

# Maestría en Gestión de la Seguridad Alimentaria

## Trabajo Final de Maestría

Autor: Luciano David Ortíz

### **DESARROLLO Y ANÁLISIS DE UN PROCEDIMIENTO DE LAVADO DE CARCASAS MÁS EFICIENTE Y SUSTENTABLE EN UN FRIGORÍFICO DE FAENA DE AVES EN CAPITÁN SARMIENTO, PROVINCIA DE BUENOS AIRES**

2025

Director de Tesis: Lic. Leonardo Oscar Mascitelli

*Cómo citar:* Ortíz, L. D. (2026). Desarrollo y análisis de un procedimiento de lavado de carcasas más eficiente y sustentable en un frigorífico de faena de aves en Capitán Sarmiento, provincia de Buenos Aires. [Trabajo Final de Maestría, Universidad ISALUD]. RID ISALUD.

<http://rid.isalud.edu.ar/handle/1/3589>



## Índice de contenidos

Resumen.....	pág. 7
Abstract.....	pág. 8
Glosario.....	pág.9
1. Introducción.....	pág. 12
1.1. Presentación.....	pág. 12
1.2. Situación problemática y problema de investigación.....	pág. 13
1.3. Contexto.....	pág. 14
1.3.1. Marco institucional y profesional.....	pág. 14
1.3.2. Marco normativo y de inocuidad.....	pág. 14
1.3.3. Problemática técnico-ambiental.....	pág. 15
1.3.4. Entorno de innovación y mejora.....	pág. 15
1.4. Relevancia y pertinencia del estudio de caso.....	pág. 15
1.4.1. Relevancia técnica y en inocuidad alimentaria .....	pág. 15
1.4.2. Aseguramiento de la inocuidad .....	pág. 15
1.4.3. Aportación científica a la normativa .....	pág. 16
1.4.4. Pertinencia económica y ambiental (Sustentabilidad) .....	pág. 16
1.4.5. Eficiencia hídrica y reducción del impacto ambiental .....	pág. 16

1.4.6. Mejora de la gestión empresarial .....	pág. 16
1.5. Estructura del trabajo.....	pág. 17
2. Planteamiento del problema.....	pág. 18
2.1. Formulación del problema de la tesis.....	pág. 18
2.2. Objetivos.....	pág. 18
2.2.1. Objetivo general.....	pág. 18
2.2.2. Objetivos específicos.....	pág. 18
2.2.2.1. Establecer la línea de base microbiológica e hídrica actual.....	pág. 18
2.2.2.2. Desarrollar alternativas de optimización.....	pág. 19
2.2.2.3. Implementar y evaluar la eficacia de las alternativas .....	pág. 19
2.2.2.4. Analizar y seleccionar el procedimiento óptimo .....	pág. 19
2.2.2.5. Formalizar el protocolo y evaluar el impacto.....	pág. 19
3. Marco teórico.....	pág. 20
3.1.1. Análisis de riesgo y seguridad microbiológica.....	pág. 20
3.1.2. Gestión ambiental y sustentabilidad en sistemas alimentarios.....	pág. 21
3.1.3. Mejora continua y eficiencia operativa.....	pág. 22
3.1.4. Gestión de la seguridad alimentaria y optimización tecnológica.....	pág. 22
3.1.5. Estado del arte.....	pág. 23
3.1.6. Tendencias internacionales en eficiencia hídrica.....	pág. 23
3.1.7. Tecnologías de precisión y evidencia científica.....	pág. 24

3.1.8. Sustentabilidad y huella hídrica en Argentina.....	pág. 24
3.1.9. Eco-Inocuidad y dinámica de fluidos en el lavado de carcasas.....	pág. 24
3.2. Hipótesis.....	pág. 25
4. Metodología y técnicas utilizadas.....	pág. 26
4.1. Enfoque metodológico.....	pág. 26
4.2. Diseño del estudio.....	pág. 27
4.3. Población, muestra y unidad de análisis .....	pág. 28
4.4. Variables y parámetros analizados.....	pág. 31
4.5. Procedimiento Experimental.....	pág. 31
4.6. Procedimiento y análisis de datos.....	pág. 32
5. Desarrollo del estudio.....	pág. 33
5.1. Consideraciones éticas y regulatorias.....	pág. 33
5.2. Actividades y cronograma.....	pág. 34
5.3. Factibilidad del proyecto.....	pág. 34
6. Resultados.....	pág. 35
6.1. Matriz de riesgo de inocuidad.....	pág. 40
7. Discusión y propuesta.....	pág. 42
8. Bibliografía.....	pág. 43

## ANEXOS

### Índice de imágenes

N° 1: Lavador de carcasa.....	pág. 26
N° 2: Boquilla arandela modificada del lavador de carcasa .....	pág. 27
N° 3: Realización de la verificación del caudalímetro del lavador de carcasa.....	pág. 28
N° 4: Realización de la inspección de las carcacas salida del lavador de carcasa.....	pág. 29

### Índice de tablas

Tabla N° 1: Niveles de consideración a tener en cuenta.....	pág. 30
Tabla N° 2: determinación del muestreo.....	pág. 30
Tabla N° 3: Niveles de aceptación de AQL .....	pág. 30
Tabla N° 4: Identificación y análisis de peligros empleado para la etapa de lavador interno y externo de carcasa en el proceso de faena.....	pág. 34
Tabla N° 5: Descripción de actividades .....	pág. 34
Tabla N° 6: Resultados del ensayo.....	pág. 35
Tabla N° 7: Matriz de riesgo de inocuidad lavador de carcacas.....	pág. 41

## Índice de gráficos

Gráfico N° 1: Resultado de inspección visual en carcasa entrada y salida lavador de carcasa, semana del 27/10/25 al 31/10/2025 con 300 L/min y 3.5 bares de presión .....	pág. 36
Gráfico N° 2: Resultado de inspección visual en carcasa entrada y salida del lavador de carcasa, semana del 17/11/2025 al 21/11/2025 con 20 L/min y 0.5 bares de presión.....	pág. 36
Gráfico N° 3: Resultados microbiológicos para recuento de Aerobios Mesófilos totales en UFC/g en carcasa de pollo entrada y salida del lavador, semana del 27/10/2025 al 31/10/2025 con 300 L/min y 3.5 bares de presión.....	pág. 36
Gráfico N° 4: Resultados microbiológicos para recuento de Aerobios Mesófilos totales en UFC/g en carcasa de pollo entrada y salida del lavador, semana del 27/10/2025 al 31/10/2025 con 20 L/min y 0.5 bares de presión .....	pág. 37
Gráfico N° 5: Resultados microbiológicos para recuento de Enterobacterias UFC/g en carcasa de pollo entrada y salida del lavador, semana del 27/10/2025 al 31/10/2025 con 300 L/min y 3.5 bares de presión .....	pág. 37
Gráfico N° 6: Resultados microbiológicos para recuento de Enterobacterias UFC/g en carcasa de pollo entrada y salida del lavador, semana del 27/10/2025 al 31/10/2025 con 20 L/min y 0.5 bares de presión .....	pág. 37
Gráfico N° 7: Resultados microbiológicos para Salmonella spp. en carcasa de pollo entrada y salida del lavador, semana del 27/10/2025 al 31/10/2025 con 300 L/min y 3.5 bares de presión .....	pág. 38
Gráfico N° 8: Resultados microbiológicos para Salmonella spp. en carcasa de pollo entrada y salida del lavador, semana del 17/11/2025 al 21/11/2025 con 20 L/min y 0.5 bares de presión.....	pág. 38

## Resumen

El presente Trabajo Final de Maestría tiene como objetivo desarrollar y analizar un procedimiento de lavado de carcasas post-eviscerado más eficiente y sustentable en un frigorífico de faena de aves ubicado en Capitán Sarmiento, provincia de Buenos Aires. El lavado de carcasas constituye una etapa crítica para la inocuidad alimentaria, ya que permite la remoción de carga bacteriana superficial y restos de suciedad generados durante el proceso de faena. Sin embargo, la normativa vigente del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) establece un caudal mínimo obligatorio de 1,5 litros de agua por carcasa, lo que conlleva un elevado consumo hídrico y un impacto ambiental significativo.

El estudio de caso se desarrolló bajo un diseño descriptivo-comparativo, evaluando diferentes combinaciones de caudal y presión de agua por debajo de lo exigido normativamente, mediante la incorporación de boquillas de bajo caudal y la optimización de la geometría de aspersion del lavador. Se realizaron muestreos microbiológicos antes y después del lavado durante cinco semanas, analizando indicadores de higiene (Aerobios Mesófilos y Enterobacterias) y la presencia de *Salmonella* spp., junto con inspecciones sensoriales y el monitoreo de variables operativas mediante herramientas de análisis de datos.

Los resultados demostraron que la reducción significativa del caudal de agua permite mantener los estándares microbiológicos exigidos por la normativa vigente, sin comprometer la inocuidad del producto, y logrando una disminución del consumo hídrico superior al 50%. Estos hallazgos evidencian que la eficacia del lavado depende principalmente de la tecnología aplicada y de la dinámica del agua, más que del volumen utilizado. El trabajo aporta evidencia científica local que respalda la implementación de prácticas más sustentables y abre la posibilidad de una revisión normativa basada en criterios de desempeño microbiológico y eficiencia tecnológica.

**Palabras clave:** inocuidad alimentaria; eficiencia hídrica; lavado de carcasas; industria avícola; sustentabilidad.

## **Abstract**

The objective of this Master's Final Project is to develop and analyze a more efficient and sustainable post-evisceration carcass washing procedure in a poultry slaughterhouse located in Capitán Sarmiento, province of Buenos Aires. Carcass washing is a critical stage for food safety, as it allows for the removal of surface bacterial load and debris generated during the slaughter process. However, current regulations from the National Service for Agri-Food Health and Quality (SENASA) establish a mandatory minimum flow rate of 1.5 liters of water per carcass, which leads to high water consumption and a significant environmental impact.

The study was conducted under a descriptive-comparative design, evaluating different combinations of water flow and pressure below regulatory requirements through the incorporation of low-flow nozzles and the optimization of the washer's spray geometry. Microbiological sampling was performed before and after washing over a five-week period, analyzing hygiene indicators (Aerobic Mesophiles and Enterobacteriaceae) and the presence of *Salmonella* spp., alongside sensory inspections and the monitoring of operational variables using data analysis tools.

The results demonstrated that a significant reduction in water flow allows for the maintenance of microbiological standards required by current regulations without compromising product safety, achieving a reduction in water consumption of over 50%. These findings provide evidence that washing efficacy depends primarily on the technology applied and water dynamics rather than the volume used. This work contributes local scientific evidence that supports the implementation of more sustainable practices and opens the possibility for a regulatory review based on

microbiological performance criteria and technological efficiency.

**Keywords:** food safety; water efficiency; carcass washing; poultry industry; sustainability.

## Glosario

**Aerobios mesófilos:** Grupo de bacterias que se desarrollan en presencia de oxígeno y a temperaturas moderadas (entre 20°C y 45°C). Se utilizan como un indicador general de la carga bacteriana y de la higiene en los procesos de faena.

**AQL (Límite de Calidad Aceptable):** Siglas del inglés Acceptable Quality Level. Es un estándar estadístico de muestreo utilizado en la industria para determinar la representatividad de una muestra en un lote y garantizar decisiones operativas basadas en riesgos controlados.

**CAA (Código Alimentario Argentino):** Cuerpo normativo que regula las características esenciales (color, olor, consistencia) que debe mantener la carne fresca en Argentina para ser considerada apta para el consumo humano.

**Carcasa:** Cuerpo del ave después de ser sacrificada, desangrada, desplumada y eviscerada.

**Caudalímetro:** Instrumento empleado para la medición del caudal de agua. En el estudio, se utilizó tecnología de ultrasonido para su verificación técnica.

**Eco-Inocuidad:** Un enfoque integrado de gestión del riesgo alimentario que optimiza simultáneamente la remoción de peligros microbiológicos y el uso eficiente de recursos ambientales, mediante tecnologías de precisión y control de variables críticas del proceso.

**Enterobacterias:** Familia de bacterias que habitan en el tracto intestinal de los animales. Su recuento se utiliza como indicador de contaminación fecal y de la eficacia de los procesos de lavado en la planta de faena.

**Fuerza de corte (Shear stress):** Fuerzas mecánicas generadas por el movimiento de un fluido sobre una superficie, que actúan de manera tangencial a la misma. En el contexto del lavado de carcasas, las fuerzas de corte producidas por el agua en régimen turbulento favorecen el desprendimiento de materia orgánica, biofilms y microorganismos adheridos, constituyendo un factor clave en la eficacia del proceso de limpieza e inocuidad.

**HACCP:** Siglas de Hazard Analysis and Critical Control Points (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control). Sistema preventivo que identifica, evalúa y controla peligros significativos para la inocuidad de los alimentos.

**Huella Hídrica:** Indicador ambiental que mide el volumen total de agua dulce utilizado para producir un bien o servicio. El proyecto busca reducirla disminuyendo el consumo de agua por carcasa en al menos un 50%.

**Ineficiencia Hídrica:** Consumo excesivo de agua que supera lo técnicamente necesario para cumplir un objetivo. En el documento, se asocia al cumplimiento de normativas rígidas (1.5 L/carcasa) que no consideran tecnologías de aspersión modernas.

**Inocuidad Alimentaria:** Garantía de que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se preparen o consuman de acuerdo con el uso a que se destinan.

**POES (Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento):** Tareas específicas de limpieza y desinfección que deben realizarse en los establecimientos de alimentos antes y durante las operaciones para prevenir la contaminación.

**Post-eviscerado:** Etapa del proceso de faena que ocurre inmediatamente después de la extracción de las vísceras del ave, momento en el cual el riesgo de contaminación bacteriana es elevado.

**Power BI:** Herramienta de inteligencia de negocios utilizada para el registro, procesamiento y análisis de datos microbiológicos y operativos (caudal, presión) en

tiempo real.

**Salmonella spp.:** Género de bacterias patógenas que pueden causar enfermedades transmitidas por alimentos. Su ausencia es un estándar de cumplimiento obligatorio en la normativa argentina de aves.

**Seguridad Alimentaria:** Existe cuando todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico, social y económico a alimentos inocuos, nutritivos y suficientes que satisfacen sus necesidades energéticas diarias y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y sana.

**SENASA:** Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria de Argentina. Organismo encargado de dictar normativas como la Resolución 336/2016 (parámetros microbiológicos) y el Decreto 4238 (caudal de agua obligatorio).

**Sustentabilidad (en Sistemas Alimentarios):** Capacidad de los sistemas alimentarios para garantizar la seguridad alimentaria y la nutrición para todos, de modo que no se pongan en peligro las bases económicas, sociales y ambientales que permiten proporcionar seguridad alimentaria a las generaciones futuras. En el contexto de este trabajo, implica optimizar el uso de recursos críticos como el agua, mitigando el cambio climático y reduciendo al mínimo las repercusiones ambientales de la industria cárnica.

## 1. Introducción

El presente Trabajo Final de Maestría se enmarca en la Maestría en Gestión de la Seguridad Alimentaria de la Universidad ISALUD. El estudio, titulado "Desarrollo y análisis de un procedimiento de lavado de carcasas más eficiente y sustentable en un frigorífico de faena de aves en Capitán Sarmiento, provincia de Buenos Aires", aborda un desafío crítico que fusiona la inocuidad alimentaria con la sustentabilidad ambiental en la industria avícola argentina.

El autor, Luciano Ortiz, quien se desempeña en el área de Control de Calidad en el frigorífico Avícola Capitán Sarmiento, generó una contribución científica-técnica para optimizar un paso obligatorio y fundamental en el proceso de faena: El lavado de carcasas post-eviscerado. Este paso es esencial para eliminar la carga bacteriana superficial, como *Salmonella* spp. y Enterobacterias, garantizando así la inocuidad del producto.

Sin embargo, el procedimiento actual de lavado, aunque cumple con los estándares microbiológicos, consume un volumen excesivo de agua, dado que la normativa actual del SENASA establece un caudal mínimo obligatorio de 1,5 litros de agua por carcasa. Este consumo excesivo se traduce en un impacto ambiental significativo y una ineficiencia hídrica y económica para la empresa.

El proyecto, por lo tanto, posee una alta relevancia y pertinencia, demostró que es posible alcanzar la eficiencia hídrica y reducir el consumo de agua en al menos un 50% por carcasa, sin comprometer los estrictos estándares microbiológicos.

### 1.1. Presentación

El problema de investigación se centra en la ineficiencia hídrica y la falta de sustentabilidad del procedimiento actual de lavado de carcasas post-eviscerado en el frigorífico Avícola Capitán Sarmiento, provincia de Buenos Aires.

El problema radica en la falta de evidencia científica local que sustente la eficacia de

caudales de agua inferiores al mínimo obligatorio (1,5 litros de agua por carcasa). El estudio analizó comparativamente el comportamiento de patógenos e indicadores de higiene frente a la introducción de tecnologías de eficiencia hídrica, con el fin de determinar el punto de equilibrio óptimo entre la sustentabilidad y el cumplimiento normativo.

Se llevó a cabo un muestreo antes y después de atravesar el lavador de carcasas con variación de caudales y presión, se monitoreó la condición sensorial en cada una de ellas para detectar presencia o ausencia de suciedad como bilis, resto de contenido visceral, plumas etc. Se tomaron muestras para la remisión al laboratorio de microbiología para recuento de indicadores y búsqueda de patógenos (como *Salmonella* spp.).

Se utilizó el sistema Power BI para el registro de datos del monitoreo online incluyendo el caudal y la presión de agua, y previamente se realizó una verificación del caudalímetro contratando una empresa externa de ingeniería que llevó a cabo esta tarea.

Se realizó un procesamiento de los datos obtenidos y gráficos para llegar a una conclusión.

## **1.2. Situación problemática y problema de investigación**

El problema de investigación se centra en la ineficiencia hídrica y la falta de sustentabilidad del procedimiento de lavado de carcasas post-eviscerado en el frigorífico Avícola de Capitán Sarmiento, provincia de Buenos Aires. El modelo de lavado actual, aunque cumple con la normativa de inocuidad alimentaria del SENASA, consume un volumen excesivo de agua que podría ser optimizado. Esta ineficiencia se debe a la falta de incorporación de tecnologías y metodologías más avanzadas y sustentables, lo cual contrasta con las prácticas exitosas observadas en la industria avícola a nivel internacional. La empresa podría beneficiarse de una reducción

significativa en el consumo de agua sin poner en riesgo la seguridad microbiológica del producto final, que debe cumplir con los estándares de la Resolución 336/2016 del SENASA y del Código Alimentario Argentino.

Por lo antes expuesto el presente trabajo se centró en ¿Cómo desarrollar y evaluar un procedimiento de lavado de carcasas post eviscerado en la empresa Avícola Capitán Sarmiento, que permita reducir el consumo de agua manteniendo los estándares de inocuidad microbiológica establecidos por la normativa vigente?

### **1.3. Contexto**

#### **1.3.1. Marco institucional y profesional**

El estudio se desarrolló en el ámbito de la industria avícola argentina, específicamente en la unidad operativa del frigorífico Avícola Capitán Sarmiento, perteneciente al Grupo GTA. El autor del proyecto se desempeña en el área de Control de Calidad en dicha planta, lo que garantiza el acceso a la infraestructura necesaria, datos operativos y la viabilidad técnica para la implementación de las mejoras propuestas.

#### **1.3.2. Marco normativo y de inocuidad**

La investigación se situó en un entorno altamente regulado, donde el proceso de faena debe cumplir estrictamente con los estándares de inocuidad alimentaria para eliminar patógenos como *Salmonella* spp. y Enterobacterias. Los referentes normativos centrales son:

\*SENASA (Resolución 336/2016): Define los parámetros microbiológicos para carnes de aves.

\*Decreto 4238 del SENASA: Establece actualmente un caudal mínimo obligatorio de 1,5 litros de agua por carcasa en el lavado post-eviscerado.

\*Código Alimentario Argentino (CAA): Regula las características esenciales que debe mantener la carne fresca para ser considerada apta para el consumo.

### **1.3.3. Problemática técnico-ambiental**

El contexto actual del frigorífico evidencia una tensión entre la inocuidad alimentaria y la sustentabilidad:

-Ineficiencia Hídrica: El cumplimiento de la normativa actual de SENASA (1,5 litros de agua por carcasa) conlleva un consumo excesivo de agua, lo que genera un impacto ambiental significativo y altos costos en la gestión de efluentes.

-Brecha Tecnológica: Existe una falta de incorporación de tecnologías avanzadas de eficiencia hídrica que ya se utilizan exitosamente en otros mercados internacionales, como Brasil o Europa.

### **1.3.4. Entorno de innovación y mejora**

El proyecto se contextualizó como un estudio de caso que buscó generar justificación científica para modernizar las prácticas locales. Para ello, cuenta con un entorno tecnológico que incluye:

\*Tecnología de Lavado de Origen Europeo.

\*Herramientas de Análisis de Datos de última generación como Power BI para monitoreo online. Lo que permite recabar y procesar los datos en línea.

\*Capacidad Analítica propia a través de un Laboratorio de Microbiología interno.

## **1.4. Relevancia y pertinencia del estudio de caso**

El estudio de caso posee una alta relevancia y pertinencia, abordando desafíos críticos tanto en la inocuidad alimentaria como en la sostenibilidad ambiental de la industria avícola argentina.

### **1.4.1. Relevancia técnica y en inocuidad alimentaria**

#### **1.4.2. Aseguramiento de la inocuidad**

El lavado post-eviscerado es un paso fundamental para garantizar la inocuidad, ya que elimina la carga bacteriana superficial (como *Salmonella* spp. Aerobios Mesófilos y

Enterobacterias) y restos de suciedad que pueden provenir del proceso de faena. La investigación busca demostrar que la eficiencia hídrica puede alcanzarse sin comprometer los estrictos estándares microbiológicos.

#### **1.4.3. Aportación científica a la normativa**

El proyecto tiene el objetivo específico de generar justificación científica-técnica para actualizar la normativa del SENASA. Actualmente, el reglamento establece un caudal mínimo obligatorio de 1,5 litros de agua por carcasa. Al basarse en la evidencia científica internacional, que sugiere que sistemas de aspersion optimizados pueden lograr resultados equivalentes con menor consumo, este estudio aportó datos concretos para flexibilizar y modernizar las regulaciones argentinas.

#### **1.4.4. Pertenencia económica y ambiental**

##### **(Sustentabilidad)**

#### **1.4.5. Eficiencia hídrica y reducción del impacto ambiental**

El consumo excesivo de agua en frigoríficos argentinos es un impacto ambiental significativo. El proyecto aborda la ineficiencia hídrica actual en el frigorífico de Avícola Capitán Sarmiento y busca reducir el consumo de agua en al menos un 50% por carcasa, lo que se traduciría en un ahorro diario estimado de 15.000 litros de agua por hora.

#### **1.4.6. Mejora de la gestión empresarial**

La implementación de tecnología eficiente (como boquillas de bajo caudal y caudalímetros verificados) y caudales reducidos no solo beneficia al ambiente, sino que también genera un impacto económico positivo para la empresa, mejorando la gestión de efluentes.

## 1.5. Estructura del trabajo

El presente trabajo se organiza en siete apartados principales. En primer lugar, la **Introducción** presenta el contexto general del estudio, la problemática vinculada al consumo de agua en el proceso de lavado de carcasas avícolas y la relevancia del estudio de caso desde la perspectiva de la inocuidad alimentaria y la sustentabilidad ambiental.

En segundo lugar, se desarrolla el **Planteamiento del problema**, donde se formula la pregunta de investigación y se establecen el objetivo general y los objetivos específicos que orientan el estudio.

En el tercer apartado se expone el **Marco teórico**, en el cual se analizan los principales conceptos vinculados al análisis de riesgos microbiológicos, la gestión de la seguridad alimentaria, la eficiencia hídrica en sistemas de producción avícola y las tendencias internacionales en materia de sustentabilidad en la industria cárnica.

Posteriormente, el cuarto apartado describe la **Metodología y técnicas utilizadas**, detallando el diseño del estudio, las variables analizadas, los procedimientos de muestreo microbiológico y el procesamiento de los datos obtenidos durante el ensayo experimental.

El quinto apartado presenta el **Desarrollo del estudio**, incluyendo las consideraciones éticas y regulatorias, las actividades realizadas durante la investigación y la factibilidad del proyecto en el contexto del frigorífico avícola analizado.

En el sexto apartado se exponen los **Resultados**, donde se analizan los datos microbiológicos, operativos y ambientales obtenidos durante el ensayo, así como la construcción de una matriz de riesgo de inocuidad que permite evaluar la eficacia del protocolo optimizado de lavado de carcasas.

Finalmente, el séptimo apartado presenta la **Discusión y propuesta**, donde se interpretan los resultados obtenidos a la luz de la literatura científica existente, se

discuten sus implicancias para la industria avícola argentina y se proponen líneas futuras de investigación orientadas a mejorar la eficiencia hídrica sin comprometer los estándares de inocuidad alimentaria.

## **2. Planteamiento del problema**

### **2.1. Formulación del problema de la tesis**

El desarrollo e implementación de un procedimiento de lavado de carcasas en un frigorífico de faena de aves en Capitán Sarmiento, Provincia de Buenos Aires, que integre caudales de agua reducidos y/o tecnologías de eficiencia hídrica, permite mantener o mejorar los estándares higiénico-sanitarios establecidos por la normativa, al tiempo que genera una reducción significativa en el consumo de agua y, consecuentemente, un impacto ambiental positivo en la gestión de efluentes.

### **2.2. Objetivos**

#### **2.2.1. Objetivo general**

Identificar, evaluar y analizar alternativas tecnológicas y procedimentales para la optimización del lavado de carcasas post-eviscerado en el frigorífico Avícola Capitán Sarmiento, con el propósito de establecer un nuevo protocolo de operación más eficiente en el uso del agua, que mantenga o mejore los estándares de inocuidad microbiológica establecidos por la normativa vigente (SENASA y CAA).

#### **2.2.2. Objetivos específicos**

##### **2.2.2.1. Establecer la línea de base microbiológica e hídrica actual**

Se realizó muestreos de las carcasas lavadas bajo el procedimiento actual para determinar el recuento de Aerobios Mesófilos, Enterobacterias y *Salmonella* spp., y medir el consumo de agua por carcasa, para fijar los estándares actuales de inocuidad y eficiencia hídrica en el frigorífico.

### **2.2.2.2. Desarrollar alternativas de optimización**

Se diseñó, con base en la normativa internacional y evidencia científica, diferentes procedimientos de lavado que integraron:

Alternativas de Reducción Hídrica: Se evaluaron diferentes caudales de agua por debajo del mínimo obligatorio actual de 1,5 litros de agua por carcasa, incluyendo caudales de bajo volumen.

Alternativas Tecnológicas: Se incorporaron modificaciones como boquillas de bajo caudal, ajustes en la geometría del duchado para mejorar la turbulencia, y la verificación de caudalímetro por ultrasonido.

### **2.2.2.3. Implementar y evaluar la eficacia de las alternativas**

Se implementaron secuencialmente los procedimientos de lavado diseñados, y se midió el consumo de agua y los indicadores microbiológicos (Aerobios Mesófilos, Enterobacterias y *Salmonella* spp.) de las carcasas para cuantificar la reducción hídrica y verificar el mantenimiento de la inocuidad.

### **2.2.2.4. Analizar y seleccionar el procedimiento óptimo**

Se analizaron los datos de consumo de agua (utilizando monitoreo online Power BI) y los resultados microbiológicos para comparar la eficacia de cada caudal y tecnología. Se determinó el procedimiento de lavado que logra el equilibrio más favorable entre la máxima reducción de consumo de agua y el cumplimiento irrestricto de los estándares higiénico-sanitarios.

### **2.2.2.5. Formalizar el protocolo y evaluar el impacto**

Se documentó el procedimiento de lavado seleccionado en un nuevo protocolo de operación.

### 3. Marco teórico

#### 3.1.1. Análisis de riesgo y seguridad microbiológica

El lavado de carcasas post eviscerado en frigoríficos avícolas en Argentina es un paso obligatorio y fundamental que debe equilibrar eficiencia hídrica con estándares higiénico-sanitarios. Dado a que la evisceración previa a este paso es un alto riesgo de contaminación, a pesar de los esfuerzos para evitar la rotura del intestino, puede existir la posibilidad de que la carcasa entre en contacto con materia fecal, sangre u otros fluidos. Por lo que el lavador de carcasa tiene como propósito principal garantizar la inocuidad eliminando la carga bacteriana superficial y los restos de suciedad (por ejemplo vísceras, plumas, ingesta, resto de vísceras) que puedan haber quedado durante el proceso de faena.

Se espera por tanto que las carcasas, luego de atravesar el lavador, cumplan con los estándares microbiológicos de recuentos de Aerobios Mesófilos y Enterobacterias, así como la ausencia de *Salmonella* spp. fijados por la normativa del Servicio Sanitario de Sanidad y Calidad Agroalimentario (SENASA, 2016)

En tanto que el Código Alimentario Argentino en su Capítulo VI (CAA), define a la carne fresca como aquella que no ha sufrido modificaciones esenciales en sus características y presenta color, olor y consistencia característicos. Un producto con una alta carga bacteriana por un lavado inadecuado no cumpliría con estos criterios, ya que la proliferación microbiana aceleraría la descomposición microbiana, afectando el olor y color.

El reglamento 4238 del SENASA en su capítulo XX ítems 20.4.5 (SENASA, 1968) establece un caudal mínimo obligatorio de 1,5 litros de agua por carcasa, esto garantiza la cobertura total de la superficie durante el duchado. Además, dicho proceso debe tener características específicas en cuanto a presión, aspersion y caudal para asegurar que se cubra toda la superficie de la carcasa.

Bustos-Vanegas et al. (2018) destacan que la eficiencia en el lavado depende no solo del volumen de agua, sino de variables como presión, tipo de boquillas y tiempo de exposición. En estudios realizados en Colombia, demostraron que sistemas de aspersion con boquillas de bajo caudal (0,8 -1,2 litros de agua por carcasa) pueden lograr niveles microbiológicos equivalentes a los estándares tradicionales, reduciendo el consumo significativamente.

Adicionalmente, Gómez-López et al. (2020) enfatizan el rol de la turbulencia del agua en la remoción de contaminantes. Su investigación en plantas procesadoras de Europa evidenció que ajustes en la geometría de los duchadores mejoran la eficacia del lavado, permitiendo reducir caudales sin comprometer la inocuidad. Estos hallazgos son relevantes para reevaluar normativas rígidas y adoptar enfoques basados en evidencia científica.

Por lo antes expuesto resulta indiscutible que el lavado de carcasas post-eviscerado es un punto crítico que debe ser gestionado bajo un enfoque de Gestión Integrada de la Inocuidad. Este enfoque no solo busca el cumplimiento normativo, sino la minimización de peligros mediante un sistema robusto de gestión de riesgos.

El nexo agua-alimentos implica que la disponibilidad de agua de calidad es el pilar sobre el cual reposa la seguridad alimentaria. En un frigorífico, el agua no es solo un insumo, sino una herramienta de mitigación de riesgo.

### **3.1.2. Gestión ambiental y sustentabilidad en sistemas alimentarios**

La sustentabilidad aplicada a sistemas alimentarios exige que la producción de proteína animal sea eficiente en el uso de recursos naturales. La gestión ambiental moderna en frigoríficos debe trascender el tratamiento de efluentes para enfocarse en la reducción en origen. Al optimizar el caudal, se reduce la huella hídrica del producto final y se mejora la eficiencia económica de la empresa al disminuir el volumen de agua que requiere tratamiento posterior.

### **3.1.3. Mejora continua y eficiencia operativa**

El uso de herramientas como Power BI para el monitoreo online de presión y caudal facilita un ciclo de mejora continua. Esto permite que el protocolo de lavado no sea estático, sino que se ajuste dinámicamente según la carga productiva y los resultados microbiológicos obtenidos en tiempo real.

### **3.1.4. Gestión de la seguridad alimentaria y optimización tecnológica**

En el marco de la Gestión de la Seguridad Alimentaria, la optimización de los procesos no debe entenderse únicamente como una mejora en la productividad, sino como el fortalecimiento del enfoque preventivo que exigen estándares internacionales como la ISO 22000 y el sistema HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control). Bajo este enfoque, el lavado de carcasas actúa como una medida de control fundamental dentro de los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES). La integración de tecnologías de precisión —como las boquillas de bajo caudal— permite que este paso crítico deje de ser una operación puramente mecánica y se transforme en un proceso controlado y validable, donde la eficiencia hídrica y la mitigación de riesgos microbiológicos convergen en lo que se denomina "calidad integral".

Este vínculo entre tecnología y gestión se fundamenta en la capacidad de monitorear variables en tiempo real, facilitando la toma de decisiones basada en evidencia. Al optimizar la geometría de aspersión y el impacto del agua, se reduce la variabilidad del proceso, un principio central de la inocuidad alimentaria moderna. Así, el sistema de gestión evoluciona desde un modelo reactivo basado en el control de volumen hacia un modelo proactivo y sustentable, donde la Eco-Inocuidad garantiza que la reducción de recursos ambientales no genere nuevos peligros biológicos, sino que optimice la remoción de carga orgánica mediante una mayor eficacia mecánica.

### 3.1.5. Estado del arte

La industria avícola enfrenta presiones para integrar sustentabilidad sin sacrificar calidad. Como señala el informe técnico del Instituto Industrial Argentino sobre Análisis de ciclo de vida de la carne de pollo (INTI, 2021), el consumo excesivo de agua en frigoríficos argentinos tiene un impacto ambiental significativo, especialmente en etapas como el lavado post-eviscerado. No obstante, experiencias internacionales muestran que es posible optimizar este proceso.

En Brasil, Carvalho et al. (2019) implementaron un sistema de recirculación de agua con filtros de membrana en lavadores, reduciendo el consumo a 1 litro de agua por carcasa y manteniendo niveles de *Salmonella* spp. dentro de límites permisibles ( $\leq 1$  UFC/cm<sup>2</sup>). Este modelo combina tecnología accesible y cumplimiento normativo.

Un estudio de FAO (2021) sobre buenas prácticas en América Latina resalta que la automatización de caudalímetros permite ajustes dinámicos según carga productiva, evitando desperdicios. En el caso de Avícola Capitán Sarmiento, esto podría traducirse en ahorros de hasta 15.000 litros/hora (considerando 12.000 pollos procesados por hora).

Es innegable que el panorama actual global de la industria avícola muestra una transición clara hacia la Gestión Ambiental integrada con la seguridad alimentaria.

### 3.1.6. Tendencias internacionales en eficiencia hídrica

En mercados competitivos como Brasil y Europa, la normativa ha evolucionado desde parámetros rígidos basados en volúmenes hacia estándares basados en resultados microbiológicos. Estudios como los de Carvalho et al. (2019) demuestran que la introducción de tecnologías de recirculación y filtración permite operar con caudales cercanos a 1 litro de agua por carcasa sin elevar el riesgo sanitario.

### **3.1.7. Tecnologías de precisión y evidencia científica**

La literatura actual destaca que la eficacia del lavado depende de la dinámica de fluidos (turbulencia y geometría de aspersion) más que del volumen bruto de agua. Esto fundamenta la necesidad de que Argentina actualice el Decreto 4238 del SENASA mediante estudios locales que aporten evidencia científica robusta.

### **3.1.8. Sustentabilidad y huella hídrica en Argentina**

A nivel nacional, informes del INTI (2021) sobre el ciclo de vida de la carne de pollo señalan que el consumo de agua es uno de los mayores impactos ambientales del sector. La implementación de sistemas automatizados y boquillas de bajo caudal en plantas como Avícola Capitán Sarmiento se alinea con las recomendaciones de la FAO (2021) sobre buenas prácticas de manufactura sustentable, permitiendo ahorros proyectados de hasta 15.000 litros por hora.

Por lo antes expuesto la implementación de un efectivo sistema de lavador de carcasas post-eviscerado en Avícola Capitán Sarmiento reducirá el consumo de agua en al menos un 50% por carcasa, sin comprometer la seguridad microbiológica del producto, lo que resultará en un ahorro diario significativo de agua y una mejora en la sustentabilidad ambiental de la empresa.

### **3.1.9. Eco-Inocuidad y dinámica de fluidos en el lavado de carcasas**

Desde el punto de vista físico, la eficacia del lavado está estrechamente relacionada con la generación de turbulencia en el flujo de agua. La turbulencia incrementa las fuerzas de corte (shear stress) sobre la superficie de la carcasa, favoreciendo el desprendimiento de materia orgánica, biofilms y microorganismos adheridos. En

contraposición, un flujo laminar, aun con altos volúmenes de agua, presenta menor capacidad de remoción debido a la baja interacción mecánica con la superficie.

El diseño de las boquillas cumple un rol determinante en este proceso, ya que define el patrón de aspersion, la velocidad del fluido y la distribución de la energía cinética.

Boquillas de abanico plano, por ejemplo, permiten maximizar la cobertura superficial

En consecuencia, la eficiencia del lavado puede conceptualizarse como una función de la turbulencia generada, la cobertura efectiva de la superficie y el tiempo de contacto, más que del volumen total de agua utilizado. Este enfoque permite comprender cómo la incorporación de tecnologías de precisión, como boquillas de bajo caudal y geometrías optimizadas de aspersion, posibilita mantener o incluso mejorar los niveles de inocuidad microbiológica reduciendo significativamente el consumo hídrico.

De este modo, la Eco-Inocuidad se consolida como un nuevo paradigma en la industria alimentaria, donde la sustentabilidad ambiental y la seguridad microbiológica dejan de ser objetivos contrapuestos para convertirse en variables complementarias dentro de un mismo sistema de gestión.

### **3.2. Hipótesis**

El desarrollo e implementación de un procedimiento de lavado de carcasas en un frigorífico de faena de aves en Capitán Sarmiento, Provincia de Buenos Aires, que integre caudales de agua reducidos y/o tecnologías de eficiencia hídrica, permite mantener o mejorar los estándares higiénico-sanitarios establecidos por la normativa, al tiempo que genera una reducción significativa en el consumo de agua y, consecuentemente, un impacto ambiental positivo en la gestión de efluentes.

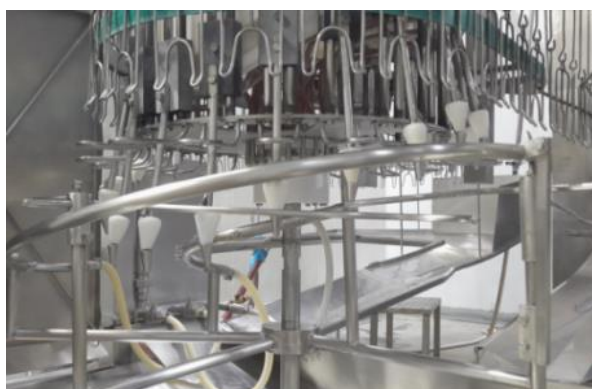
## 4. Metodología y técnicas utilizadas

### 4.1. Enfoque metodológico

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo aplicado, orientado a la evaluación experimental de un procedimiento tecnológico dentro de un entorno industrial real. El estudio se estructuró como un análisis descriptivo-comparativo con intervención tecnológica, cuyo propósito fue evaluar el comportamiento microbiológico y operativo del proceso de lavado de carcasas avícolas al aplicar diferentes configuraciones de caudal y presión de agua inferiores a las establecidas por la normativa vigente.

El enfoque metodológico adoptado permitió analizar la relación entre la eficiencia del proceso de lavado y la reducción del consumo hídrico, considerando simultáneamente variables microbiológicas, operativas y sensoriales. De esta manera, se buscó determinar si la optimización tecnológica del sistema de lavado permite mantener los estándares de inocuidad alimentaria exigidos por la normativa argentina, al mismo tiempo que se reduce significativamente el consumo de agua.

El estudio se llevó a cabo en condiciones reales de producción en un frigorífico avícola ubicado en la ciudad de Capitán Sarmiento, provincia de Buenos Aires, lo que permitió validar la aplicabilidad industrial de los resultados obtenidos.



*Imagen N° 1 fuente propia lavador de carcasa*

## 4.2. Diseño del estudio

La investigación se definió como un estudio descriptivo-comparativo con intervención tecnológica desarrollado en campo, dentro de una línea de faena avícola en funcionamiento. El diseño del estudio consistió en la evaluación de diferentes combinaciones de caudal y presión de agua aplicadas en el sistema de lavado de carcasas post-eviscerado, utilizando valores inferiores a los establecidos por la normativa del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA).

Las pruebas experimentales se realizaron sobre carcasas de pollo con un peso promedio de 1 kg, dado que la planta analizada procesa principalmente aves destinadas a mercados de exportación que demandan este gramaje.

Durante el ensayo se implementaron modificaciones tecnológicas en el sistema de lavado con el objetivo de optimizar la eficiencia del proceso. Estas modificaciones incluyeron la incorporación de boquillas de bajo caudal y ajustes en la geometría de aspersión del lavador de carcasas, lo que permitió mejorar la cobertura y el impacto del agua sobre la superficie del producto.



***Imagen N° 2 fuente propia de la boquilla arandela modificada del lavador de carcasa***

Previo al inicio de los ensayos experimentales, el caudalímetro utilizado para registrar el flujo de agua fue verificado mediante tecnología de ultrasonido. Esta verificación fue realizada por una empresa externa especializada en ingeniería y calibración de instrumentos, con el objetivo de garantizar la confiabilidad de las mediciones utilizadas durante el estudio.



*Imagen N° 3 fuente propia del momento de la realización de la verificación del caudalímetro del lavador de carcasa*

### **4.3. Población, muestra y unidad de análisis**

La población de estudio estuvo constituida por las carcasas de pollo procesadas en la línea de faena del frigorífico Avícola Capitán Sarmiento. La unidad de análisis correspondió a cada carcasa evaluada antes y después de atravesar el sistema de lavado post-eviscerado.

Para la inspección visual del proceso se consideró un lote de 200 carcasas por minuto de producción, sobre las cuales se evaluó la presencia o ausencia de contaminantes visibles como restos de vísceras, materia fecal, bilis o plumas.



***Imagen N° 4 fuente propia del momento de la realización de la inspección de las carcasas salida del lavador de carcasa***

La determinación del tamaño de muestra se realizó aplicando el estándar de muestreo AQL (Acceptable Quality Level – Límite de Calidad Aceptable), ampliamente utilizado en sistemas de control de calidad industrial. Considerando el tamaño del lote y las características del proceso productivo, se seleccionó el nivel especial de inspección S4.

De acuerdo con este criterio estadístico, se estableció un tamaño de muestra de 13 carcasas cada 200 unidades inspeccionadas. Dentro de estas muestras se incluyeron aquellas carcasas que presentaban signos de contaminación visible, en caso de detectarse, así como muestras testigo que permitieron verificar el cumplimiento de los estándares higiénico-sanitarios del proceso.

Niveles de consideración a tener en cuenta							
Consideración	I	II	III	S1	S2	S3	S4
Cantidad inspeccionada	Medio	Normal	Doble	Pequeño			
Costo de la inspección	Bajo		Alto	Bajo			
Discriminación por defectos	Bajo		Bajo	Mayor			
Riesgo de defectos que se aceptan	Mayor	No destructiva		Destructiva			
Tipo de inspección	Manual			Automático			

Tabla N° 1: fuente propia niveles de consideración a tener en cuenta

Tamaño del lote	Nivel general			Nivel especial			
	Desde - Hasta	I	II	III	S1	S2	S3
2-8	A	A	B	A	A	A	A
9-15	A	B	C	A	A	A	A
16-25	B	C	D	A	A	B	B
26-50	C	D	E	A	B	B	C
51-90	C	E	F	B	B	C	C
91-150	D	F	G	B	B	C	D
151-280	E	G	H	B	C	D	E
281-500	F	H	J	B	C	D	E
501-1.200	G	J	K	C	C	E	F
1.201-3.200	H	K	L	C	D	E	G
3.201-10.00	J	L	M	C	D	E	G
10.001-35.000	K	M	N	C	D	E	H
35.001-150.000	L	N	P	D	E	G	J
150.001-500.000	M	P	Q	D	E	G	J
500.001- y más	N	Q	R	D	E	H	K

Tabla N° 2: fuente propia determinación del muestreo

NIVELES DE ACEPTACIÓN AQL																												
CODIGO	TAMAÑO MUESTREO	0.065		0.1		0.15		0.25		0.4		0.65		1		1.5		2.5		4		6.5		10		15		
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac
A	2																											
B	3																											
C	5																											
D	8																											
E	13																											
F	20																											
G	32																											
H	50																											
J	80																											
K	125																											
L	200																											
M	315																											
N	500																											
P	800																											
Q	1.250																											
R	2.000																											

Tabla N° 3: fuente propia niveles de aceptación de AQL

#### 4.4. Variables y parámetros analizados

El estudio consideró un conjunto de variables operativas, microbiológicas y sensoriales con el fin de evaluar de manera integral la eficacia del sistema de lavado de carcasas.

Entre las variables de operación analizadas se incluyeron el caudal de agua y la presión aplicada en el sistema de duchado. Durante el ensayo se evaluaron diferentes configuraciones operativas que incluyeron caudales de 300 L/min, 150 L/min, 50 L/min, 20 L/min y 10 L/min, combinados con presiones de entre 3 bares y 0,2 bares.

En cuanto al monitoreo microbiológico, se analizaron tres indicadores principales de inocuidad alimentaria:

- Presencia o ausencia de *Salmonella* spp en 25 g. Método VIDAS -SLM

- Recuento de bacterias aerobias mesófilas totales (UFC/g). Método 3M-Petrifilm -AC

- Recuento de Enterobacterias (UFC/g). Método 3M-Petrifilm -EB

Adicionalmente, se evaluaron variables de calidad mediante inspección sensorial de las carcasas, verificando la presencia de contaminantes visibles como restos de vísceras, materia fecal, bilis o plumas.

El conjunto de estas variables permitió analizar simultáneamente la eficacia microbiológica del lavado, la calidad visual del producto y el comportamiento operativo del sistema.

#### 4.5. Procedimiento experimental

El ensayo experimental se desarrolló durante un período de cinco semanas consecutivas de producción, en las cuales se aplicaron diferentes configuraciones de caudal y presión en el sistema de lavado de carcasas.

Durante cada jornada de ensayo se realizaron inspecciones visuales de las carcasas tanto antes de ingresar al lavador como a la salida del mismo, con el objetivo de evaluar la eficacia del proceso en la remoción de contaminantes visibles.

Paralelamente, se efectuaron tomas de muestras microbiológicas en ambos puntos del proceso. Las muestras fueron remitidas al laboratorio de microbiología de la planta para el análisis de indicadores de higiene y detección de patógenos.

El monitoreo del proceso se complementó con el registro continuo de variables operativas mediante el sistema de inteligencia de negocios Power BI, el cual permitió recopilar información en tiempo real sobre caudal y presión de agua durante el funcionamiento del lavador.

La combinación de estos procedimientos permitió generar un conjunto de datos integrados que reflejan el desempeño microbiológico, operativo y sensorial del proceso bajo diferentes condiciones de funcionamiento.

#### **4.6. Procesamiento y análisis de datos**

El análisis de los datos recolectados durante el ensayo se realizó mediante un enfoque de estadística descriptiva y evaluación de cumplimiento normativo.

En primer lugar, se efectuó un análisis comparativo de las variables operativas registradas durante cada semana de ensayo, utilizando la plataforma Power BI para procesar y visualizar los datos de caudal y presión de agua registrados en línea durante la producción.

Posteriormente, estos datos fueron contrastados con los resultados microbiológicos obtenidos en el laboratorio, con el objetivo de evaluar si las distintas configuraciones de caudal y presión permitían mantener los niveles microbiológicos dentro de los límites establecidos por la Resolución 336/2016 del SENASA y el Código Alimentario Argentino.

Dado el carácter aplicado del estudio y su desarrollo en un entorno industrial real, el análisis estadístico se centró en la evaluación del cumplimiento de estándares microbiológicos y en la comparación de tendencias entre los diferentes escenarios de operación.

Asimismo, el uso del estándar de muestreo AQL permitió asegurar que las decisiones operativas derivadas del estudio se basaran en criterios estadísticos aceptados en sistemas de control de calidad industrial, garantizando la confiabilidad de los resultados obtenidos.

## **5. Desarrollo del estudio**

Para llevar a cabo este estudio se llevaron a cabo;

### **5.1. Consideraciones éticas y regulatorias**

El desarrollo de los ensayos de intervención tecnológica se rigió bajo estrictos protocolos de inocuidad alimentaria, garantizando en todo momento que las modificaciones en el sistema de lavado no comprometieran la inocuidad del producto final ni la salud del consumidor.

Todas las pruebas de bajo caudal fueron ejecutadas bajo la supervisión directa del Departamento de Aseguramiento de Calidad del frigorífico, asegurando el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES) y Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP). Asimismo, la integridad de los datos microbiológicos y operativos recolectados se manejó bajo criterios de confidencialidad industrial, con el único fin de aportar evidencia científica para la mejora de los estándares de sustentabilidad en el sector avícola.

Etapas o paso del proceso – materia prima	Peligro a la inocuidad del alimento Biológico-Físico-Químico-Ninguno	IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE PELIGROS - FAENA					Si la Significancia es Media o Alta: ¿qué medidas podrían aplicarse para prevenir, eliminar o reducir el riesgo a un nivel aceptable?	Árbol de decisiones (para significancia 3-alto, 6 y 9)
		Probabilidad 1-2-3	Severidad 1-2-3	Significancia Alto: 3-6-9 Medio: 2-3-4 Bajo: 1	Fundamento			
Lavado Interno y Externo de Carcasas	<b>Biológico</b> <b>A) Microorganismos Patógenos:</b> Salmonella spp <b>B) Microorganismos Indicadores:</b> Aerobios Mesófilos, Enterobacterias	2	3	6	Possible presencia de patógenos a raíz de evisceración defectuosa y contaminación cruzada entre las carcasas durante las operaciones.	Control de caudal y presión de agua por carcasa	1-¿Se puede controlar el peligro significativo a un nivel aceptable en este paso mediante programas de requisitos previos? <b>NO</b> 2-¿Existen medidas de control específicas para el peligro significativo identificado en este paso? <b>SI</b> 3-¿Un paso posterior prevendrá o eliminará el peligro significativo identificado o lo reducirá a un nivel aceptable? <b>NO</b> 4-Puede este paso prevenir o eliminar específicamente el peligro significativo identificado o reducirlo a un nivel aceptable? <b>SI</b> <b>SI ES UN PCC</b>	
Lavado Interno y Externo de Carcasas	<b>Físico</b> Provenientes del proceso: plumas, bilis, ingesta, materia fecal etc	1	2	2	Possible presencia de material extraño peligroso proveniente de las operaciones.	Ajuste de línea de proceso. Mantenimiento Preventivo. Procedimientos Operativos Estandarizados.	No Aplica	
Lavado Interno y Externo de Carcasas	<b>Químico</b> Ninguno						No Aplica	

**Tabla N° 4: fuente propia identificación y análisis de peligro empleado para la etapa de lavador interno y externo de carcasa en el proceso de faena**

## 5.2. Actividades y cronograma



Nombre del Proyecto: Trabajo Final MAGESA  
Fecha de Inicio: Octubre 2025

Días transcurridos:

% de cumplimiento		Referencias	
100%	Realizado	Realizado	Programado
60%-99%	Reprogramado	Reprogramado	No Cumplido
50%-59%			
0%-49%			

ACTIVIDAD	oct-25				nov-25				dic-25			
	S-41	S-42	S-43	S-44	S-45	S-46	S-47	S-48	S-49	S-50	S-51	S-52
<b>1. Observación y Diagnóstico (Establecimiento de Línea Base)</b>												
Se realizó un muestreo de las carcasas lavadas bajo el procedimiento actual para determinar el recuento de aerobios mesófilos, enterobacterias y Salmonella spp. Este es el primer paso del objetivo general.												
<b>2. Desarrollo del Diseño del Nuevo Procedimiento</b>												
Este paso se basa en la normativa internacional e incluyó modificaciones como boquillas de bajo caudal, cambios en la geometría del duchado, y la verificación de caudalímetro.												
<b>3. Implementación y Medición de Consumo de Agua</b>												
Se implementó el nuevo procedimiento de lavado durante un mes completo en ambos turnos diarios de producción.												
Se midió y registró el nuevo consumo de agua por carcasa para cuantificar la reducción hídrica												
<b>4. Verificación Microbiológica (Post-Implementación)</b>												
Se tomaron nuevas muestras de carcasas para verificar que los indicadores microbiológicos (recuento de aerobios mesófilos, enterobacterias y Salmonella spp.) cumplen con la normativa del SENASA y el Código Alimentario Argentino.												
<b>5. Análisis de Datos y Evaluación de Impacto</b>												
Se analizaron los datos de consumo de agua y los resultados microbiológicos utilizando el sistema Power BI. Se comparó la eficacia de los caudales reducidos y se evaluó el impacto económico y ambiental.												

**Tabla N° 5: fuente propia descripción de actividades**

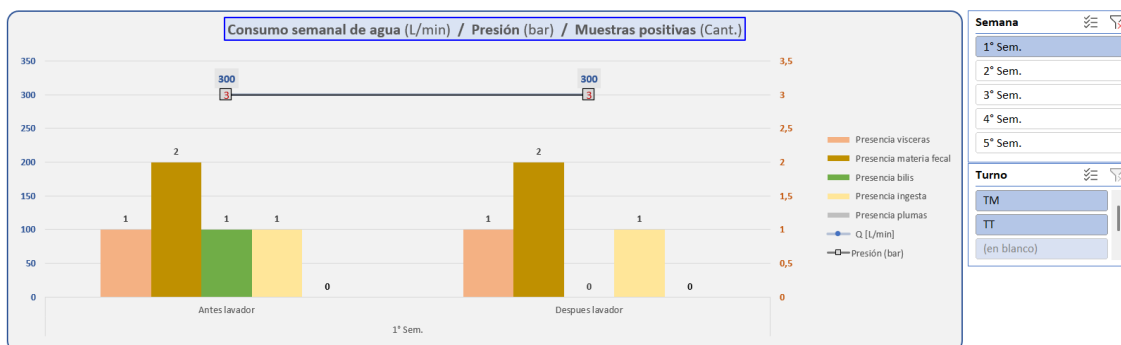
## 5.3. Factibilidad del proyecto

La investigación se realizará en el área de Control de Calidad del frigorífico Avícola Capitán Sarmiento (Grupo GTA). El estudio cuenta con tecnología avanzada, incluyendo un lavador de carcasas europeo, caudalímetro verificado, análisis de datos en Power BI y un laboratorio interno para pruebas microbiológicas.

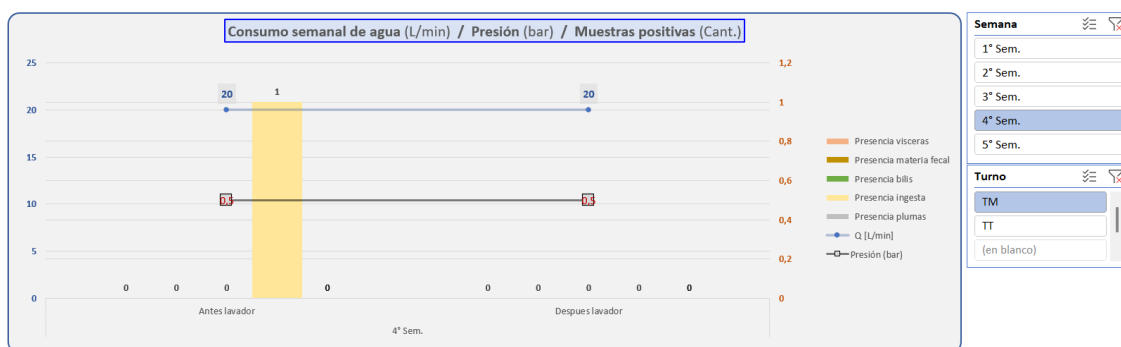
## 6. Resultados

Registro para el muestreo lavador de carcasa													Resultados microbiológicos		
Turno	Día extracción	Lugar muestreo	IMAGEN DE LA	Caudalímetro	Manómetro	Inspección carcasa post lavador					Aerobios mesófilos	Enterobacterias	Salmonella		
			CARCASA	Q (L/min)	bar	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	ufc/g	ufc/g	spp en 25 g		
						visceras	materia fecal	bilis	ingesta	plumas	Max. 500.000 ufc/g	Max. 1.000 ufc/g	USENCIA EN 25		
TM	Lunes	Antes lavador		300	3						37000	1300			
TM	Lunes	Despues lavador		300	3						5100	530			
TT	Lunes	Antes lavador		300	3						25000	800			
TT	Lunes	Despues lavador		300	3						1000	10			
TM	Martes	Antes lavador		300	3						88000	7100			
TM	Martes	Despues lavador		300	3						6200	1000			
TT	Martes	Antes lavador		300	3						41000	2100			
TT	Martes	Despues lavador		300	3						700	10			
TM	Miércoles	Antes lavador		300	3						23000	1900			
TM	Miércoles	Despues lavador		300	3						4200	260			
TT	Miércoles	Antes lavador		300	3						31500	4500			
TT	Miércoles	Despues lavador		300	3						3900	50			
TM	Jueves	Antes lavador		300	3						4000	800			
TM	Jueves	Despues lavador		300	3						1100	20			
TT	Jueves	Antes lavador		300	3						1900	1100			
TT	Jueves	Despues lavador		300	3						900	30			
TM	Viernes	Antes lavador		300	3						22000	1500			
TM	Viernes	Despues lavador		300	3						7400	420			
TT	Viernes	Antes lavador		300	3						3700	1400			
TT	Viernes	Despues lavador		300	3						1020	40			
TM	Lunes	Antes lavador		150	2,5						33000	2500			
TM	Lunes	Despues lavador		150	2,5						3500	200			
TT	Lunes	Antes lavador		150	2,5						27000	1600			
TT	Lunes	Despues lavador		150	2,5						1100	10			
TM	Martes	Antes lavador		150	2,5						19000	900			
TM	Martes	Despues lavador		150	2,5						800	20			
TT	Martes	Antes lavador		150	2,5						40000	3100			
TT	Martes	Despues lavador		150	2,5						500	20			
TM	Miércoles	Antes lavador		150	2,5						17000	1400			
TM	Miércoles	Despues lavador		150	2,5						6300	860			
TT	Miércoles	Antes lavador		150	2,5						55000	2700			
TT	Miércoles	Despues lavador		150	2,5						4000	10			
TM	Jueves	Antes lavador		150	2,5						25000	1900			
TM	Jueves	Despues lavador		150	2,5						200	20			
TT	Jueves	Antes lavador		150	2,5						30000	700			
TT	Jueves	Despues lavador		150	2,5						5200	150			
TM	Viernes	Antes lavador		150	2,5						44000	500			
TM	Viernes	Despues lavador		150	2,5						6000	50			
TT	Viernes	Antes lavador		150	2,5						39000	2200			
TT	Viernes	Despues lavador		150	2,5						5100	50			
TM	Lunes	Antes lavador		50	1,5						52000	1500			
TM	Lunes	Despues lavador		50	1,5						3700	80			
TT	Lunes	Antes lavador		50	1,5						46000	1200			
TT	Lunes	Despues lavador		50	1,5						2900	50			
TM	Martes	Antes lavador		50	1,5						49000	2100			
TM	Martes	Despues lavador		50	1,5						3400	70			
TT	Martes	Antes lavador		50	1,5						43000	900			
TT	Martes	Despues lavador		50	1,5						2200	50			
TM	Miércoles	Antes lavador		50	1,5						36000	1000			
TM	Miércoles	Despues lavador		50	1,5						1600	10			
TT	Miércoles	Antes lavador		50	1,5						41000	600			
TT	Miércoles	Despues lavador		50	1,5						2000	20			
TM	Jueves	Antes lavador		50	1,5						35000	900			
TM	Jueves	Despues lavador		50	1,5						2200	10			
TT	Jueves	Antes lavador		50	1,5						27000	1100			
TT	Jueves	Despues lavador		50	1,5						1900	20			
TM	Viernes	Antes lavador		50	1,5						38000	2400			
TM	Viernes	Despues lavador		50	1,5						3000	60			
TT	Viernes	Antes lavador		50	1,5						31000	1800			
TT	Viernes	Despues lavador		50	1,5						2800	40			
TM	Lunes	Antes lavador		20	0,5						31000	5500			
TM	Lunes	Despues lavador		20	0,5						2100	70			
TT	Lunes	Antes lavador		20	0,5						40000	1100			
TT	Lunes	Despues lavador		20	0,5						2500	190			
TM	Martes	Antes lavador		20	0,5						52100	1700			
TM	Martes	Despues lavador		20	0,5						800	10			
TT	Martes	Antes lavador		20	0,5						2500	1100			
TT	Martes	Despues lavador		20	0,5						800	70			
TM	Miércoles	Antes lavador		20	0,5						31000	1900			
TM	Miércoles	Despues lavador		20	0,5						1000	10			
TT	Miércoles	Antes lavador		20	0,5						28000	1.000			
TT	Miércoles	Despues lavador		20	0,5						3200	30			
TM	Jueves	Antes lavador		20	0,5						25000	2700			
TM	Jueves	Despues lavador		20	0,5						2400	20			
TT	Jueves	Antes lavador		20	0,5						40000	1500			
TT	Jueves	Despues lavador		20	0,5						1900	40			
TM	Viernes	Antes lavador		20	0,5						27000	900			
TM	Viernes	Despues lavador		20	0,5						2000	10			
TT	Viernes	Antes lavador		20	0,5						15000	1020			
TT	Viernes	Despues lavador		20	0,5						800	10			
TM	Lunes	Antes lavador		10	0,2						55000	10000			
TM	Lunes	Despues lavador		10	0,2						38000	4800			
TT	Lunes	Antes lavador		10	0,2						21000	7100			
TT	Lunes	Despues lavador		10	0,2						19000	2200			
TM	Martes	Antes lavador		10	0,2						37000	4900			
TM	Martes	Despues lavador		10	0,2						2500	700			
TT	Martes	Antes lavador		10	0,2						43000	5100			
TT	Martes	Despues lavador		10	0,2						25000	2800			
TM	Miércoles	Antes lavador		10	0,2						31000	3300			
TM	Miércoles	Despues lavador		10	0,2						5000	1500			
TT	Miércoles	Antes lavador		10	0,2						48000	4000			
TT	Miércoles	Despues lavador		10	0,2						19000	2100			
TM	Jueves	Antes lavador		10	0,2						37000	5500			
TM	Jueves	Despues lavador		10	0,2						17000	900			
TT	Jueves	Antes lavador		10	0,2						39000	7100			
TT	Jueves	Despues lavador		10	0,2						16000	1500			
TM	Viernes	Antes lavador		10	0,2						45000	3100			
TM	Viernes	Despues lavador		10	0,2						22000	1800			
TT	Viernes	Antes lavador		10	0,2						51000	9000			
TT	Viernes	Despues lavador		10	0,2						45000	2000			

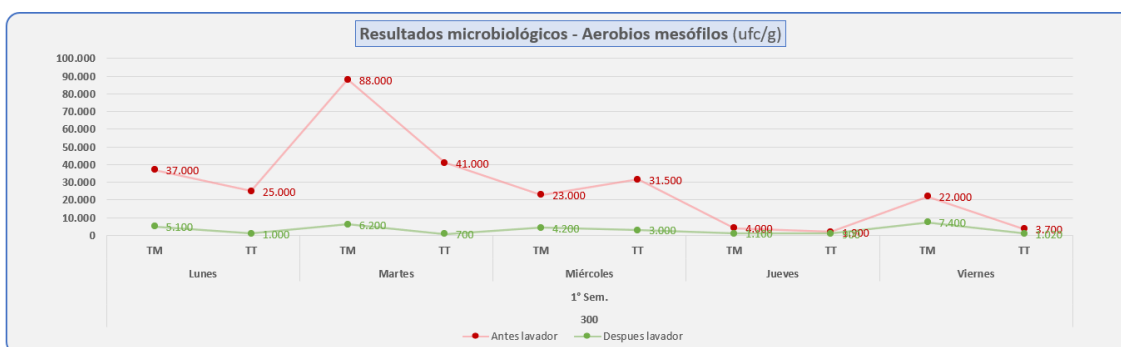
Tabla N° 6: fuente propia registro resultados del ensayo



**Gráfico N° 1: fuente propia resultado de inspección visual en carcasa entrada y salida lavador de carcasa, semana del 27/10/25 al 31/10/2025 con 300 L/min y 3.5 bares de presión**



**Gráfico N° 2: fuente propia resultado de inspección visual en carcasa entrada y salida del lavador de carcasa, semana del 17/11/2025 al 21/11/2025 con 20 L/min y 0.5 bares de presión**



**Gráfico N° 3: fuente propia resultados microbiológicos para recuento de Aerobios Mesófilos totales en UFC/g en carcasa de pollo entrada y salida del lavador, semana del**

27/10/2025 al 31/10/2025 con 300 L/min y 3.5 bares de presión

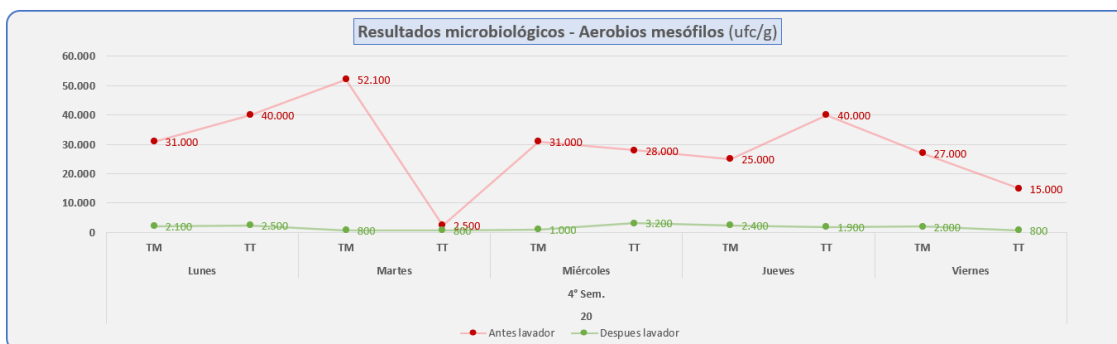


Gráfico N° 4: fuente propia resultados microbiológicos para recuento de Aerobios Mesófilos totales en UFC/g en carcasa de pollo entrada y salida del lavador, semana del 27/10/2025 al 31/10/2025 con 20 L/min y 0.5 bares de presión

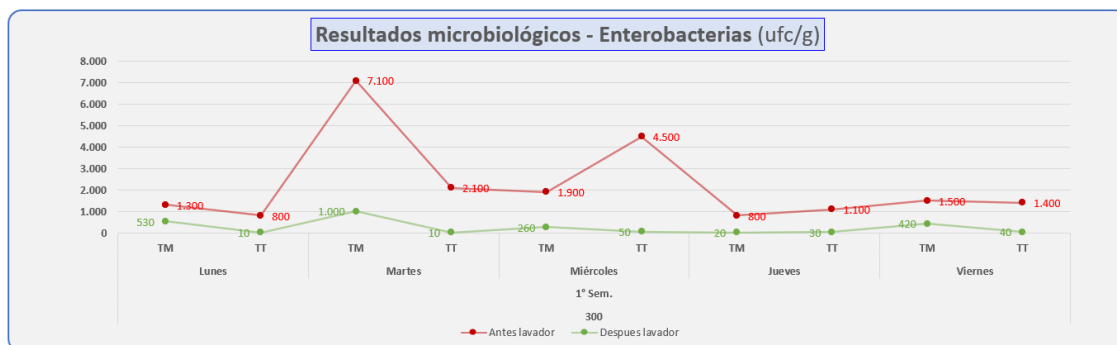


Gráfico N° 5: fuente propia resultados microbiológicos para recuento de Enterobacterias UFC/g en carcasa de pollo entrada y salida del lavador, semana del 27/10/2025 al 31/10/2025 con 300 L/min y 3.5 bares de presión

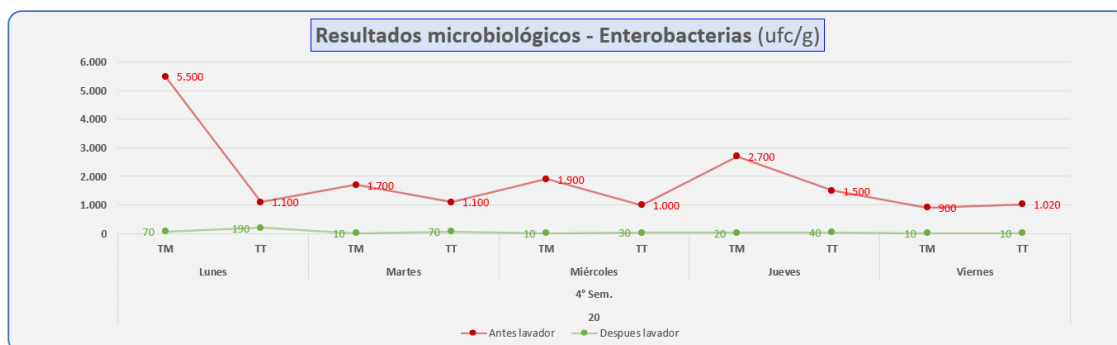
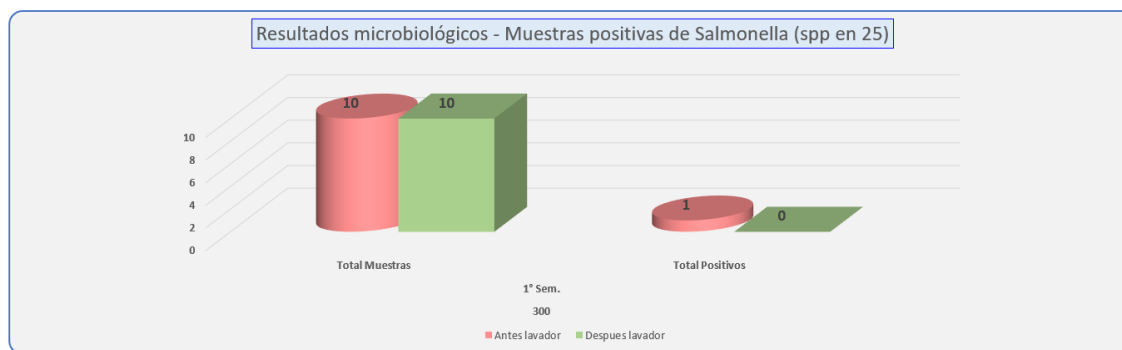
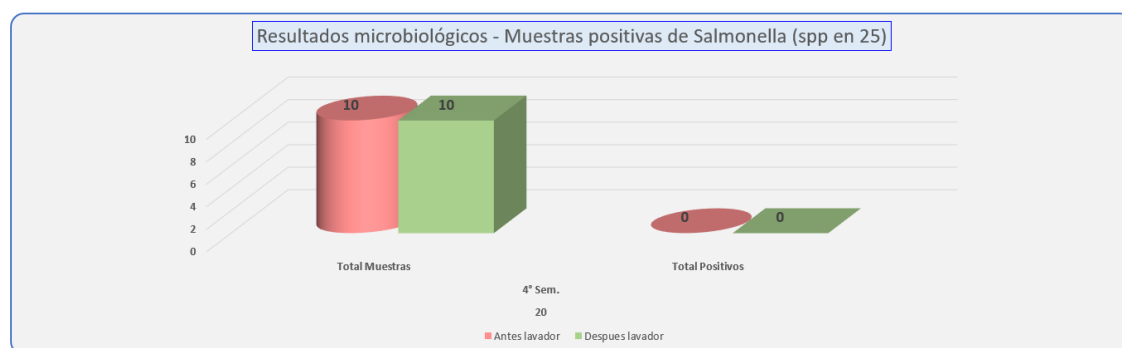


Gráfico N° 6: fuente propia resultados microbiológicos para recuento de Enterobacterias UFC/g en carcasa de pollo entrada y salida del lavador, semana del 27/10/2025 al 31/10/2025 con 20 L/min y 0.5 bares de presión



**Gráfico N° 7: fuente propia resultados microbiológicos para Salmonella spp. en carcasa de pollo entrada y salida del lavador, semana del 27/10/2025 al 31/10/2025 con 300 L/min y 3.5 bares de presión**



**Gráfico N° 8: fuente propia resultados microbiológicos para Salmonella spp. en carcasa de pollo entrada y salida del lavador, semana del 17/11/2025 al 21/11/2025 con 20 L/min y 0.5 bares de presión**

Los ensayos realizados en la planta de Capitán Sarmiento demostraron que la reconfiguración del sistema de lavado mediante la instalación de boquillas de abanico plano y la optimización de la geometría de aspersión permitió una reducción del consumo hídrico mayor a 200 L/min.

Desde el punto de vista microbiológico, los análisis de Enterobacterias y Mesófilos totales post-lavado no mostraron diferencias estadísticamente significativas en orden de magnitud en comparación con el método convencional de alto caudal. Esto confirma que el nuevo diseño mantiene la eficacia de remoción mecánica de la carga orgánica y bacteriana, cumpliendo con los estándares de inocuidad requeridos para el

proceso de faena, pero con una huella hídrica notablemente menor.

La eficacia observada en este estudio se explica por la transición de un modelo de "lavado por volumen" a uno de "lavado por impacto y cobertura". Al utilizar boquillas de precisión, se incrementó la energía cinética del agua sobre la superficie de la carcasa, lo que compensó la reducción del volumen total.

Comparación con estudios previos:

Bustos-Vanegas (2018): Al igual que en sus investigaciones, este trabajo confirma que las boquillas de bajo caudal son herramientas críticas para la optimización. Sin embargo, mientras Bustos-Vanegas se centra en la mecánica del fluido, este estudio integra la variable de "Eco-Inocuidad" adaptada a una línea de faena de alta velocidad.

Carvalho (2019): Los resultados coinciden con los hallazgos en frigoríficos brasileños sobre el potencial de ahorro. No obstante, este trabajo avanza un paso más allá de la propuesta de Carvalho al no solo proponer ahorro, sino validar la inocuidad microbiológica bajo las condiciones ambientales propias de la región pampeana.

Gómez-López (2020): La aplicación de un enfoque basado en la turbulencia y precisión que sugiere Gómez-López se ve reflejada aquí. La diferencia radica en que este estudio traduce esa teoría física a una aplicación práctica e industrial inmediata en el contexto sudamericano.

Aporte original y contexto local: A diferencia de la bibliografía internacional consultada, este estudio aporta un valor crítico para la industria nacional: la viabilidad normativa en el contexto argentino. Mientras que los estudios de Gómez-López o Carvalho operan bajo marcos regulatorios europeos o brasileños, esta investigación demuestra que es posible desafiar la interpretación tradicional de la normativa de SENASA (Decreto 4238). El aporte fundamental es la evidencia de que la inocuidad no depende de la cantidad de agua (litros/carcasa), sino de la gestión tecnológica del recurso, abriendo la puerta a una actualización de las políticas públicas locales basadas en resultados y

no en parámetros fijos de consumo.

### **6.1. Matriz de riesgo de inocuidad**

De los resultados anteriormente mencionados surge la siguiente matriz que permite demostrar que la inocuidad no depende del volumen bruto de agua, sino de la eficacia de la remoción mecánica y el control microbiológico.

La asignación de niveles de probabilidad y severidad se realizó en función de los resultados microbiológicos obtenidos, la inspección sensorial y el cumplimiento de los límites establecidos por la Resolución 336/2016 del SENASA.

Tal como se observa en la Tabla 7, los recuentos microbiológicos post-lavado no presentan incrementos significativos bajo el protocolo optimizado.

Mientras que el riesgo sanitario permanece en niveles aceptables en ambos protocolos, el riesgo ambiental se reduce significativamente en el escenario de bajo caudal, lo que posiciona al protocolo optimizado como superior desde un enfoque de gestión integral del riesgo.

Etapa del proceso	Peligro identificado	Tipo de peligro	Medida de control	Escenario evaluado	P	S	NR	Nivel de riesgo	Justificación técnica
Lavado post-eviscerado	Contaminación fecal superficial	Biológico	Lavado con agua potable a presión	<b>Protocolo convencional</b> (1,5 L/carcasa – Reglamento 4238)	1	3	3	Medio	El alto volumen de agua reduce eficazmente la carga superficial, aunque con elevado consumo hídrico.
Lavado post-eviscerado	Contaminación fecal superficial	Biológico	Lavado con boquillas de bajo caudal y geometría optimizada	<b>Protocolo optimizado</b> ( $\leq$ 0,5 L/carcasa)	1	3	3	Medio	Los resultados microbiológicos demostraron equivalencia en la reducción de Aerobios Mesófilos y Enterobacterias.
Lavado post-eviscerado	Presencia de Salmonella spp.	Biológico	Remoción mecánica + control del proceso	Protocolo convencional	1	3	3	Medio	Cumple con Resolución SENASA 336/2016 (ausencia).
Lavado post-eviscerado	Presencia de Salmonella spp.	Biológico	Remoción mecánica optimizada	Protocolo optimizado	1	3	3	Medio	No se detectó Salmonella spp. en ninguna de las semanas de ensayo.
Lavado post-eviscerado	Arrastre de contaminación cruzada	Biológico	Caudal continuo sin control dinámico	Protocolo convencional	2	3	6	Alto	El exceso de agua puede favorecer la redistribución de materia orgánica entre carcasas.
Lavado post-eviscerado	Arrastre de contaminación cruzada	Biológico	Duchado dirigido, menor volumen y mayor impacto	Protocolo optimizado	1	3	3	Medio	La reducción de volumen disminuye el arrastre sin afectar la remoción.
Lavado post-eviscerado	Ineficiencia en remoción de suciedad visible	Operativo	Alto caudal – baja precisión	Protocolo convencional	1	2	2	Bajo	Cumple visualmente, pero con bajo rendimiento hídrico.
Lavado post-eviscerado	Ineficiencia en remoción de suciedad visible	Operativo	Alta precisión – mayor energía cinética	Protocolo optimizado	1	2	2	Bajo	Inspecciones visuales confirmaron ausencia de bilis, materia fecal y restos viscerales.
Lavado post-eviscerado	Consumo excesivo de agua	Ambiental	Parámetro fijo de volumen	Protocolo convencional	3	2	6	Alto	Alto impacto ambiental y costos elevados de efluentes.
Lavado post-eviscerado	Consumo excesivo de agua	Ambiental	Gestión por desempeño	Protocolo optimizado	1	2	2	Bajo	Reducción >50 % del consumo sin impacto microbiológico.

**Tabla N° 7: fuente propia matriz de riesgo de inocuidad lavador de carcasas**

La matriz de riesgo evidencia que el nivel de riesgo sanitario se mantiene controlado y aceptable en ambos protocolos, confirmando que la inocuidad microbiológica no depende exclusivamente del volumen de agua utilizado. Sin embargo, el protocolo optimizado presenta una mejora significativa en los riesgos ambientales y operativos, reduciendo el impacto hídrico sin incrementar la probabilidad ni la severidad de peligros biológicos.

En términos de Eco-Inocuidad, el enfoque basado en impacto y cobertura demuestra ser superior al modelo tradicional basado en volumen, permitiendo una transición desde un control normativo rígido hacia un sistema de gestión de riesgos basado en desempeño microbiológico, alineado con los principios HACCP e ISO 22000.

Por lo antes expuesto, la hipótesis planteada ha sido satisfactoriamente comprobada.

## **7. Discusión y propuesta**

Si bien los resultados demuestran la viabilidad de reducir el caudal, debe considerarse que el ensayo se realizó sobre carcasas de 1 kg de peso promedio. Futuras investigaciones podrían validar estos parámetros en carcasas de mayor tamaño. La implementación exitosa de este protocolo en el frigorífico Avícola Capitán Sarmiento sienta un precedente de alta aplicabilidad para otras plantas de faena del sector avícola nacional que busquen optimizar su estructura de costos y reducir su impacto ambiental. Desde una perspectiva regulatoria, los datos obtenidos proporcionan la evidencia científica necesaria para que el SENASA considere una revisión del Decreto 4238/68, permitiendo la transición de un estándar rígido de volumen (1,5 litros por carcasa) hacia un modelo de desempeño basado gestión de riesgos y eficiencia tecnológica. Finalmente, este trabajo abre líneas futuras de investigación orientadas a la integración de sistemas de lavado post eviscerado más eficiente, profundizando el

camino hacia una industria cárnica argentina plenamente sustentable y competitiva en mercados internacionales.

## 8. Bibliografía

Bustos-Vanegas, J. D. et al. (2018). Optimización del lavado de canales avícolas mediante boquillas de bajo caudal. *Revista Ingeniería Agrícola*.

Carvalho, R. et al. (2019). *Water Reuse Systems in Brazilian Slaughterhouses*. FAO Technical Report.

Código Alimentario Argentino. (s.f.). Capítulo 6: Normas para el rotulado y publicidad de los alimentos. Recuperado el 28 de septiembre de 2025, de [https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/marco/CAA/Capitulo\\_06.htm](https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/marco/CAA/Capitulo_06.htm)

Gómez-López, V. M. (2020). Water Efficiency in Poultry Processing: A Turbulence-Based Approach. *Journal of Food Engineering*.

INTI. (2021). Informe de asistencia técnica. Recuperado el 05 de octubre de 2025.

SENASA. (1968). Reglamento de inspección de productos, subproductos y derivados de origen animal (Reglamento N.º 4238). <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-4238-1968-218>

SENASA. (2016). Parámetros microbiológicos para las carnes de aves, huevos, ovoproductos, especies menores y productos de la caza (Resolución 336/2016). Recuperado el 05 de octubre de 2025, de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-336-2016-263092/texto>