

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



■ **Por Luciano David Ortiz**

■ Luciano David Ortiz | Licenciado en Tecnología de los Alimentos. Especialista en Producción Avícola. Magíster en Gestión de la Seguridad Alimentaria (ISALUD). Jefe de Calidad de Avícola Capitán Sarmiento, Grupo Granja Tres Arroyos.

■ Director: Mag. Leonardo Mascitelli. Jurados: Mg. Ana María López (interno), Esp. Hugo Palópoli (interno) y Mg. Juan Alberto Dotta (externo).

Resumen

El presente trabajo analiza el desarrollo y la implementación de un procedimiento de lavado de carcasas post-eviscerado más eficiente y sustentable en el frigorífico Avícola Capitán Sarmiento, provincia de Buenos Aires, perteneciente al Grupo GTA. El estudio aborda la tensión existente entre el cumplimiento de los estándares de inocuidad alimentaria exigidos por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) y la necesidad de reducir el consumo hídrico asociado a esta etapa crítica del proceso de faena avícola.

La normativa vigente -Decreto 4238 del SENASA, capítulo XX, ítem 20.4.5- establece un caudal mínimo obligatorio de 1,5 litros de agua por carcasa en el lavado post-eviscerado. Este requerimiento, si bien garantiza la cobertura superficial del producto, conlleva un consumo hídrico elevado que genera impacto ambiental significativo y costos operativos considerables. En el

caso particular de Avícola Capitán Sarmiento, que procesa aproximadamente 12.000 aves por hora, el volumen de agua utilizado asciende a cifras que comprometen la sustentabilidad del proceso.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo aplicado, con un diseño descriptivo-comparativo y con intervención tecnológica en condiciones reales de producción (tabla 1). Durante cinco semanas consecutivas se evaluaron diferentes combinaciones de caudal y presión de agua por debajo del mínimo normativo, mediante la incorporación de boquillas de bajo caudal y la optimización de la geometría de aspersión del lavador. Se probaron configuraciones de 300, 150, 50, 20 y 10 litros por minuto, combinadas con presiones de entre 3 y 0,2 bares (tabla 2)

La determinación del tamaño muestral se realizó aplicando el estándar de muestreo AQL (Acceptable Quality Level), con nivel especial de inspección S4, lo que resultó

en 13 carcasas evaluadas por cada 200 unidades inspeccionadas. Se realizaron muestreos microbiológicos antes y después del lavado, analizando tres indicadores principales: recuento de Aerobios Mesofilos totales (Método 3M-Petrifilm AC), recuento de Enterobacterias (Método 3M-Petrifilm EB) y presencia o ausencia de *Salmonella* spp. en 25 g (Método VIDAS-SLM). Asimismo, se realizaron inspecciones sensoriales para evaluar la presencia de contaminantes visibles como bilis, materia fecal, restos viscerales y plumas. El monitoreo de variables operativas fue efectuado en tiempo real mediante la plataforma de inteligencia de negocios Power BI, con previa verificación del caudalímetro por ultrasonido, realizada por una empresa externa de ingeniería.

Los resultados microbiológicos demostraron que la reducción significativa del caudal de agua permi-

te mantener los estándares exigidos por la Resolución 336/2016 del SENASA sin comprometer la inocuidad del producto. Las configuraciones de 20 L/min a 0,5 bares de presión, con boquillas de abanico plano, mantuvieron recuentos de Aerobios Mesofilos y Enterobacterias dentro de los límites reglamentarios (máximo 500.000 UFC/g y 1.000 UFC/g respectivamente) y registraron ausencia de *Salmonella* spp. en la totalidad de las semanas de ensayo. La reducción del consumo hídrico superó el 50% en relación al protocolo convencional, lo que implicaría un ahorro proyectado de hasta 15.000 litros de agua por hora de producción (tabla 3).

Únicamente la configuración de 10 L/min a 0,2 bares mostro resultados microbiológicos con mayor variabilidad, presentando recuentos que en algunos casos superaron los límites normativos, especialmente para En-

Tabla 1. Diseño experimental y variables evaluadas

Elemento	Descripción
Enfoque	Cuantitativo aplicado
Diseño	Descriptivo-comparativo con intervención tecnológica en condiciones reales de producción
Duración	5 semanas consecutivas
Configuraciones	300, 150, 50, 20 y 10 L/min; presiones entre 3 y 0,2 bar
Muestreo	AQL, nivel especial S4; 13 carcasas por cada 200 unidades inspeccionadas
Indicadores microbiológicos	Aerobios mesófilos, Enterobacterias y <i>Salmonella</i> spp.
Evaluación adicional	Inspección sensorial de bilis, materia fecal, restos viscerales y plumas
Monitoreo operativo	Caudal y presión mediante Power BI; caudalímetro verificado por ultrasonido

Tabla 2. Comparación de las principales condiciones operativas

Condición	Caudal	Presión	Resultado/interpretación
Convencional	300 L/min	3,5 bar	Protocolo de referencia
Reducción moderada	150 L/min	2,5 bar	Alternativa intermedia evaluada
Reducción significativa	50 L/min	1,5 bar	Alternativa de menor caudal evaluada
Optimizada	20 L/min	0,5 bar	Configuración seleccionada; mantuvo los parámetros microbiológicos dentro de los límites
No viable	10 L/min	0,2 bar	Mayor variabilidad; en algunos casos superó límites, especialmente Enterobacterias

terobacterias. Esta configuración fue descartada como opción viable para su implementación rutinaria, lo que confirma la existencia de un umbral crítico por debajo del cual la eficacia de remoción se ve comprometida.

Desde el punto de vista teórico, la eficacia observada se explica por la transición de un modelo de lavado por volumen hacia uno basado en impacto y cobertura. La turbulencia generada por las boquillas de precisión incrementa las fuerzas de corte (shear stress) sobre la superficie de la carcasa, favoreciendo el desprendimiento de materia orgánica, biofilms y microorganismos adheridos. Este principio físico sustenta la hipótesis central del trabajo: la eficacia del lavado depende principalmente de la tecnología aplicada y de la dinámica del fluido, más que del volumen total de agua utilizado.

Para evaluar de manera integral los riesgos asociados a ambos protocolos, se construyó una matriz de riesgo de inocuidad basada en los resultados del ensayo. La matriz evidenció que el nivel de riesgo sanitario se mantiene controlado y equivalente en ambos escenarios, mientras que el riesgo ambiental se reduce significativamente con el protocolo optimizado. El protocolo convencional presentó un riesgo Alto asociado al consumo excesivo de agua y al potencial de arrastre de contaminación cruzada entre carcasas por exceso de volumen, mientras que el protocolo optimizado redujo ambos factores a niveles Medio y Bajo respectivamente.

El concepto de Eco-Inocuidad emerge de este análisis como un nuevo paradigma de gestión integrada del riesgo alimentario, que optimiza simultáneamente la remoción de peligros microbiológicos y el uso eficiente de recursos ambientales mediante tecnologías de precisión. Este enfoque representa una evolución desde un modelo de control normativo rígido hacia un sistema de gestión proactiva y sustentable, alineado con los principios del sistema HACCP y la norma ISO 22000.

Los hallazgos de este trabajo aportan evidencia científica local con relevancia tanto práctica como normativa. Desde la perspectiva operativa, la implementación del protocolo optimizado redujo los costos asociados al consumo de agua y al tratamiento de efluentes, mejorando la eficiencia económica y el desempeño ambiental de la planta. Desde la perspectiva regulatoria, los datos obtenidos proporcionan fundamento empírico para que el SENASA considere una revisión del Decreto 4238/68, posibilitando la transición de un estándar rígido basado en volumen (1,5 litros por carcasa) hacia un modelo de desempeño sustentado en resultados microbiológicos y eficiencia tecnológica (tabla 4).

El estudio presenta algunas limitaciones que merecen consideración. El ensayo fue realizado sobre carcasas de 1 kg de peso promedio, correspondiente al perfil de producción orientado a exportación de la planta analizada. Futuras investigaciones deberían validar los parámetros óptimos en carcasas de mayor gramaje y en

Tabla 3. Resultados clave de inocuidad y eficiencia

Indicador	Protocolo optimizado (20 L/min; 0,5 bar)	Conclusión
Aerobios mesófilos	Dentro del límite reglamentario (≤ 500.000 UFC/g)	Sin compromiso de la inocuidad
Enterobacterias	Dentro del límite reglamentario (≤ 1.000 UFC/g)	Sin compromiso de la inocuidad
Salmonella spp.	Ausencia en la totalidad de las semanas de ensayo	Criterio microbiológico cumplido
Consumo hídrico	Reducción superior al 50% respecto del protocolo convencional	Mejora significativa de eficiencia hídrica
Ahorro proyectado	Hasta 15.000 L/h	Impacto ambiental y operativo favorable

Tabla 4. Cumplimiento de los objetivos de la investigación

Objetivo	Resultado obtenido	Estado
Establecer la línea de base microbiológica e hídrica	Se caracterizaron condiciones convencionales y se monitorearon variables microbiológicas y de proceso	Alcanzado
Desarrollar alternativas de optimización	Se evaluaron distintas combinaciones de caudal y presión	Alcanzado
Implementar y evaluar alternativas	Ensayo en condiciones reales durante cinco semanas	Alcanzado
Seleccionar el procedimiento óptimo	Se seleccionó 20 L/min y 0,5 bar con boquillas de abanico plano	Alcanzado
Formalizar el protocolo y evaluar el impacto	Se definió un protocolo optimizado y se estimó su impacto hídrico, económico y ambiental	Alcanzado

plantas con diferentes velocidades de línea. Asimismo, sería valioso extender el periodo de observación para evaluar la consistencia de los resultados a lo largo de distintas estaciones del año y bajo variaciones en las condiciones ambientales de la planta de faena.

En perspectiva, la implementación exitosa de este protocolo 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. El trabajo abre, además, líneas futuras de investigación orientadas a la integración de sistemas de monitoreo en línea más avanzados, la evaluación de tecnologías complementarias de intervención antimicrobiana de bajo impacto, y el análisis

del ciclo de vida completo del agua en el proceso de faena avícola, contribuyendo al desarrollo de una industria cárnica argentina plenamente sustentable y competitiva en mercados internacionales. 

Palabras clave: inocuidad alimentaria; eficiencia hídrica; lavado de carcasas; industria avícola; sustentabilidad; Eco-Inocuidad; SENASA.

La versión completa de este trabajo está disponible en la Biblioteca de la Universidad o haciendo click el siguiente link: <http://rid.isalud.edu.ar/handle/1/3589>

Referencias bibliográficas

- Bustos-Vanegas JD 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 VI: Carnes y derivados*. Buenos Aires, Ministerio de Salud de la Nación.
- Gomez-Lopez VM (2020): *Water Efficiency in Poultry Processing: A Turbulence-Based Approach*. Journal of Food Engineering.
- INTI (2021): *Informe de asistencia técnica: análisis de ciclo de vida de la carne de pollo*. Buenos Aires, Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- SENASA (1968): *Reglamento de inspección de productos, subproductos y derivados de origen animal (Decreto N. 4238)*. Buenos Aires, Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria.
- SENASA (2016): *Parámetros microbiológicos para las carnes de aves, huevos, ovoproductos, especies menores y productos de la caza (Resolución 336/2016)*. Buenos Aires, Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria.