: Successful evolutionary change for your technology business*. Blue Hole Press.

Bailone, R. L., Borra, R. C., Fukushima, H. C. S., & de Aguiar, L. K. (2022). *Water reuse in the food industry*. *Discover Food*, 2, 5. <https://doi.org/10.1007/s44187-021-00002-4>

Bernal Castro, J. F., Gálvez Babilon, J. P., Laureano Luna, M. C., Miranda Peralta, W., & Torreblanca Montesinos, J. A. (2017). *Bebida hidratante natural saborizada a base de agua de coco*. [Trabajo de grado, Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://repositorio.usil.edu.pe/handle/20.500.14005/3006>

Bustos Gómez, A. D., Moya Moreno, W. J., & Casanova Narváez, L. V. (2018). *Análisis del uso del agua en los indicadores ambientales del informe de sostenibilidad de Incauca S.A.S. y Manuelita*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/7768>

Cantero, D., García, S., & Pérez, A. (2010). *Gestión sostenible del agua en la industria alimentaria*. Editorial Acribia.

Castillo Flórez, G. A. (2024). *Calidad del agua para el consumo humano y posible asociación con enfermedad renal en el departamento del Tolima*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/86824>

Chaves Arturo, M. F. (2023). *Análisis comparativo de las herramientas jurídicas y técnicas asociadas al tratamiento de aguas residuales en el marco de la economía circular para*

*Colombia*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia].

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84770>

Congreso de la República de Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993 por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables*.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>

Duque-Escobar, G. (2025). *Las cuentas del agua en Colombia*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57297>

Espinosa, A., & Fernández, K. (2016). *Optimización del consumo de agua en una embotelladora de Coca Cola FEMSA*. [Trabajo de grado, Universidad EIA].

<https://repository.eia.edu.co/server/api/core/bitstreams/bb7ab514-db9b-4e62-88ce-7d3e4c44d1bc/content>

Espitia Cuadros, J. A. (2022). *Evaluación de un sistema de tratamiento, a escala de laboratorio, para reducir la concentración de carga orgánica, bacterias y/o parásitos utilizando agua residual sintética, con miras a su aplicabilidad en irrigación de cultivos en la sabana occidental*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia].

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/82735>

Galeano Orozco, P. A. (2020). *Gestión del agua en la industria alimentaria como estrategia empresarial para disminuir la huella hídrica generada en el desarrollo de su actividad económica*. [Trabajo de grado, Universidad de Antioquia].

<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/server/api/core/bitstreams/9496cb7a-f81c-45df-94a1-4e909260e96f/content>

García Serna, J. (2012). Concepto de sostenibilidad y desarrollo sostenible. En S. Beltrán Calvo & M. L. González San José (Eds.), *Retos medioambientales de la industria alimentaria* (pp. 65–75). Instituto Tomás Pascual Sanz – Universidad de Burgos.nch

Garzón-Lago, A., Negrín-Rodríguez, T., Peña-Hernández, L., & Rodríguez-Cambas, A. (2025). *Integración de la gestión de calidad e inocuidad alimentaria con la protección del medio ambiente. Hombre, Ciencia y Tecnología*, 29(3), 12-19.

<http://hct.cigetgmo.co.cu/revistahct/index.php/hct/article/view/1527>

Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. (2006). How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. *Field Methods*, 18(1), 59–82.

<https://doi.org/10.1177/1525822X05279903>

Leyva Abascal, L. (2022). *Factores de contaminación microbiológica en el agua de uso agrícola del sistema productivo de cilantro (Coriandrum sativum L.), propuesta de medidas preventivas*. [Trabajo de grado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla].

<https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/3367fff1-abfe-43fc-ab37-2227428cbcf6/content>

Martin, L. (2020). *Emergencia hídrica, ambiental y climática: elementos para su configuración y relación en el Estado de Derecho. Revista Derechos en Acción*, 5(14), 224–253.

<https://doi.org/10.24215/25251678e358>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Decreto 1076 de 2015 por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>

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

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=70393>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Decreto 3930 de 2010 por el cual se reglamenta el uso del recurso hídrico y los vertimientos.*

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=40620>

Ministerio de la Protección Social & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). *Resolución 2115 de 2007 por la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.*

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=30007>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). *Resolución 2674 de 2013 por la cual se establecen los requisitos sanitarios que deben cumplir las personas naturales y jurídicas que fabriquen, procesen, envase, almacenen, transporten, distribuyan y comercialicen alimentos y materias primas de alimentos.*

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=54510>

Miranda Díaz, J. (2021). *Formulación del programa de ahorro y uso eficiente del agua (PAUEA) para la empresa Lantania Aguas Sucursal Colombia.* [Trabajo de grado, Universidad ECCI]. <https://repositorio.ecci.edu.co/server/api/core/bitstreams/59d45276-19e7-4a1f-a198-a514673f70dd/contenttr>

- Montossi, F. (2024). *Memorias: Ganadería sostenible en México*. [Memorias de congreso, Congreso Internacional de Ganadería Sostenible]. Colegio de Postgraduados; INIFAP; SADER. <https://ganaderiamundialsostenible.org/>
- Moreno Sanabria, J. A. (2024). *Diseño y operación de una planta de tratamiento de agua potable compacta (PTAP)*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/87151>
- Mosquera Vásquez, T. C. (2024). *Cuidémonos y cuidemos el planeta: Transferencia de capacidades en alimentación y nutrición saludable*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/86790>
- ONU-Habitat. (2025). *Comprender las dimensiones del problema del agua*. <https://onu-habitat.org/index.php/comprender-las-dimensiones-del-problema-del-agua>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el desarrollo sostenible*. <https://sdgs.un.org/es/2030agenda>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2023). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2023: Alianzas y cooperación para el agua*. <https://www.unesco.org/reports/wwdr/2023/es>
- Osorio Delgado, Y. S. (2022). *Huella hídrica indirecta para la sostenibilidad del uso de agua en el distrito de San Jerónimo de Tunán, Perú*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/6143/YOMAYRA%20SANDRA%20OSORIO%20DELGADO%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Oviedo, C., Ramírez, D., & Montoya, J. (2023). Aplicación de la electrocoagulación para la mejora de la calidad de efluentes industriales: Remoción de sólidos suspendidos, grasas y compuestos orgánicos. *Revista Colombiana de Ingeniería Química*, 35(2), 45–59.
- Project Management Institute. (2021). *PM4R project management for results*. Project Management Institute.
- Puicon García, J. A., & Romero Simeon, K. M. (2022). *Técnicas de desalinización de agua marina en la producción de agua potable*. [Trabajo de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/104854>
- Quintanilla-Montoya, A. L. (2023). *¡Aguas... con el agua!* Universidad de Colima. <https://doi.org/10.53897/LI.2023.0008.UCOL>
- Romero Amaya, D. A. (2022). *Gestión ambiental en la Compañía Nacional de Chocolates S. A. S., planta Bucaramanga*. [Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/24338>
- Saldarriaga Arismendi, E. (2024). *Formulación del Programa de Cambio Climático para el Fortalecimiento del Sistema de Gestión Ambiental de la empresa Carnes Casablanca*. [Trabajo de grado, Universidad de Antioquia]. <https://hdl.handle.net/10495/45053>
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). *The Scrum Guide: The definitive guide to Scrum*. Scrum.org. <https://scrumguides.org/scrum-guide.html>
- UNESCO. (2003). *Agua para todos, agua para la vida: Resumen del Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000129556>

UNESCO. (2024). *Agua para la prosperidad y la paz: Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos*.

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384761>

Valencia-Hernández, J. G. (Ed.). (2022). *Gobernanza del agua y conflictos ambientales: Estudio comparado de casos en América Latina*. Tirant lo Blanch.

Vasileiou, K., Barnett, J., Thorpe, S., & Young, T. (2018). Characterising and justifying sample size sufficiency in interview-based studies: systematic analysis of qualitative health research over a 15-year period. *BMC Medical Research Methodology*, 18, 148.

<https://doi.org/10.1186/s12874-018-0594-7>

Velandia Gómez, J. A. (2025). *Optimización del reúso de agua reciclada mediante tecnologías industriales para reducir el consumo de agua de pozo*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/76069>

Willaarts, B. A., & Garrido, A. (2012). El papel de la huella hídrica en la seguridad alimentaria. En S. Beltrán Calvo & M. L. González San José (Eds.), *Retos medioambientales de la industria alimentaria* (pp. 39–60). Instituto Tomás Pascual Sanz – Universidad de Burgos.