

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EVALUACIÓN DEL USO DE ÁCIDO ACÉTICO PARA LA REDUCCIÓN DE
MICROORGANISMOS INDICADORES Y PATÓGENOS EN CANALES DE
PORCINOS**

POR:

ERLIN MAURICIO GRANADOS MEDRANO

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

MAYO, 2025

EVALUACIÓN DEL USO DE ÁCIDO ACÉTICO PARA LA REDUCCIÓN DE
MICROORGANISMOS INDICADORES Y PATÓGENOS EN CANALES DE
PORCINOS

POR:

ERLIN MAURICIO GRANADOS MEDRANO

KEYSI PATRICIA DÍAZ AGUILERA *M.S.c.*

Asesor principal

TESIS

PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
TECNOLOGÍA ALIMENTARIA

CATACAMAS

OLANCHO

MAYO, 2025

ACTA DE SUSTENTACIÓN

DEDICATORIA

Mi dedicación primeramente a **Dios todo poderoso**, por siempre brindarme la salud necesaria, la sabiduría, fortaleza, entendimiento y poder guiar mi camino para poder concretar una etapa más en mi vida de formación profesional.

A mis padres **Teresa de Jesús Medrano** y **José Edilberto Granados**, por ser mi mayor fuente de apoyo incondicional a lo largo de mi vida, por ser mis pilares fundamentales para cada uno de mis propósitos y logros, también por inculcarme siempre, sus valores y principios en mi formación como persona.

A mi hermano mayor **Edil Emanuel Granados**, por ser uno de mis ejemplos y motivación a seguir con cada propósito planteado en mi vida; a mi hermana y hermano menor, **Yexenia Guadalupe Granados** y **Dario Rafael Granados**, por ser parte fundamental de mi vida y apoyo motivacional.

A mis abuelos **Rodolia Melendes** y **Lazaro Medrano**, por sus palabras, consejos y su apoyo motivacional que me fortalecieron para ser una mejor persona cada día; a mis tías **Patricia Medrano** y **Adelina Hernández**, quienes fueron parte de mi motivación y apoyo esencial para encaminar e impulsar cada uno de sueños y metas de manera personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

A **Dios todo poderoso**, por ser mi pilar, fortaleza y guía en cada uno de mis pasos y forjar mi vida como persona, brindándome la salud, la sabiduría y el entendimiento para avanzar con cada momento de dificultad que se ha presentado a lo largo de mi formación profesional.

A mis padres **Teresa de Jesús Medrano** y **José Edilberto Granados**, por todo ese apoyo incondicional que me han brindado siempre a lo largo de mi vida, gracias por absolutamente todo, **los amo**.

A mis asesores **M.Sc. Keysi Patricia Díaz**, **Dra. Nelys Ethelvina Herrera** y **M.Sc. Alba Julia Muñoz** por brindarme todo su apoyo y colaboración requerida para que esto fuera posible.

A mis amigos con quienes he compartido a lo largo de estos años, apoyándome en los momentos buenos y malos, brindándome tanto su cariño, así como también sus conocimientos, **Rosa Velásquez**, **Merlin Cruz**, **Martha Diaz**, **Allen Maldonado** y **Daniela Pacheco**; también a mi compañera **María Borjas**; a ellos, gracias por todo.

A mi alma mater, la **Universidad Nacional de Agricultura** por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de formarme y prepararme cada día en mi vida profesional, mediante su lema, el aprender haciendo.

CONTENIDO

	Pág.
ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
CONTENIDO	iv
LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE ANEXOS.....	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1. Generalidades	4
3.2. Consumo de carne porcina.....	4
3.3. Inocuidad en la industria cárnica.....	6
3.4. Sistema HACCP	6
3.4.1. Aplicación de Sistema HACCP	7
3.5. Canales de porcinos	8
3.6. Microorganismos presentes en las canales de cerdo.....	9
3.6.1. Aerobios mesófilos	10
3.6.2. <i>Escherichia coli</i>	10
3.6.3. <i>Salmonella spp</i>	11
3.6.4. <i>Listeria monocytogenes</i>	11
3.7. Fuentes de contaminación microbiana en canales	13

3.8.	Ácidos orgánicos en la industria cárnica	14
3.9.	Ácido acético.....	15
3.10.	Aplicación de ácido acético en las canales porcinas.....	16
3.11.	Efectos del ácido acético	18
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	19
4.1.	Ubicación del estudio.....	19
4.2.	Materiales y equipo	19
4.3.	Metodología	21
4.3.1.	Etapa I: Revisión de HACCP	22
4.3.2.	Etapa II: Preparación de canales y aplicación de ácido acético	22
4.3.3.	Etapa III: Proceso de muestreo microbiológico	27
4.3.4.	Etapa IV: Procesamiento de muestras	29
4.4.	Variables	32
4.4.1.	Variables Dependientes.....	32
4.4.2.	Variables Independientes.....	32
4.5.	Diseño experimental.....	32
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
5.1.	Actualización del Manual HACCP de la Cosecha de Cerdos.....	34
5.2.	Resultado de análisis de bacterias aerobias mesófilas.....	36
5.3.	Resultado de análisis de <i>Escherichia coli</i>	37
5.4.	Resultados de análisis de <i>Salmonella spp.</i>	39
5.5.	Resultados de análisis de <i>Listeria monocytogenes</i>	41
VI.	CONCLUSIONES.....	42
VII.	RECOMENDACIONES.....	43
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	44
	ANEXOS	50

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Límites permitidos de criterios microbiológicos en carne porcina.....	12
Tabla 2. Ficha técnica de ácido acético.	16
Tabla 3. Descripción de materiales, equipo y reactivos.	20
Tabla 4. Volumen de ácido acético empleado para cada tratamiento en 5 litros de agua ...	24
Tabla 5. Límites de criterios microbiológicos y condiciones de crecimiento.	30
Tabla 6. Diseño experimental de los tratamientos de ácido acético.	33
Tabla 7. Actualizaciones realizadas al manual HACCP de la cosecha de cerdos.	34
Tabla 8. Cinco pasos preliminares del manual HACCP de la cosecha de cerdos.	35
Tabla 9. Entes regulatorios consultados para actualización del Principio 1 y PCC del manual de la cosecha de cerdos.....	35
Tabla 10. Recuento de bacterias aerobias mesófilas.	36
Tabla 11. Recuento de escherichia coli	38
Tabla 12. Interpretación de resultados para Salmonella	40
Tabla 13. Interpretación de resultados para Listeria monocytogenes.....	41

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Gráfico sobre principales países con mayor consumo de carne porcina.....	5
Figura 2. Mapa de ubicación del LCC y Laboratorio de Microbiología de Alimento en la UNAG.....	19
Figura 3. Esquema de las etapas de investigación.....	21
Figura 4. Gráfico de recuento y reducción total de bacterias aerobias mesófilas.	37
Figura 5. Gráfico de recuento y reducción total de Escherichia coli.....	39

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Capacitación al personal operativos del LCC.....	50
Anexo 2. Diapositivas de la capacitación impartida sobre el procedimiento de aplicación.	50
Anexo 3. Hoja de formato de registro y listado de personas capacitadas en el LCC.....	51
Anexo 4. Ficha de registro de intervención antimicrobiana.....	51
Anexo 5. Aplicación del ácido acético.	52
Anexo 6. Realización de toma de muestra de muestras en canales.	52
Anexo 7. Caldos de enriquecimiento y agar para cultivo de muestras en medio tradicional.	53
Anexo 8. Procesamiento de las muestras en laboratorio de microbiología de alimentos. ...	53

Granados Medrano, E.M. (2025). Evaluación del uso de ácido acético para la reducción de microorganismos indicadores y patógenos en canales de porcinos. Tesis Ing. en Tecnología Alimentaria, Facultad de Ciencias Tecnológica, Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras.

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó el uso de ácido acético como intervención antimicrobiana para la reducción de microorganismos indicadores y patógenos en canales de porcinos, en el Laboratorio de Ciencias de la Carne de la Universidad Nacional de Agricultura. La investigación se desarrolló en cuatro etapas; como primera etapa se realizó la revisión del manual HACCP. Como segunda etapa, la preparación de las canales y la aplicación de ácido acético. Se evaluaron tres tratamientos con diferentes concentraciones (T1 2.5%, T2 2.0% y T3 1.5%), y un tratamiento control (T-control), sin aplicación de ácido acético. Aplicados mediante aspersión, con cinco repeticiones por tratamiento, evaluando un total de 20 canales seleccionadas aleatoriamente. En la tercera etapa se realizaron muestreos microbiológicos antes y después de cada aplicación, y tras 24 horas de almacenamiento. En el tratamiento control, los muestreos se efectuaron después del lavado con agua y tras 24 horas de almacenamiento. En la etapa cuatro, en el procesamiento de las muestras, se evaluaron bacterias aerobias mesófilas y *Escherichia coli*, medidas en Log UFC/cm², y se determinó la presencia o ausencia de *Salmonella* y *Listeria monocytogenes*, conforme a normas internacionales. Los resultados mostraron que el tratamiento T3 fue el más efectivo en la reducción de bacterias aerobias mesófilas, con una concentración de 1.5% de ácido acético, logro una disminución de 2,04 Log UFC/cm², Mientras que el tratamiento T1 (2.5%) logro una mayor reducción de *E. coli*, con una disminución total de 1,48 Log UFC/cm², superando a los tratamientos T2 y T3. En todos los tratamientos con ácido acético se lo logro la reducción de hasta niveles de ausencia de *Salmonella* y *Listeria monocytogenes*. Los tratamientos con ácido acético, en concentraciones de 1.5% y 2.5%, resultaron ser opciones viables para mejorar la inocuidad microbiológica de las canales porcinas.

Palabras claves: HACCP, concentración, aplicación, aspersión, inoculación, muestras.

I. INTRODUCCIÓN

La carne de cerdo, como una de las principales fuentes de proteína de origen animal, es susceptible a la contaminación microbiana, pues desde la etapa de cosecha, las canales porcinas están expuestas a diversas fuentes de contaminación, principalmente por patógenos como la *Salmonella* o la *Listeria monocytogenes*, los cuales se pueden detectar a través de la existencia de indicadores (*Escherichia coli* y aerobios mesófilos). Los microorganismos patógenos representan un riesgo significativo para la salud humana, además de llegar a generar pérdidas económicas considerables.

El presente estudio consistió en evaluar la efectividad del ácido acético como método de intervención antimicrobiana en canales de porcinos. Por lo tanto, se estudiaron diferentes concentraciones del ácido y se midieron sus efectos sobre la reducción de la carga microbiana que fue evaluada bajo condiciones controladas. Mediante los resultados de este estudio se pretende aportar con nuevos datos sobre la efectividad del ácido acético como un medio de intervención, ya que además se busca mejorar la inocuidad de la carne de cerdo, contribuyendo a proteger la salud de los consumidores y reduciendo el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos.

La metodología de esta investigación se llevó a cabo por medio de 4 etapas: la primera etapa consistió en la revisión del manual HACCP actual para la cosecha de cerdos, para conocer y establecer una mejor investigación. En la segunda etapa se realizó la preparación de las canales y la aplicación del ácido acético.

Para la preparación y aplicación del ácido acético, se formularon tres tratamientos con soluciones de ácido en diferentes concentraciones (T1 2.5%, T2 2% y T3 1.5%), cada una

diluida en 5 litros de agua, a temperatura ambiente. Se utilizaron un total de 20 canales seleccionadas mediante números aleatorios, realizando cinco repeticiones para cada tratamiento aplicados semanalmente. De esta manera, la aplicación se realizó por medio de la aspersión-pulverización en un lapso de 30 segundos, realizando una cobertura completa de cada media canal.

En la tercera etapa se realizó el muestreo microbiológico, mediante el método no destructivo de esponja, en las zonas con mayor probabilidad de contaminación en las canales, realizando muestreos, antes y después de cada aplicación, así también un último muestreo luego de un periodo de 24 horas de almacenamiento de cada canal. Una vez que se realizó la toma de muestras, se llevó a cabo la cuarta etapa, el procesamiento de muestras, las cuales fueron procesadas mediante la inoculación de cada muestra, según las condiciones de crecimiento para cada microorganismo evaluado.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar la efectividad del ácido acético como método de intervención antimicrobiana en las canales de cerdo, para asegurar la inocuidad de carnes y productos cárnicos según las normativas vigentes.

2.2. Objetivos específicos

- Revisar el plan HACCP del proceso de cosecha de cerdos realizado en el Laboratorio de Ciencia de la Carne, para asegurar la aplicación de intervención antimicrobiana.
- Evaluar diferentes tratamientos utilizando ácido acético como intervención antimicrobiana, tomando como referencia lo que establecen los entes reguladores nacionales e internacionales.
- Realizar análisis comparativos de *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* y aerobios mesófilos, en base a los criterios microbiológicos, para conocer la efectividad de cada uno de los tratamientos en la intervención de canales porcinas.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Generalidades

Según la (FAO 2007) la carne ha sido vista tradicionalmente como la responsable de una proporción significativa de enfermedades humanas de origen alimentario. Aunque el espectro de enfermedades de origen cárnico ha cambiado, junto con los cambiantes sistemas de producción y procesamiento. Es así como, la contaminación microbiana de la carne en condiciones de procesamiento industrial es inevitable. Incluso con prácticas estrictas de higiene en todas las operaciones que se realizan en el matadero, de tal manera no es posible la obtención de canales exentas de contaminación superficial (Oliva y Alegret 2017).

3.2. Consumo de carne porcina

Según el informe publicado por la (SAG 2021) se menciona que entre los años 2016-2019 el consumo per cápita de carne de ganado porcino mostró un incremento positivo, en registró una tasa de crecimiento media anual de 3.6%, al pasar de 9.1 libras/persona/año en 2016 a 10.1 libras/persona/año esto en el 2019. Pero cabe mencionar que una última publicación por parte de la (SAG 2023) mediante SENASA registro un consumo anual de carne de cerdo de 105 millones de libras hasta el 2023, alrededor de 14 libras per-cápita, teniendo un incremento de un 8 a 10% interanual en los últimos cinco años.

Por otra parte, según el informe estadístico de (PIC Latinoamérica 2023) el consumo per cápita de carne de cerdo en Latinoamérica ha mostrado un crecimiento significativo y constante en los últimos cuatro años. La popularidad de la carne de cerdo ha aumentado

significativamente entre los consumidores de países como México, Uruguay, Chile, Brasil, Argentina y Colombia, donde el consumo por persona ha aumentado entre 3 y 7 kilos (14.4 libras) en los últimos 4 años. En otros países, como Panamá, República Dominicana, Paraguay y Perú, el aumento ha sido leve (2 kilos) o se ha mantenido casi constante como en Ecuador, Guatemala y El Salvador.

De este modo, a nivel mundial la carne porcina es la más consumida, logrando durante el año 2019 un consumo per cápita de 15,6 kg/hab/año; siendo Hong Kong (82 kg/hab/año), la Unión Europea (41,1 kg/hab/año), China (40 kg/hab/año), Taiwán (39,5 kg/hab/año), Corea del Sur (38,2 kg/hab/año), y Estados Unidos (28,8 kg/hab/año), siendo estos los países de mayor consumo, según (Flores 2020).

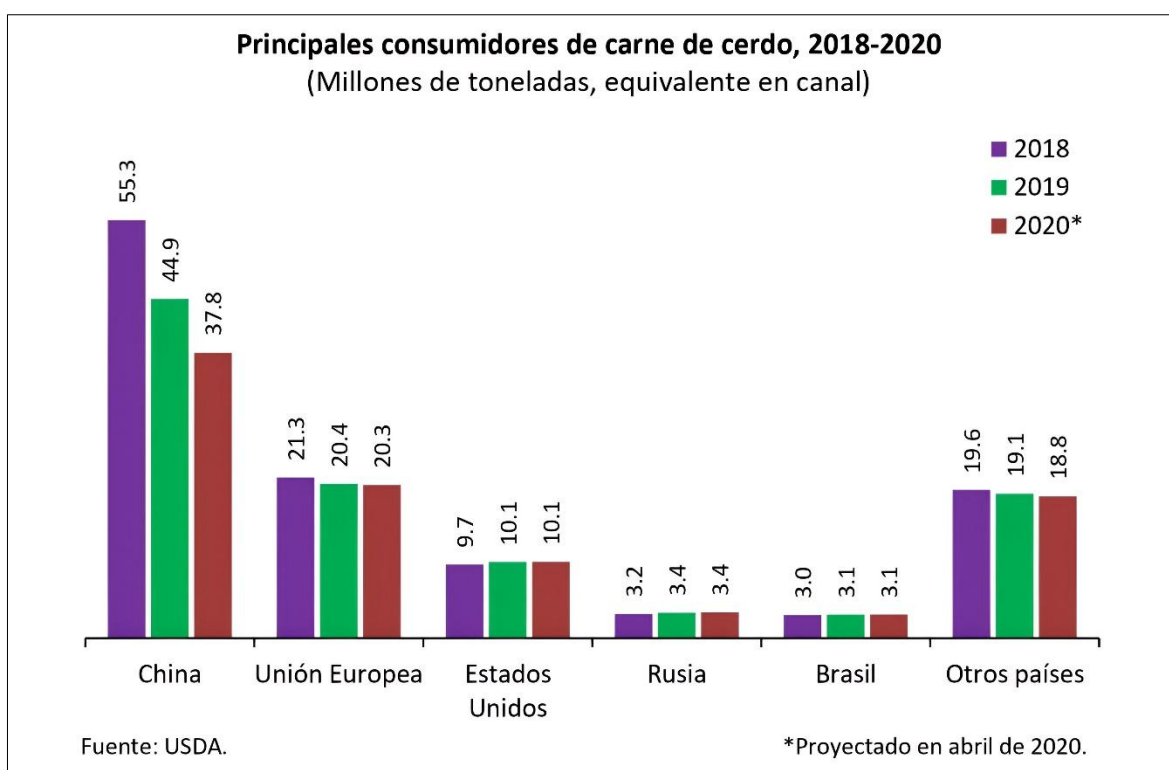


Figura 1. Gráfico sobre principales países con mayor consumo de carne porcina.

Fuente: (FIRA 2020).

3.3. Inocuidad en la industria cárnica

Según el (Codex Alimentarius 2022) la inocuidad es la garantía de que los alimentos no causarán efectos adversos en la salud del consumidor cuando se preparen o se consuman de acuerdo con su uso previsto. Por otra parte (Aparicio et al. 2024) mencionan que el control de calidad en el proceso de beneficio y tratamiento de la carne es esencial para garantizar que los productos cárnicos sean seguros para el consumo humano. Esto se debe a que la carne es un alimento altamente perecedero y susceptible a la contaminación bacteriana, lo que puede provocar enfermedades transmitidas por alimentos si no se maneja de una manera adecuada.

De tal modo, que para lograr alimentos inocuos se requiere de un enfoque integrado en cada eslabón de la cadena, que comparta responsabilidades específicas, lo que incluye asegurar la inocuidad en cada fase de producción; iniciando desde la materia prima, la elaboración y almacenamiento, hasta la distribución final (Cortés et al. 2021)

3.4. Sistema HACCP

La (FSIS 2020) define HACCP como un sistema científico de control de procesos que se utiliza desde hace tiempo en la producción de alimentos. Previene los problemas de seguridad alimentaria aplicando controles en puntos identificados del proceso de producción de alimentos en los que los peligros pueden prevenirse, controlarse, eliminarse o reducirse a niveles aceptables. Así también, (González et al. 2010) presentan que el Sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (HACCP) es la definición de calidad que presupone la producción de alimentos inocuos, con niveles cada vez más seguros y hasta nulos de microorganismos, así como de otros de peligros de tipo químicos o físicos.

Además, el sistema HACCP es un enfoque que está diseñado para evitar problemas al asegurar la aplicación de controles en cualquier punto de un sistema de producción de alimentos donde puedan surgir situaciones riesgosas o críticas según (Solano 2022). Es así

como el diseño de un esquema HACCP en la industria cárnica requiere una comprensión de la microbiología de la carne y los productos cárnicos, así como de los factores que influyen en la supervivencia y proliferación de las bacterias, definido en la investigación de (Morales y Granoble 2019).

En el manual del modelo HACCP para el sacrificio de puercos (FSIS 1999) se establece que existen diferentes modelos generales de HACCP; estos son diseñados para ser usados en conjunto con la lista de categorías de procesos. En la industria cárnica se establecen diferentes categorías en las que se incluye modelo para sacrificio de todas las especies, productos crudos, molidos o sin moler y los sometidos a tratamientos térmicos o sin tratamiento térmico, esto según se presenta en el reglamento del sistema HACCP.

3.4.1. Aplicación de Sistema HACCP

Mediante el manual de principios generales de higiene de los alimentos del (Codex Alimentarius 2023) se establece que las directrices generales para la aplicación, revisión y mantenimiento del sistema APPCC (HACCP) consisten en las siguientes operaciones, que se identifican en la secuencia lógica:

- **Paso 1.** Reúna el equipo HACCP e identifique el alcance
- **Paso 2.** Describir el producto
- **Paso 3.** Identificar el uso previsto y los usuarios
- **Paso 4.** Construir diagrama de flujo
- **Paso 5.** Confirmación in situ del diagrama de flujo
- **Paso 6/Principio 1.** Enumere todos los peligros potenciales que es probable que ocurran y que estén asociados con cada paso, realice un análisis de peligros para identificar los peligros significativos y considere cualquier medida para controlar los peligros identificados.
- **Paso 7/Principio 2.** Determinar los puntos críticos de control (PCC): Un punto crítico de control (PCC) es una fase en la que puede aplicarse un control y que es esencial para

prevenir o eliminar un peligro para la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable.

- **Paso 8/Principio 3.** Establecer límites críticos validados para cada PCC: Cada medida de control que acompaña a un PCC debe llevar asociado un límite crítico que separa lo aceptable de lo que no lo es en los parámetros de control.
- **Paso 9/Principio 4.** Establecer un sistema de seguimiento para cada PCC: El monitoreo de los PCC es la medición u observación programada en un PCC en relación con sus límites críticos. Los procedimientos de monitoreo deben poder detectar una desviación en el PCC.
- **Paso 10/Principio 5.** Establecer acciones correctivas: Se deben desarrollar acciones correctivas escritas específicas para cada PCC en el sistema HACCP con el fin de responder eficazmente a las desviaciones cuando ocurran.
- **Paso 11/Principio 6.** Validación del plan HACCP y procedimientos de verificación: Antes de poder implementar el plan HACCP es necesaria su validación; ésta consiste en asegurarse de que los siguientes elementos en conjunto son capaces de asegurar el control de los peligros significativos relevantes para el negocio alimentario: identificación de los peligros, puntos críticos de control, límites críticos, medidas de control, frecuencia y tipo de monitoreo de los PCC, acciones correctivas, frecuencia y tipo de verificación y el tipo de información a registrar.
- **Paso 12/Principio 7.** Establecer documentación y mantenimiento de registros: Los procedimientos HACCP deben estar documentados. La documentación y la conservación de registros deben ser adecuadas a la naturaleza y el tamaño de la operación y suficientes para ayudar a la empresa a verificar que los controles HACCP están implementados y se mantienen.

3.5. Canales de porcinos

La (FAO 2007) define una canal como, el cuerpo de un animal después del faenado. También (Urkijo et al. 2009) definen que una canal de cerdo es el cuerpo entero del animal sacrificado

tal y como se presenta después de las operaciones de sangrado, eviscerado y desollado, entero o partido por la mitad.

Por otra parte, la calidad cárnica es el conjunto de aspectos según los cuales puede caracterizarse la carne. Se trata de atributos que dependen de manera esencial de las porciones relativas, dentro de la pieza cárnica (tejido muscular, conectivo, adiposo y óseo), (Vargas y Peralta 2017). Por lo tanto, la canal representa el producto final de la producción del ganado porcino. De ahí que determinar la composición de una canal sea de gran importancia para muchos campos de la producción animal (Hernández Zapata et al. 2019).

Cabe mencionar que la calidad de la canal está influenciada por algunos factores ante-mortem tales como: transporte, alimentación, raza, sexo y peso. Estas condiciones previas al sacrificio pueden afectar de manera negativa el pH y el color, produciendo carnes pálidas suaves y exudativas (PSE), las cuales son rechazadas en la industria cárnica (Rodríguez Trejo, 2015). También (Alonso Martín, 2019) menciona que las canales porcinas reciben una clasificación en el momento que son pesadas tras el sacrificio, en función del porcentaje de magro que poseen, atributos que garantizan su calidad.

3.6. Microorganismos presentes en las canales de cerdo

Desde los animales vivos, las superficies en contacto con el medio ambiente albergan una variedad de microorganismos, por lo que en muchas ocasiones los contaminantes provienen de la piel del animal, o bien, de aquellos presentes en sus heces. Sin embargo, se ha determinado que las carnes procesadas son más susceptibles a contaminarse con microorganismos patógenos durante las diferentes etapas de su procesamiento (Heredia et al. 2014).

En general, la carne de porcinos puede ser transporte de múltiples agentes patógenos, siendo los más representativos microorganismos como *Salmonella*, *Escherichia coli* y *Coliformes*

fecales, según la investigación de (Rivadeneira Vargas, 2023). También otros microorganismos que pueden encontrarse en la carne de cerdo son *Yersinia enterocolítica*, *Staphylococcus aureus* y *Listeria monocytogenes* (Púa y Navas, 2014).

En la carne también se pueden identificar los microorganismos indicadores de calidad sanitaria. La presencia de estos microorganismos da la posibilidad del desarrollo de microorganismos patógenos, quienes son causantes de graves enfermedades según lo menciona (Moncada 2022). De tal manera, según la (Comisión del Codex Alimentarius 2022) algunos ejemplos de posibles indicadores de higiene o el control de vida útil, son el recuento total de bacterias (aerobios mesófilos), coliformes o coliformes fecales, *Escherichia coli* total y *Enterobacteriaceas*.

3.6.1. Aerobios mesófilos

Los aerobios mesófilos son bacterias dependientes del oxígeno que pueden multiplicarse a temperaturas que oscilan entre 20°C y 45°C con una temperatura óptima de 30 a 37°C. Este tipo de microorganismos se utilizan para estimar la carga microbiana total de una superficie o alimento según (Sanchis y Arnedo 2022). Por otra parte, el tiempo concreto de crecimiento de estos microorganismos es muy variable y depende de factores nutricionales y genéticos, así como de la temperatura que se menciona inicialmente. De igual forma, se ha determinado un tiempo de generación que oscila entre los 20 minutos, como se presenta en el libro biología de los microorganismos de (Madigan et al. 2015).

3.6.2. *Escherichia coli*

Según la (FAO 2011), la *Escherichia coli* (*E. coli*) es una bacteria que se encuentra en el sistema digestivo de los animales y los seres humanos. Además, debido a su alta presencia en el intestino, la *E. coli* se utiliza como el indicador principal para detectar y medir la contaminación fecal en la evaluación de la inocuidad del agua y de los alimentos. Se trata de

un microorganismo que puede multiplicarse a una temperatura optima de 37 °C, pero en general se encuentra en un rango de temperaturas que oscilan entre 7 °C y 50 °C. En el libro de (Madigan et al. 2015), se establece que, en las condiciones nutricionales adecuadas, el tiempo de generación de la *E. coli* es de unos 20 minutos.

De tal manera, en la investigación de (Suárez et al. 2020) mencionan que los principales microorganismos patógenos responsables de más de la mitad de las enfermedades transmitidas por alimentos principalmente en la carne son, *Salmonella spp.* y *Listeria monocytogenes*, estos pueden causar náuseas, vómitos, dolor estomacal, diarrea y poner en riesgo la vida de la persona enferma.

3.6.3. *Salmonella spp*

Se trata de un género perteneciente a la familia *Enterobacteriaceae*. Pues, se presenta como una bacteria ubicua y resistente a los cambios ambientales; ya que puede sobrevivir varias semanas en lugares secos y meses en agua, esta se puede desarrollar en un rango de temperatura que va desde los 5.2 °C hasta una máxima de 46.2 °C, teniendo un crecimiento óptimo en temperaturas de 35 °C a 43 °C. Además, su multiplicación en alimentos frescos (carne, huevos, leche) es muy rápida, pudiendo duplicarse cada 15-20 minutos (Elika 2024). La *Salmonella spp* es una bacteria causante de enfermedades como salmonelosis, fiebre tifoidea o paratifoidea, así como infecciones que pueden provocar la muerte (Fernández 2022).

3.6.4. *Listeria monocytogenes*

Listeria monocytogenes es un bacilo corto, gram positivo, no formador de esporas que puede proliferar en condiciones desfavorables como la congelación, la desecación, la sal y el calor. Además, puede replicarse en una amplia gama de temperaturas, desde -0.5°C hasta 45°C, pudiéndose desarrollar en una temperatura optima de 30 °C a 37 °C. Por otra parte, se trata

de un patógeno intracelular causante de la enfermedad denominada listeriosis. El consumo de alimentos contaminados es su principal vía de transmisión, principalmente en las carnes, (López et al. 2023). Cabe mencionar que la *L. monocytogenes* se multiplica lentamente, de tal manera que, a temperaturas de aproximadamente 0 °C, el crecimiento es mucho más lento, con un tiempo de generación de entre 62 y 131 horas (Cid y Turón 2014).

Por otra parte, la *L. monocytogenes* posee la característica de generar biofilms que la protegen frente a las radiaciones ultravioleta, ácidos, compuestos antimicrobianos, salinidad y desecación, reduciendo así la efectividad de los métodos de desinfección y descontaminación. La formación del biofilm es rápida, pues la *Listeria* se adhiere a superficies en un tiempo de aproximadamente 20 minutos. Comienza a producir material extracelular en un lapso de una hora, característica importante a considerar cuando se diseñan procesos de limpieza en las industrias de producción de alimentos (Rufo et al. s. f.).

Tabla 1. Límites permitidos de criterios microbiológicos en carne porcina.

Microorganismo	Límites		Referencia o legislación
	m	M	
Aerobios mesófilos	4,0 log UFC/cm ² media loga rítmica diaria	5,0 log UFC/cm ² media loga rítmica diaria	Reglamento (CE) N° 1441/2007 de la Comisión, de 5 de diciembre de 2007, que modifica el Reglamento CE no 2073/2005 relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios. Diario Oficial de la Unión Europea.
	10 ⁶ UFC/g	10 ⁷ UFC/g	Reglamento Sanitario de los Alimentos Decreto N° 977/96. (Actualizado 2023) Chile.
<i>Escherichia coli</i>	10 UFC/g		Reglamento Técnico Centroamericano de Alimentos. Criterios Microbiológicos para la Inocuidad de los Alimentos (RTCA 67.04.50:17) - 2018

<i>Salmonella</i>	Ausencia/25 g	• Parámetros de Seguridad Alimentaria para la Carne y Productos Cárnicos destinados a la Unión Económica de Eurasia - 2016.
	Ausencia	• Reglamento (CE) N° 1441/2007 de la Comisión, de 5 de diciembre de 2007, que modifica el Reglamento CE no 2073/2005 relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios. Diario Oficial de la Unión Europea.
<i>Listeria monocytogenes</i>	Ausencia en 25 g	• Parámetros de Seguridad Alimentaria para la Carne y Productos Cárnicos destinados a la Unión Económica de Eurasia - 2013.

Nota.

- **m:** Criterio microbiológico por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud.
- **M:** Criterio microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud.

3.7. Fuentes de contaminación microbiana en canales

En la guía de diseño HACCP de (FSIS 2020) se presenta que la fuente principal de todos los patógenos contaminantes de la carne son los animales aparentemente sanos que pueden eliminar estas bacterias en sus heces. Mientras se faenan las canales durante el proceso de sacrificio, estas bacterias pueden transferirse de la piel y los despojos a la canal, causando contaminación. Así también, (Bravo y Ramos 2021) indican que un punto de contaminación es el escaldado, ya que la piel del animal suele presentarse sucia. Además, se debe considerar que en la etapa eviscerado hay que tener cuidado de ligar bien el esófago y los intestinos para evitar que el contenido intestinal contamine la canal.

Por consiguiente, (Mariño, 2020) menciona que en la actualidad se han establecido un grupo de factores que tienen un efecto directo sobre la contaminación de las carnes, estos aparecen desde el momento del sacrificio, donde puede generarse una contaminación cruzada desde los nódulos linfáticos y vísceras (áreas con mayor número de microorganismo) hacia la canal, durante el proceso de preparación.

De esta manera, los microorganismos que influyen de forma decisiva sobre la conservación de la carne llegan a la superficie cuando el animal es abierto en canal a través del proceso de matanza. Se multiplican en mayor o menor medida, dependiendo de las condiciones de refrigeración, luego durante el despiece y picado de la carne se redistribuyen por las nuevas superficies generadas por el corte (Ortega 2014)

3.8. Ácidos orgánicos en la industria cárnica

Los diferentes ácidos orgánicos se han empleado durante muchos años para la descontaminación de productos cárnicos, pues la carne fresca sin procesos de intervención microbiana presenta peligros por contaminación en la superficie; en la industria cárnica se utilizan varias intervenciones post cosecha para reducir el riesgo y carga microbiológica de ciertos microorganismos (Garnica 2017). Algunos de los ácidos orgánicos más utilizados son el ácido acético, cítrico y láctico, entre otros. Estos ácidos se utilizan comúnmente para la descontaminación de superficies de carne. Por su disponibilidad, su enfoque costo-beneficio y su eficiencia sin ningún efecto negativo para la salud humana (Bonilla 2021).

Por consiguiente, el efecto antimicrobiano de los ácidos orgánicos depende esencialmente de: el efecto del pH y el grado de disociación. Esta acción antimicrobiana es debido a la reducción del pH (un menor pH resulta en una mayor efectividad antimicrobiana) ya que provoca la acidificación del citoplasma bacteriano y la acción de las moléculas del ácido orgánico (Hidalgo Bravo y Olmedo Hidalgo 2017).

3.9. Ácido acético

El Código de Regulaciones Federales (CRF 2025) describe que, el ácido acético ($C_2H_4O_2$, CAS Reg. No. 64-19-7) se conoce como ácido etanoico. Se encuentra de forma natural en los tejidos de plantas y animales. Se produce por fermentación de carbohidratos o por síntesis orgánica.

El ácido acético, se trata de un ácido orgánico presente en el vinagre. El vinagre es una solución producida por fermentaciones secuenciales de etanol y ácido acético y se utiliza en aplicaciones y preparaciones alimentarias donde se pueden llegar a producir varios ácidos orgánicos como el acético, tartárico, láctico, málico y cítrico como resultado de la oxidación de azúcares y alcoholes, donde el acético es el predominante (Espitia et al. 2022). Además (Sánchez et al. 2023), mencionan que tradicionalmente, el vinagre se ha empleado como conservante de alimentos, consecuencia de su contenido en compuestos bioactivos: ácidos orgánicos y polifenoles, entre otros.

Por otra parte, para considerar comercialmente estos productos como vinagre deben poseer no menos de 4% en masa de ácido acético. Además del ácido acético los vinagres comerciales contienen cantidades variables pero pequeñas de otros ácidos orgánicos, así como alcoholes y azúcares sin oxidar (Díaz et al. 2020). Así mismo (Espitia et al. 2022) mencionan que las concentraciones de acidez en soluciones de ácido acético que pueden tener una efectividad antimicrobiana se encuentran en un 5% y para inhibir el crecimiento de microorganismos como el *Staphylococcus aureus* (2.5%) y para *E.coli* alrededor de un 0.1%.

De tal manera el ácido acético al 5%, se usa para desinfección gracias a su efecto antimicrobiano, en bajas concentraciones, posee la cualidad de reducir el pH (Abarca Pazmiño, 2019). Cabe mencionar que la eficacia del ácido acético para controlar los patógenos transmitidos por la carne varía entre los estudios y puede atribuirse a diferencias en la concentración de ácido, así como a los métodos de administración del ácido, la

temperatura de los ácidos, el tiempo de contacto y las técnicas de muestreo (Gonzalez y Herrera, 2014).

Tabla 2. Ficha técnica de ácido acético.

Ácido Acético	
Composición:	Ácido acético glaciado grado alimenticio
Alergenos	N/A
Características sensoriales	
Sabor	N/A
Aroma	Acidificado intenso característico
Color	Incoloro
Apariencia	Líquido
Características químicas	
Humedad %	Máx. 20
Sal %	N/A
pH	Máx. 2.5
Pureza	99.8%
Brix	Máx. 30

3.10. Aplicación de ácido acético en las canales porcinas

Para la realización de los tratamientos contra microorganismos en canales de cerdo, se debe utilizar un ácido acético de grado alimenticio que cumpla con los requisitos de pureza (contenido no inferior al 99,8%) según se indica como aditivo alimentario ácido acético (E-260), establecido en el reglamento (de la Unión Europea 2012). Así como también se establece en el documento de directiva sobre sustancias que se pueden utilizar en la producción de productos de carne de la (FSIS 2024), enlistado como ácido acético sugerido para una mezcla acuosa, como método empleado para lavar, enjuague o enfriamiento de canales de carne roja enteras o cortadas.

En el estudio realizado por (Silano et al. 2018) mencionan que por normativa de la UE el ácido acético se utiliza con una concentración de hasta el 4% y a una temperatura de hasta 40 °C (en el caso de canales de cerdo pre-enfriados y cortes de carne de cerdo post-enfriados) por una duración de hasta 30 segundos. Se debe determinar la concentración, la temperatura y el tiempo de aplicación del tratamiento, considerando como límite los valores ya indicados anteriormente. No obstante, en la guía del (FSIS 2023) se establece que el uso de ácidos orgánicos en los productos de cerdo durante la fabricación final puede causar problemas de calidad, ya que los ácidos orgánicos pueden provocar cambios irreversibles en el color de los cortes al por menor.

De tal manera en el manual de directriz del (FSIS 2023), se establece que la efectividad de estas intervenciones puede variar dependiendo del funcionamiento de los parámetros operativos críticos utilizados, tales como la temperatura, la presión, el tiempo de aplicación y la concentración. Para lo cual establece que las mejores prácticas cuando se realizan enjuagues o rociados (de pre-eviscerado o post-eviscerado), como método de intervención, incluyen:

- Supervisar los desagües para asegurarse de su correcto funcionamiento y evitar el reflujo que pueda resultar en la contaminación de canales y equipos;
- Supervisar la presión, si se utiliza presión para rociar las canales mediante cajones de rociado, para evitar la contaminación microbiológica en el interior del tejido;
- Realizar supervisiones a las concentraciones y temperaturas regularmente para verificar la eficacia;
- Asegurarse de obtener cobertura total de la canal al aplicar antimicrobianos haciendo uso de un aplicador de aspersión manual;
- Verificar que el equipo empleado se utilice de forma que impida la contaminación cruzada de las canales adyacentes;
- Minimizar las salpicaduras a otras canales;
- Evitar el contacto directo del equipo con las canales;
- Considerar enjuagues previos a la aplicación

- Desviar las canales a limpiarse en un carril de retención cuando las canales están contaminadas y no se limpian adecuadamente antes del lavado final;
- Al momento del enjuague o rociado a las carcasas colgantes se debe realizar desde la parte superior (extremidades posteriores) hacia abajo;
- Limpiar las canales contaminadas, mediante recortes y agua caliente, para eliminar la contaminación visible antes de la inspección y el lavado final;
- Implementar el tratamiento de forma segura cuidando del cuello y el interior de las papadas cuando la cabeza se separa de la canal.

3.11. Efectos del ácido acético

En un estudio realizado por (Hidalgo y Olmedo 2017) sobre el uso de ácidos orgánicos (cítrico y acético) en canales porcinas y de res, se determinó que los ácidos cítrico y acético tienen un papel crucial en la regulación en condiciones óptimas y niveles apropiados sobre el deterioro de las carnes, tomando también en consideración que el uso de estos sería por tiempos no muy prolongados. De tal manera, (Silano et al. 2018) mencionan que mediante el uso de ácido acético no se espera ningún producto de reacción que no se formaría normalmente en los alimentos.

Por consiguiente (González et al. 2020) describen que, el mecanismo del ácido acético consiste en depositar aniones en el citoplasma, acumulándose y reduciendo el pH interno celular y sus moléculas lipófilas que confieren la propiedad de difundirse a través de la membrana celular, afectando el metabolismo de la síntesis de proteínas y de ácidos nucleicos de la célula, dando como resultado interrupción de la función celular y la inhibición bacteriana.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del estudio

El desarrollo del presente estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Ciencias de la Carne (LCC) en conjunto con el Laboratorio de Microbiología de Alimentos, ambos ubicados en el campus central de la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG), ubicada en el barrio El Espino, kilómetro 6 de la carretera que conduce hacia Dulce Nombre de Culmí. Catacamas-Olancho.



Figura 2. Mapa de ubicación del LCC y Laboratorio de Microbiología de Alimento en la UNAG.

Fuente: Google Earth 2024

4.2. Materiales y equipo

Tabla 3. Descripción de materiales, equipo y reactivos.

En la aplicación del ácido acético	Descripción
Ácido acético glacial (E-260) 99.8%	
Bomba de mochila (5 L)	Equipo para la aspersión
Mascarillas	
Redecillas	
Probetas (100 ml)	Para medir volumen de muestras
Embudo plástico	
Frascos estériles para muestra (125 ml)	Para almacenar ácido acético
En la toma de muestras	
Esponjas para muestreo en bolsas estériles	
Plantillas estériles para área de muestreo de 100 cm ²	Área interior de 10 cm x 10 cm
Guantes de látex	Guantes estériles por canal
Hielera isotérmica	De material poliestireno
Marcador indeleble	
Hoja para datos de muestra	
Ice packs	Material refrigerante
En el procesamiento de las muestras	
Alcohol	Desinfectante para áreas de trabajo
Papel toalla	
Mechero	
Autoclave	
Placas Compact Dry TC	Para recuento de aerobios
Placas Compact Dry EC	Para recuento de <i>E. coli</i>
Placas Petrifilm SALX (<i>Salmonella</i> Express)	Para recuento de <i>Salmonella</i>
Placas Petrifilm EL	Para recuento de <i>Listeria</i>
Caldo tetratiónato base	Medio para enriquecimiento
Caldo Rappaport-Vassiliadis (RVS)	Medio para enriquecimiento
Lodine suplement	Suplemento de yodo
Agar verde brillante	Agente solidificante
Agua destilada	

4.3. Metodología

Para garantizar el cumplimiento de los objetivos establecidos en el presente estudio, se implementó un enfoque metodológico que constó de cuatro etapas, las cuales fueron establecidas y desarrolladas como se presentan en la **Figura 3**.

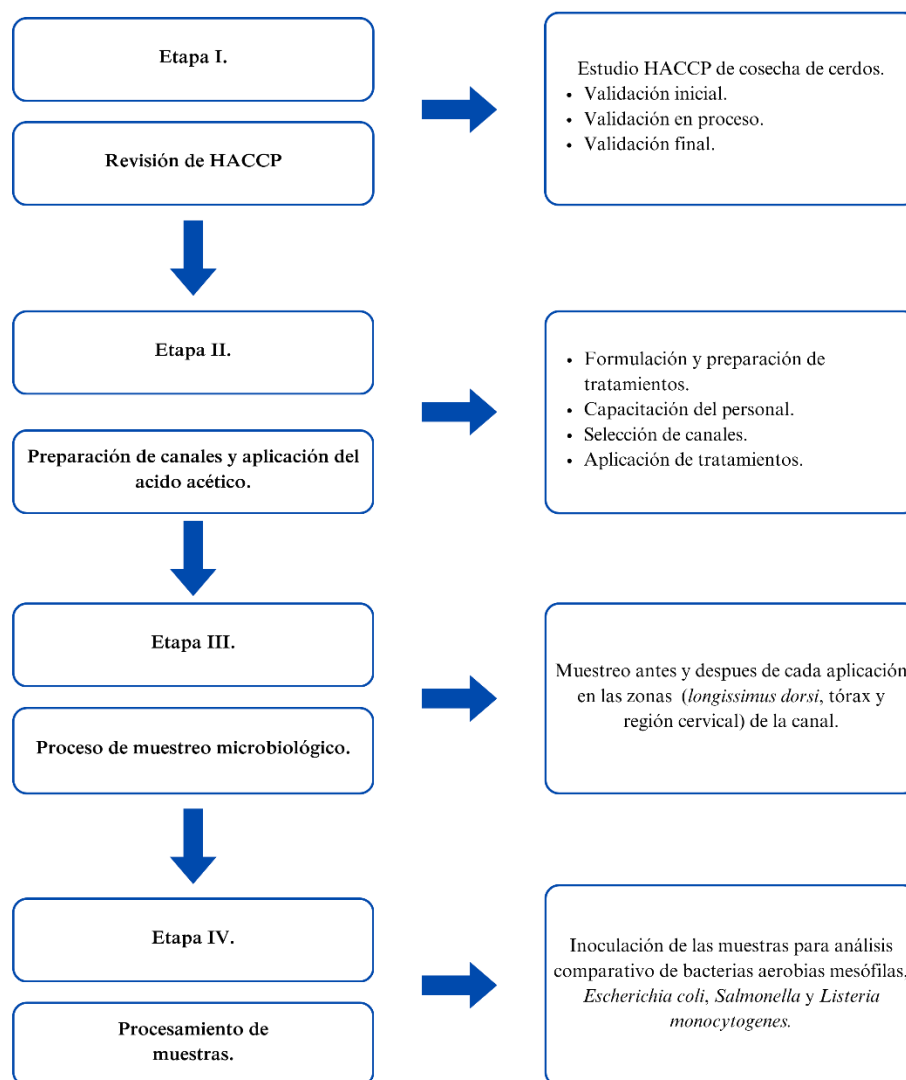


Figura 3. Esquema de las etapas de investigación.

Fuente: elaboración propia.

4.3.1. Etapa I: Revisión de HACCP

Considerando la importancia que posee la salud de nuestros consumidores y para garantizar tanto la inocuidad como la calidad de los productos cárnicos, es fundamental contar con un plan HACCP para el proceso de cosecha de cerdos, es por ello que esta investigación tuvo como partes de sus objetivos el estudio y revisión del Manual HACCP de la Cosecha de Cerdos del LCC, con la finalidad de conocer y establecer una mejor investigación, considerando que previamente se debe mantener control sobre todo aquello que represente un riesgo o peligro para el producto, y así poder establecer los procedimientos o medidas que ayudaran a reducir, eliminar, prevenir dichos peligros.

4.3.2. Etapa II: Preparación de canales y aplicación de ácido acético

Tratamientos de ácido acético

Para iniciar la etapa dos, se prepararon tres soluciones de ácido acético, utilizando las respectivas medidas de formulación correspondientes a cada tratamiento, según los porcentajes establecidos en los reglamentos revisados (EFSA y FSIS). En el Tratamiento 1 (T1) se utilizó una concentración del 2.5%, correspondiente a 125.25 ml de ácido acético, para el Tratamiento 2 (T2) 100.20 ml (2.0% de concentración) y para el Tratamiento 3 (T3) 75.15 ml (1.5% de concentración). Cada uno de los volúmenes fueron medidos mediante el uso de una probeta, un día antes de su aplicación.

Por otra parte, se llevó a cabo un cuarto tratamiento correspondiente a control (T-control), el cual fue empleado sin ninguna concentración de ácido acético, realizando el procedimiento que normalmente se lleva a cabo por el establecimiento, con el propósito de mantenerlo como referencia y poder comparar los efectos antimicrobianos entre los tratamientos (T1, T2 y T3).

Cada una de las concentraciones correspondientes por tratamiento fueron diluidas en un total de 5 litros de agua (5000 ml), a temperatura ambiente. Por otra parte, el ácido acético utilizado se encontraba a una concentración de grado alimenticio de 99.8% (E-260), como se establece en el reglamento (de la Unión Europea 2012).

Concentraciones de ácido acético

Para cada una de las concentraciones se utilizaron 5 L (5000 ml) de agua como solvente; el ácido acético utilizado se encontraba en una concentración del 99.8% en estado líquido. Para poder obtener el volumen de las concentraciones deseadas (1.5%, 2.0% y 2.5%) mediante los datos antes mencionados se utilizó la siguiente fórmula, la cual se establece en la nota técnica sobre consideraciones importantes en el uso de desinfectantes del (ISP 2015), establecida para calcular el volumen de total de la disolución:

$$V_1 * C_1 = V_2 * C_2$$

Se realiza el despeje de la fórmula para determinar el volumen de la concentración deseada (V_1):

$$V_1 = \frac{V_2 * C_2}{C_1}$$

Donde:

- V_1 = Volumen de la concentración disponible (Incógnita, en este caso 100.20 ml).
- C_1 = Concentración disponible (ácido acético al 99.8%)
- V_2 = Volumen a preparar (5000 ml de agua)
- C_2 = Concentración deseada (1.5%, 2.0% y 2.5%).

Calculo (ejemplo)

$$V_1 = \frac{V_2 * C_2}{C_1} \rightarrow \frac{5000 \text{ ml} * 2.0\%}{99.8\%} \rightarrow V_1 = \mathbf{100.20 \text{ ml.}}$$

Tabla 4. Volumen de ácido acético empleado para cada tratamiento en 5 litros de agua

Tratamiento	Concentración de ácido acético (%)	Cantidad de ácido acético (ml)	Cantidad de agua (litros)
T-control	-	-	-
T1	2.5	125.25	5
T2	2.0	100.20	5
T3	1.5	75.15	5

Nota. ml: mililitros

Capacitaciones al personal previo a la aplicación de la intervención microbiana

Previo al desarrollo del proceso de aplicación de la intervención microbiana se impartieron capacitaciones al personal operativo del Laboratorio de Ciencias de la Carne. Estas tuvieron como objetivo enfatizar sobre el procedimiento de aplicación del ácido acético y las etapas involucradas dentro del proceso de cosecha de cerdos, así como destacar la importancia del compromiso y la participación de todos los operarios involucrados.

Preparación de canales de porcinas

Para la preparación de canales, se cosecharon cerdos de peso comercial (aproximadamente 83.85 kg cada uno), siguiendo los protocolos y procedimientos establecidos en el Manual HACCP de Cosecha de Cerdos del Laboratorio de Ciencias de la Carne; en el que se establecen las siguientes etapas: Descarga, recepción, corralaje e inspección ante-mortem; arreo y duchado de cerdo; aturdimiento/insensibilización; izado y sangrado; lavado, escaldado; depilado; descascarillado de patas, corte de las patas posteriores; enucleación, amarre de recto, esparrancado e izado; corte de cabeza y patas; inspección; flameado; evisceración; inspección pos-mortem; división de canal; limpieza y lavado de canal; inspección de cero tolerancia; intervención antimicrobiana; almacenamiento de canales en cuarto frío.

Se utilizaron cinco canales para cada tratamiento, las cuales fueron seleccionadas mediante una secuencia de números aleatorios generados con la función “ALEATORIO” del software Microsoft Excel. Cada canal fue determinada como una unidad experimental independiente.

Cada cosecha se llevó a cabo una vez por semana, en la que se evaluaron 5 canales por día de cosecha, las cuales se desarrollaron durante un periodo de 4 semanas a lo largo del estudio para esta investigación, siendo evaluadas un número total de 20 canales de cerdo para completar este estudio.

Aplicación del ácido acético

La forma en que se aplicó cada tratamiento de ácido acético fue mediante la aspersión-pulverización, aplicado directamente a la canal, ya que es uno de los métodos sugeridos por el USDA, mediante el uso de una bomba de mochila de aspersión manual. La aplicación de cada intervención se realizó después del lavado con agua, antes de su almacenamiento en el cuarto de canales. Según los reglamentos del (FSIS 2023) se aprueba el uso de ácidos orgánicos (ácido acético) como tratamientos de descontaminación empleados como una etapa de lavado antes de su refrigeración.

El tiempo de aplicación de cada intervención se realizó en un lapso de 30 segundos, considerando lo establecido en la revisión de literatura, pues un tiempo de mayor exposición podría tener efectos significativos en algunas de las características sensoriales de cada canal. Además, el ácido acético fue aplicado cubriendo completamente la canal, rociando las carcasas colgadas desde arriba (extremidades posteriores) hacia abajo.

Procedimiento de aplicación del ácido acético

A. Inspección visual (cero tolerancia)

B. Paso 1. Lavado con agua

Este primer paso enfatiza la limpieza efectiva de las superficies de la carcasa con un lavado con agua realizado por el establecimiento.

Consideraciones:

- Previamente asegurase de que la inspección visual en la etapa de cero tolerancia se haya realizado correctamente (observar la superficie de la carcasa durante el lavado para garantizar que el pelo, la sangre y otros residuos evidentes, hayan sido eliminados adecuadamente).
- Es importante considerar que se debe lavar la canal de arriba hacia abajo. De esta manera, trabajará con la gravedad para lavar los contaminantes y las materias extrañas hacia el suelo y no contaminar otras partes de la carcasa.

Precauciones:

- Evitar el rociado de agua directamente sobre el piso, ya que las bacterias podrían salpicar la carcasa.
- Del mismo modo, tener en cuenta la niebla rociadora que a menudo se produce durante el lavado.
- Evitar rociar restos de un cadáver sobre otro.
- Se sugiere lavar sólo una carcasa a la vez. De esta manera, un trabajador puede prestar a cada canal toda la atención necesaria.

Factores físicos:

Algunos factores físicos por considerar durante el lavado por aspersión con agua incluyen la distancia entre la boquilla de la manguera y la superficie de la carcasa (1 pie o 12 pulgadas) la temperatura del agua (el agua fría elimina contaminantes mediante fuerza física) la presión del agua y la cantidad de tiempo dedicado al lavado.

C. Paso 2. Goteo de la canal

Dejar que la canal gotee durante cierto tiempo (2 o 5 minutos) después del lavado es un paso importante.

Consideraciones:

- Deje que el exceso de agua gotee de la carcasa durante al menos 2 o 5 minutos.
- Mediante este paso se garantiza que el enjuague antimicrobiano (ácido acético, 2.5%, 2,0% y 1.5%) tenga un mejor contacto con microorganismos de la superficie de la carcasa.

- Las canales deben tener el suficiente espacio para evitar el contacto entre sí, las paredes cercanas y otras superficies.

Importancia

D. Paso 3. Enjuague antimicrobiano

Posterior al paso de goteo se procede a rociar la canal con el ácido acético en las concentraciones correspondientes (2.5%, 2,0% y 1.5%).

Consideraciones:

- Rociar la carcasa con suficiente ácido acético para cubrir la canal completamente.
- Se debe aplicar suficiente ácido acético sobre la canal de modo que algo de ella gotee.
- Mantener la boquilla de rociado a una distancia de 12 pulgadas (un pie) de la superficie de la canal.
- Utilizar un movimiento de barrido suave para aplicar el ácido acético en toda la superficie de la canal.
- Se debe trabajar de forma metódica, de arriba hacia abajo asegurándose de que todas las superficies de la canal estén tratadas con ácido acético.
- Las canales de carne roja (cerdo) deben rociarse por al menos 30 segundos.

E. Almacenamiento de canales en cuarto frío

4.3.3. Etapa III: Proceso de muestreo microbiológico

La recolección de muestras para evaluar el recuento microbiológico se realizó mediante el método de muestreo no destructivo de esponja abrasiva, como se establece en las normativas y reglamentos internacionales del USDA, la FDA y la UE.

Además, en el reglamento (de la Unión Europea 2007) se indica que, mediante la utilización de un método no destructivo, la zona de muestreo debe abarcar un mínimo de 100 cm² por cada localización muestreada en la canal. Por lo que para esta etapa se muestrearon las zonas con mayor probabilidad de contaminación (*longissimus dorsi*, tórax y la región cervical).

Para los tratamientos T1, T2 y T3, la toma de muestras se desarrolló en tres etapas, la primera etapa se realizó antes de aplicar el tratamiento con ácido acético (después del lavado final), seguidamente se llevó a cabo otro muestreo posterior a la aplicación del tratamiento (después de la intervención). Y el tercer muestreo se realizó en el cuarto de almacenamiento de canales después de cumplirse un periodo de 18-24 horas después de su aplicación. En el caso de del tratamiento control, los muestreos se realizaron únicamente después de lavado final con agua y luego de 24 horas de almacenamiento.

El protocolo de muestreo se desarrolló en base a los procedimientos establecidos en el acuerdo 078-00 sobre el Reglamento de Inspección de Carnes y Productos Cárnicos de la SAG, en conjunto con la revisión de diferentes normativas internacionales.

Procedimiento de la toma de muestras

A. Preparación de materiales

- Preparar documento de registro y protocolo de muestreo con números aleatorios e información del tratamiento correspondiente, como se muestra en el **Anexo 4**.
- Preparar y revisar la disponibilidad de insumos materiales requeridos (plantillas estériles, esponjas estériles, hielera, ice packs, guantes de látex, mascarilla).

B. Desarrollo del muestreo en planta

- Cumplir con los indicadores de inocuidad establecidos por el LCC para el proceso de cosecha de cerdo (Control de calidad de agua; higiene del personal; inspección preoperacional; control de temperatura; inspección operacional; cero tolerancia).
- Establecer un lugar apropiado para colocar la hielera con los materiales, garantizando que no se encuentren expuestos a posibles fuentes de contaminación externa.
- Antes de realizar cada muestreo, es necesario lavarse las manos con abundante agua y jabón, seguidamente secarlas con papel toalla.
- Haciendo uso de un marcador permanente, rotular cada una de las muestras con la información correspondiente (número de canal, tratamiento y etapa de muestreo), con el fin de evitar confusiones entre las muestras recolectadas.

- Al realizar cada muestreo, la plantilla utilizada se debe desenvolver evitando el contacto directo con las manos descubiertas, esto para evitar la contaminación que pueda estar presente en nuestras manos.
- Las muestras se deben tomar en las tres áreas identificadas en la canal (*longissimus dorsi*, tórax y la región cervical), cubriendo cada área de 100 cm² correspondiente a las dimensiones de las plantillas estériles.
- La esponja se debe implementar frotándola en el área determinada por la plantilla, haciendo movimientos verticales y horizontales, para ambos lados de la esponja.
- Las bolsas con las esponjas deben colocarse lo más rápidamente posible en la hielera y esta debe ser transportadas al laboratorio en un periodo no mayor a las 24 horas.

4.3.4. Etapa IV: Procesamiento de muestras

Luego de realizar la recolección, las muestras fueron transportadas en una hielera al Laboratorio de Microbiología de Alimentos de la Universidad Nacional de Agricultura. Posteriormente, fueron procesadas con el objetivo de evaluar la efectividad antimicrobiana de cada tratamiento, así como determinar las condiciones microbiológicas de los canales correspondientes al tratamiento control (T-control).

Para llevar a cabo el procesamiento de las muestras se emplearon medios de cultivo cromogénicos, utilizando placas para pruebas rápidas (Compact Dry y Petrifilm), así como también, un medio de cultivo tradicional en placas Petri.

Cultivo en placas compact dry, petrifilm y petri

Para determinar el recuento de bacterias aerobias mesófilas y *Escherichia coli*, se utilizaron placas Compact Dry TC y EC. La inoculación se realizó añadiendo 1 mL de agua peptonada de cada muestra en las placas, utilizando una pipeta volumétrica. Para la detección de *Salmonella spp.* y *Listeria monocytogenes*, se emplearon placas Petrifilm SALX y EL, las

cuales fueron inoculadas con 2 ml de agua peptonada por muestra, conforme a las instrucciones del fabricante.

Por otra parte, se utilizó también un método de cultivo tradicional, con el propósito de validar los resultados de la presencia o ausencia de *Salmonella* obtenidos mediante las placas Petrifilm. Primero, se realizó la inoculación de cada muestra en dos caldos de enriquecimiento: Tetratonato y Rappaport. Para ello, se añadieron 1 ml de muestra al caldo Tetratonato y 0.1 ml al caldo Rappaport, utilizando una micropipeta. Ambos caldos fueron posteriormente incubados bajo condiciones controladas correspondientes a cada uno.

Transcurrido el periodo de incubación, se procedió a sembrar cada uno de los caldos en placas Petri preparadas con agar verde brillante. La siembra se realizó por estría, utilizando un asa bacteriológica esterilizada, con el objetivo de aislar las posibles colonias de *Salmonella*.

Todas las placas utilizadas (Compact Dry, Petrifilm y Petri) fueron incubadas a una temperatura estándar de 37 °C durante un período de 24 horas, siguiendo las condiciones de crecimiento específicas para cada microorganismo, según lo establecido en la **tabla 5**.

Tabla 5. Límites de criterios microbiológicos y condiciones de crecimiento.

Microorganismo	Límites		Referencia o legislación	Temperatura (°C)			Tiempo optimo (horas)
	m	M		Mín.	Optima	Máx.	
Aerobios mesófilos	4,0 log UFC/cm ² media loga rítmica diaria	5,0 log UFC/cm ² media loga rítmica diaria	Reglamento (CE) N° 1441/2007. Diario Oficial de la Unión Europea.	20	30-37	45	24
	10 ⁶ UFC/g	10 ⁷ UFC/g	Reglamento Sanitario de los Alimentos Decreto N° 977/96.				

(Actualizado
2023) Chile.

<i>Escherichia coli</i>	10 UFC/g	RTCA. Criterios Microbiológicos para la Inocuidad de los Alimentos (RTCA 67.04.50:17) - 2018	7	37	50	24±2
<i>Salmonella</i>	Ausencia/25 g	Unión Económica de Eurasia - 2016. Reglamento (CE) N°				
	Ausencia	1441/2007. Diario Oficial de la Unión Europea. RTCA. Criterios Microbiológicos para la Inocuidad de los Alimentos (RTCA 67.04.50:17) - 2018	5.2	35-43	46.2	24±3
	Ausencia/25 g	Unión Económica de Eurasia - 2013.	-0.5	30-37	45	24±2
<i>Listeria monocytogenes</i>	Ausencia en 25 g					

Nota.

- **m:** Criterio microbiológico por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud.
- **M:** Criterio microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud.

Recuento y determinación de resultados microbiológicos

Los resultados para los microorganismos indicadores evaluados (aerobios mesófilos y *Escherichia coli*) se obtuvieron mediante el recuento de células viables, también conocido como recuento en placa. A través de esta metodología se permitió cuantificar el número total

de microorganismos presentes en cada muestra, mediante el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC). Para realizar la interpretación y comparación de los datos obtenidos, los resultados se expresaron en valores logarítmicos de las unidades formadoras de colonias por centímetro cuadrado (Log UFC/cm²). Esta conversión logarítmica es empleada en microbiología, ya que permite manejar de manera más efectiva, amplios niveles de concentración microbiológica, facilitando el análisis de los resultados. En el caso de *Salmonella spp.* y *Listeria monocytogenes*, los resultados se presentaron en función de su presencia o ausencia, conforme a los límites establecidos en la **Tabla 5**, de acuerdo con los criterios definidos por normativas y reglamentos regionales e internacionales.

4.4. Variables

4.4.1. Variables Dependientes

- Número de UFC indicadores (bacterias aerobias mesófilas, *E. coli*).

4.4.2. Variables Independientes

- Concentración de ácido acético (2.5%, 2.0% y 1.5%).

4.5. Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA), ya que es adecuado para experimentos con un solo factor en los que se comparan dos o más tratamientos. En este estudio, el factor considerado como variable independiente fue la concentración de ácido acético (%) mediante los tratamientos T1 (2.5%), T2 (2.0%) y T3 (1.5%) para los cuales se realizaron cinco repeticiones por cada tratamiento. La variable de respuesta fue la reducción de la actividad microbiana, expresada en valores logarítmicos de unidades formadoras de colonias por centímetro cuadrado (Log UFC/cm²). Los datos obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de rango múltiple de Tukey, utilizando el programa estadístico *InfoStat*, con un nivel de significancia del 5%. Este análisis permitió evaluar las hipótesis planteadas en la investigación.

Tabla 6. Diseño experimental de los tratamientos de ácido acético.

Tratamiento	Concentración de ácido acético (%)	Reducción de actividad microbiana
T-Control	-	Log UFC/cm ²
T1	2.5	Log UFC/cm ²
T2	2.0	Log UFC/cm ²
T3	1.5	Log UFC/cm ²

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Actualización del Manual HACCP de la Cosecha de Cerdos

A partir de la información recopilada sobre el sistema HACCP y los distintos documentos emitidos por organismos nacionales, regionales e internacionales, relacionados con las etapas y procedimientos reglamentarios para la cosecha de cerdos, se llevó a cabo la actualización y validación del Manual HACCP de la cosecha de cerdos del LCC. Este proceso se realizó en cumplimiento con los lineamientos establecidos por las entidades reguladoras, siguiendo la secuencia lógica de los elementos contenidos en el manual. La **tabla 7, 8 y 9**; presentan de forma detallada los componentes que fueron actualizados, modificados o incorporados como parte de los resultados obtenidos de esta revisión.

Tabla 7. Actualizaciones realizadas al manual HACCP de la cosecha de cerdos.

N.	ACTIVIDAD	# PÁG.	OBSERVACIONES
1	Portada	1	Actualización de título
2	Organigrama del LCC	1	Actualización
3	Funciones por sección	5	Actualización
4	Descriptor del puesto	8	Actualización
5	Introducción	18	Actualización
6	Definición del producto	20	Se agrego información
7	Volumen d producción	20	Actualización
8	Capacidad máxima de producción	20	Actualización
9	Tipo de elaboración	21	Actualización
10	Identificación del área de trabajo y el equipamiento	22-24	Actualización de redacción
12	Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento	26	Actualización
13	Tabla de uso de desinfectantes	26-27	Elaboración
14	Descripción de las etapas	28-35	Actualización
16	Buenas Prácticas de Almacenamiento	37	Actualización de redacción
18	Normas de almacenamiento (Cuarto frio)	38	Actualización

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Cinco pasos preliminares del manual HACCP de la cosecha de cerdos.

PASOS PRELIMINARES PARA EL PLAN HACCP			
13	Forma 1-A. Información General	40	Actualización de redacción
14	Forma 2. Descripción del Producto	41	Actualización de redacción
15	Forma 2-A. Nombre común e ingredientes	42	Actualización
16	Forma 3. Descripción de uso esperado del producto	43	Actualización de redacción
17	Forma 4. Diagrama de flujo del proceso de cosecha	44	Actualización

Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. Entes regulatorios consultados para actualización del Principio 1 y PCC del manual de la cosecha de cerdos.

N.	Principio 1: Análisis de Peligros	Ente Regulador							
		SAG		FSIS		CODEX ALIMENTARIUS		Ministerio de España	
		# de Pág.	Doc.	# de Pág.	Doc.	# de Pág.	Doc.	# de Pág.	Doc.
1	Descarga, recepción, corralaje e inspección ante- mortem	35	Acuerdo 078	20	FSIS-GD-2023-0003	28	CAC/GL 87-2016	N/A	N/A
2	Arreo y duchado de cerdo	22	Acuerdo 078	21	FSIS-GD-2023-0003	29	CAC/GL 87-2016	22	Guía MTDs
3	Aturdimiento/ insensibilización	N/A	N/A	N/A	N/A	29	CAC/GL 87-2016	N/A	N/A
4	Izado y sangrado	22	Acuerdo 078	25	FSIS-GD-2023-0003	29	CAC/GL 87-2016	N/A	N/A
5	Lavado	N/A	N/A	26	FSIS-GD-2023-0003	N/A	N/A	N/A	N/A
6	Escaldado	N/A	N/A	25	FSIS-GD-2023-0003	30	CAC/GL 87-2016	24	Guía MTDs
7	Depilado	23	Acuerdo 078	26	FSIS-GD-2023-0003	31	CAC/GL 87-2016	N/A	N/A
8	Descascarillado de patas, corte de las patas posteriores	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	Enucleación, amarre de recto, esparrancado e izado	N/A	N/A	33	FSIS-GD-2023-0003	32	CAC/GL 87-2016	N/A	N/A
10	Corte de cabeza y patas anteriores	N/A	N/A	N/A	N/A	34	CAC/GL 87-2016	N/A	N/A
11	Flameado	N/A	N/A	28	FSIS-GD-2023-0003	31	CAC/GL 87-2016	N/A	N/A
12	Evisceración	N/A	N/A	33	FSIS-GD-2023-0003	33	CAC/GL 87-2016	26	Guía MTDs
13	Inspección de vísceras comestibles	23	Acuerdo 078	N/A	N/A	35	CAC/GL 87-2016	N/A	N/A
14	División de canal	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
15	Limpieza y lavado de canal	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	28	Guía MTDs
16	Inspección de cero tolerancia	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
17	Intervención antimicrobiana	N/A	N/A	24	Guía de Peligros y controles para la carne	35	CAC/GL 87-2016	N/A	N/A
18	Almacenamiento de canales en cuarto frío	N/A	N/A	25	Guía de Peligros y controles para la carne	36	CAC/GL 87-2016	N/A	N/A

Nota. N/A: No aplica.

Fuente: elaboración propia.

5.2. Resultado de análisis de bacterias aerobias mesófilas

Los resultados obtenidos del recuento y reducción total de bacterias aerobias mesófilas, realizados en las diferentes etapas de muestreo se presentan en la **tabla 10**. Las unidades fueron expresadas en valores logarítmicos de unidades formadoras de colonias por centímetro cuadrado (Log UFC/cm²).

Tabla 10. Recuento de bacterias aerobias mesófilas.

Tratamiento	Baterias aerobias mesófilas Log UFC/cm ²				L.M.P.		Referencia
	Antes de Aplicar	Después de Aplicar	24 Hrs D/A	Reducción Total	m	M	
T-Control	2,25	N/A	1,78	0,47	4,0 log UFC/cm ²	5,0 log UFC/cm ²	Reglamento (CE) Nº 1441/2007
T1 - AA 2.5%	2,43	2,04	1,10	1,34			
T2 - AA 2.0%	2,21	2,11	1,01	1,77			
T3 - AA 1.5%	2,80	1,59	0,76	2,04			

Nota.

- **N/A:** No aplica
- **L.M.P:** Límite Máximo Permitido.

Fuente: elaboración propia.

Al realizar la comparación de los resultados obtenidos con los límites máximos permitidos establecidos por el Reglamento (CE) Nº 1441/2007 de la Unión Europea para bacterias aerobias mesófilas en canales porcinos, se determina que los niveles registrados en el muestreo previo a la aplicación del ácido acético se encuentran por debajo de los valores establecidos.

Al comparar el recuento inicial antes de la aplicación y el recuento obtenido después de aplicar el ácido acético, instantáneamente se observó una reducción significativa en todos los tratamientos (T1 2.5% T2 2.0% y T3 1.5%). El tratamiento T3, a pesar de tener la concentración más baja, presentó el mayor nivel de reducción, disminuyendo los niveles de bacterias aerobias mesófilas de 2.80 Log UFC/cm² a 1.59 Log UFC/cm².

Mediante los resultados del recuento inicial antes de la aplicación del ácido acético, con los datos obtenidos 24 horas después del tratamiento, se observó una reducción significativa en los distintos tratamientos evaluados (T1 2.5%, T2 2.0% y T3 1.5%). El tratamiento T3 mostró la mayor efectividad, reduciendo el recuento de bacterias aerobias mesófilas de 2,80 Log UFC/cm² a 0,76 Log UFC/cm², lo que representa una disminución total de 2,04 Log UFC/cm², tal como se detalla en la columna de reducción total de la **tabla 10**.

La **figura 4**, muestra los resultados del recuento de bacterias aerobias mesófilas obtenidos en las distintas etapas de muestreo, donde se representan gráficamente los niveles de recuento y reducción totales, alcanzados por cada tratamiento según la concentración aplicada.

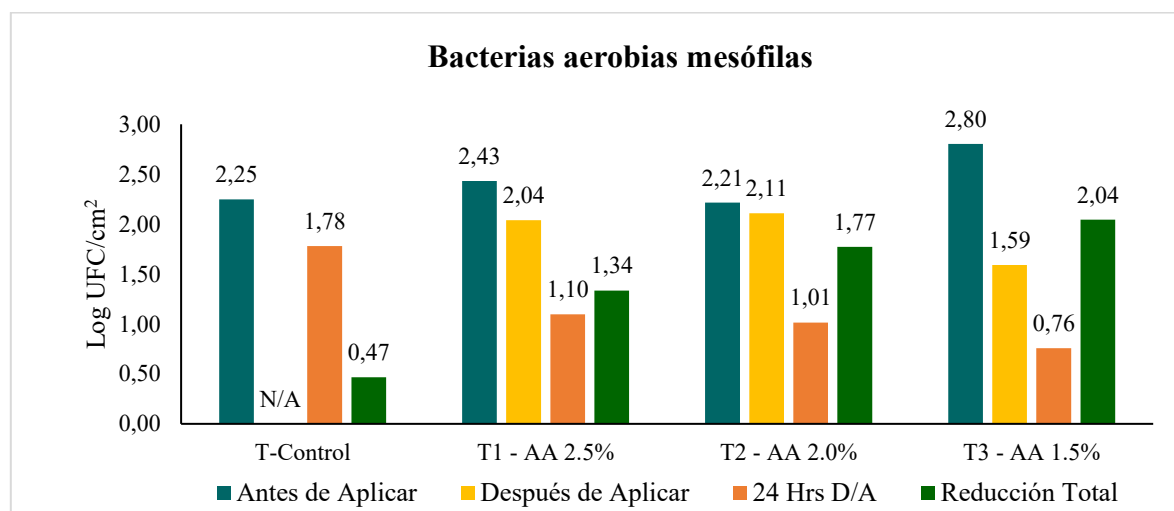


Figura 4. Gráfico de recuento y reducción total de bacterias aerobias mesófilas.

5.3. Resultado de análisis de *Escherichia coli*

Los resultados obtenidos del recuento y reducción total de *Escherichia coli*, realizados en las diferentes etapas de muestreo se presentan en la **tabla 11**. Las unidades fueron expresadas en valores logarítmicos de unidades formadoras de colonias por centímetro cuadrado, (Log UFC), ya que el análisis se realizó a muestras obtenidas por superficie (cm²).

Tabla 11. Recuento de *escherichia coli*

Tratamiento	<i>Escherichia coli</i> Log UFC/cm ²				L.M.P.	Referencia
	Antes de Aplicar	Despues de Aplicar	24 Hrs D/A	Reducción Total		
T-Control	1,38	N/A	0,37	1,09	10 UFC/g	RTCA 67.04.50:08
T1 - AA 2.5%	1,48	0,79	0,00	1,48		
T2 - AA 2.0%	1,36	0,71	0,00	1,36		
T3 - AA 1.5%	1,52	0,21	0,21	1,31		

Nota.

- N/A: No aplica
- L.M.P: Límite Máximo Permitido.
- 10 UFC/g = 1.0 Log UFC/cm²

Fuente: elaboración propia.

Según el Reglamento Técnico Centroamericano de 2009, para el subgrupo correspondiente a la categoría 8.1.1 de productos cárnicos crudos, se establece un límite máximo de *Escherichia coli* de 10 UFC/g, lo que es igual a un valor de 1,0 Log UFC/cm². Al comparar este parámetro con los resultados obtenidos, se determina que los niveles registrados en el muestreo previo a la aplicación del ácido acético superan dicho límite, lo que indica un cierto grado de contaminación microbiológica.

Al comparar los recuentos iniciales antes de la aplicación con los datos obtenidos inmediatamente después de aplicar el ácido acético, se observó una reducción significativa en todos los tratamientos (T1 2.5% T2 2.0% y T3 1.5%). El tratamiento T3, a pesar de tener la concentración más baja, logró una mayor reducción, disminuyendo los niveles de *Escherichia coli* de 1.52 Log UFC/cm² a 0.21 Log UFC/cm². Lo cual indica que se redujo a valores inferiores que se encuentran por debajo del límite máximo permitido, tal como se indica en la columna correspondiente al L.M.P. de la **tabla 11**.

Mediante la comparación de los resultados del recuento inicial antes de la aplicación del ácido acético con los datos obtenidos 24 horas después del tratamiento, se observó una reducción significativa en todos los tratamientos evaluados (T1 2.5%, T2 2.0% y T3 1.5%).

Sin embargo, en esta etapa final de muestreo, el tratamiento T1 mostró una mayor efectividad, superando al tratamiento T3, que había presentado los mejores resultados en la evaluación instantánea posterior a la aplicación. Mientras que el tratamiento T3 mantuvo un valor constante de 0.21 Log UFC/cm², el tratamiento T1 logró una disminución significativa en el recuento de *Escherichia coli*, pasando de 1.48 Log UFC/cm² a 0.00 Log UFC/cm², lo que representa una reducción total de 1.48 Log UFC/cm², como se detalla en la columna de reducción total de la **tabla 10** y por ende los resultados finales correspondientes al T3, se encuentran dentro de los límites máximos permitidos.

La **figura 5** muestra los resultados del recuento de *Escherichia coli*, obtenidos en las distintas etapas de muestreo, donde se representan gráficamente los niveles de recuento y reducción totales, alcanzados por cada tratamiento según la concentración aplicada.

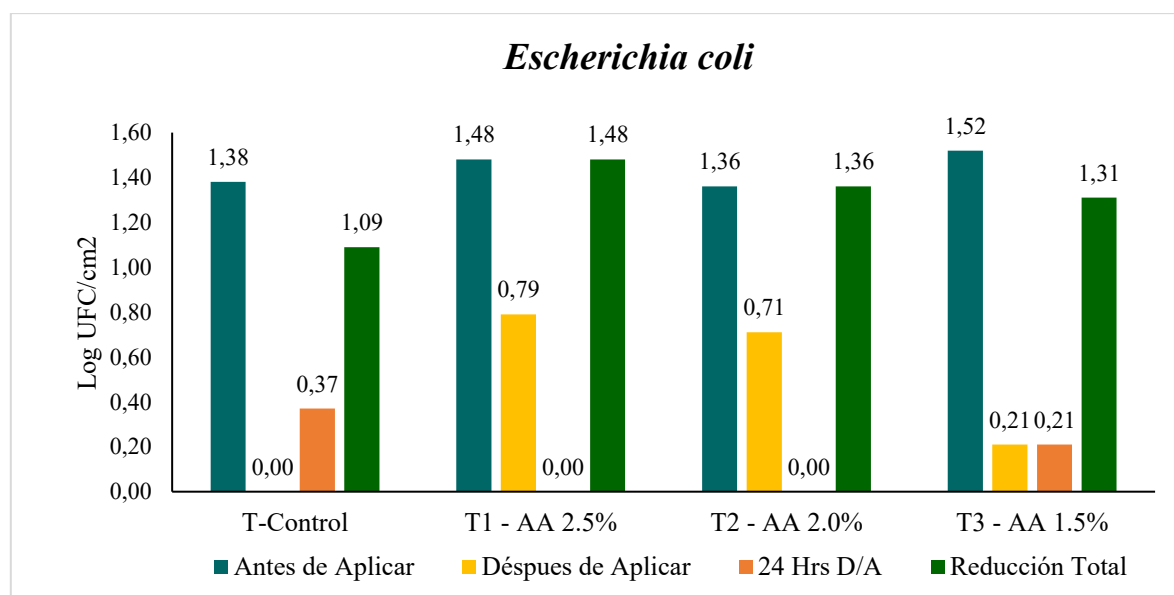


Figura 5. Gráfico de recuento y reducción total de *Escherichia coli*.

5.4. Resultados de análisis de *Salmonella spp.*

Los resultados del análisis de *Salmonella spp.* en las distintas etapas de muestreo se presentan en la **tabla 12**. Estos se expresan de forma cualitativa, indicando la presencia o ausencia del microorganismo en las muestras evaluadas entre los diferentes tratamientos (T1 2.5%, T2 2.0% y T3 1.5%).

Tabla 12. Interpretación de resultados para *Salmonella*

Tratamientos	<i>Salmonella spp.</i>			L.M.P.	Referencia
	Antes de aplicar	Después de Aplicar	24 Hrs. D/A		
T-control	Presencia	N/A	Presencia	Ausencia en la zona examinada por canal	Reglamento (CE) N° 1441/2007
T1 - AA 2.5%	Presencia	Ausencia	Ausencia		
T2 - AA 2.0%	Presencia	Presencia	Ausencia		
T3 - AA 1.5%	Presencia	Presencia	Ausencia		

Nota.

- **N/A:** No aplica
- **L.M.P:** Límite Máximo Permitido.

Fuente: elaboración propia.

Al comparar los resultados obtenidos con el límite máximo establecido por el Reglamento (CE) N° 1441/2007 de la Unión Europea para la detección de *Salmonella* en canales porcinas, se determina que los datos registrados en el muestreo previo a la aplicación del ácido acético exceden el límite permitido, ya que se determinó la presencia de este microorganismo previo a la aplicación con ácido acético.

Mediante la comparación de los resultados obtenidos antes de la aplicación con los datos registrados inmediatamente después del tratamiento con ácido acético, se observó una reducción significativa de *Salmonella* hasta niveles de ausencia con el tratamiento T1, correspondiente a la concentración más alta (2.5%). Este resultado evidencia una mayor efectividad de dicho tratamiento y se encuentra en concordancia con el límite establecido por el reglamento de la Unión Europea.

En la comparación final entre los resultados del muestreo inicial, realizado antes de la aplicación del ácido acético, y los datos obtenidos 24 horas después del tratamiento, se observó una reducción significativa en todos los tratamientos evaluados (T1 2.5%, T2 2.0% y T3 1.5%), ya que dichos tratamientos lograron una eliminación total de *Salmonella*, alcanzando niveles de ausencia, a diferencia del tratamiento control, que continuó mostrando presencia del microorganismo incluso después de la reducción de temperatura durante el almacenamiento de las canales en cuarto frío. Estos resultados confirman la efectividad del ácido acético en las concentraciones evaluadas y se encuentran en concordancia con el límite establecido en la columna L.M.P. de la **tabla 12**.

5.5. Resultados de análisis de *Listeria monocytogenes*

Los resultados del análisis de *Listeria monocytogenes* en las distintas etapas de muestreo se presentan en la **tabla 13**. Estos se expresan de forma cualitativa, indicando la presencia o ausencia del microorganismo en las muestras evaluadas entre los diferentes tratamientos (T1 2.5%, T2 2.0% y T3 1.5%).

Tabla 13. Interpretación de resultados para *Listeria monocytogenes*

Tratamientos	<i>Listeria monocytogenes</i>			L.M.P.	Referencia
	Antes de aplicar	Después de Aplicar	24 Hrs. D/A		
T-control	Ausencia	N/A	Presencia	Ausencia en 25 g.	Norma de la Unión Aduanera de Eurasia 2013
T1 - AA 2.5%	Ausencia	Ausencia	Ausencia		
T2 - AA 2.0%	Ausencia	Ausencia	Ausencia		
T3 - AA 1.5%	Ausencia	Ausencia	Ausencia		

Fuente: elaboración propia.

Al comparar los resultados obtenidos con el límite máximo establecido por la Norma de la Unión Aduanera de Eurasia de 2013, para la detección de *Listeria monocytogenes* en canales porcinos, se determina que los datos registrados durante las distintas etapas de muestreo están en concordancia con dicho límite, ya que se confirmó la ausencia de este patógeno tanto antes como después de la aplicación de los tratamientos con ácido acético (T1 2.5%, T2 2.0% y T3 1.5%), a diferencia del tratamiento control que mostró presencia de *Listeria monocytogenes*

24 horas después del almacenamiento en cuarto frío, lo cual puede atribuirse a la naturaleza psicrófila de este microorganismo, capaz de desarrollarse a bajas temperaturas.

VI. CONCLUSIONES

- Se logró realizar la revisión detenida del plan HACCP que permitió verificar la adecuada aplicación de intervención antimicrobiana y detectar oportunidades de mejora, lo que llevó a la actualización y validación de los distintos componentes del manual, incluyendo las etapas del proceso de cosecha, el análisis de peligro, los puntos críticos de control y las medidas correctivas, fortaleciendo así la inocuidad del proceso de faenado y asegurando el cumplimiento de las normativas nacionales e internacionales.
- Mediante los resultados obtenidos se pudo evaluar que la aplicación del ácido acético mediante la aspersión es una medida efectiva para reducir la carga microbiana en canales porcinos. El tratamiento con una concentración del 1.5% (T3) fue el más eficaz en la reducción de bacterias aerobias mesófilas. Por otro lado, la mayor reducción de *Escherichia coli* se obtuvo con el tratamiento al 2.5% (T1).
- En cuanto a *Salmonella* y *Listeria monocytogenes*, los tres tratamientos evaluados (T1, T2 y T3) resultaron igualmente efectivos, alcanzando niveles de ausencia de estos patógenos. Estos hallazgos respaldan el uso del ácido acético como una alternativa viable para mejorar la inocuidad microbiológica en la producción de carne porcina y productos cárnicos.

VII. RECOMENDACIONES

- Mantener el seguimiento de la actualización constantes del manual HACCP para el proceso de cosecha de cerdos por lo menos una vez en el año.
- Investigar los posibles efectos del ácido acético sobre las propiedades organolépticas en las canales porcinas, mediante el desarrollo de evaluación sensorial, basada en las concentraciones evaluadas mediante el presente estudio.
- Establecer el protocolo la intervención microbiana como una etapa requerida en el proceso de cosecha de cerdos en las instalaciones del Laboratorio de Ciencias de la Carne.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio, MEG; López, PPR; Poma, JMR. 2024. Procesos mínimos que garantizan la inocuidad en una planta de la industria cárnica. (en línea). Revista de Investigación Multidisciplinaria CTSCAFE, 8(22) 8:12-12. Consultado 28 ago. 2024. Disponible en <http://www.ctscafe.pe/index.php/ctscafe/article/view/271>.
- Bonilla, KCP. 2021. Validation of commercial antimicrobial intervention technologies to control Salmonella and Shiga toxin-producing Escherichia coli (STEC) on pre-rigor, skin-on market hog carcasses and chilled pork wholesale cuts. Manhattan, Kansas State University. .
- Bravo, JDM; Ramos, MV V. 2021. Implementación de buenas prácticas de manufactura y el efecto en la calidad microbiológica de carne empacada al vacío cárnica “Don Ramón” (en línea). Calceta, ESPAMMFL. 12-13 p. Consultado 27 ago. 2024. Disponible en <http://repositorio.espa.edu.ec/handle/42000/1558>.
- Cid, SB; Turón, MG. 2014. Condiciones que determinan el crecimiento y la supervivencia de Listeria monocytogenes en alimentos listos para el consumo. (en línea). Barcelona, Instituto de Investigación y Tecnología Alimentaria (IRTA). . Disponible en www.irta.cat.
- Codex Alimentarius. 2022. Principios generales de higiene de los alimentos (en línea). CXC 1-1969. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)/Organización Mundial de la Salud (OMS) :01-06. Consultado 27 ago. 2024. Disponible en www.codexalimentarius.org.
- _____. 2023. General principles of food hygiene. (en línea). CXC 1-1969. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)/Organización Mundial de la Salud (OMS). . DOI: <https://doi.org/10.4060/cc6125en>.
- Comisión del Codex Alimentarius. 2022. Directrices para el control de la ECT en la carne de bovino cruda, las hortalizas de hoja verde frescas, la leche cruda y los quesos a

base de leche cruda y las semillas germinadas. CX/FH 22/52/7 Add.1. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)/Organización Mundial de la Salud (OMS) :55. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800262-9.00003-2>.

Cortés, D; Chue de Pérez, JR; Tejedor, W. 2021. Impacto del recurso humano al implantar un sistema de gestión de inocuidad alimentaria en pequeñas y medianas empresas en Panamá. Revista Prisma Tecnológico 11(1):23-30. DOI: <https://doi.org/10.33412/pri.v11.1.2531>.

CRF. 2025. Code of Federal Regulations.

Díaz, JFM; Bazán, ELU; Manchay, RD; Cruz, LDR. 2020. Análisis de la concentración de ácido acético de seis marcas de vinagre de manzana. MEDICINA NATURISTA 14(2):79-83.

Elika. 2024. Salmonella (en línea, sitio web). Consultado 10 oct. 2024. Disponible en <https://seguridadalimentaria.elika.eus/fichas-de-peligros/salmonella/>.

Espitia, JJC; Lozano, LC; Suárez, DMT. 2022. Efecto bactericida del ácido acético presente en el vinagre, una alternativa a desinfectantes sintéticos o químicos. Revista Boletín Redipe, 11(1) :440-451.

FAO. (2007). Buenas Prácticas para la Industria de la Carne. Roma, s.e.

_____. (2011). Preventing E. coli in food. s.l., s.e.

Fernández, AC. 2022. Revisión y análisis bibliográfico sobre Salmonella spp. s.l., Universidad de Valladolid. .

FIRA. (2020). Carne de cerdo 2020. s.l., s.e.

Flores, SC. (2020). Panorama y perspectivas de la producción de carne de cerdo en el Perú. Lima, s.e.

FSIS, U. (1999). Modelo HACCP general para el sacrificio de puercos. (en línea). s.l., s.e. Disponible en <http://www.fsis.usda.gov/index.htm>.

_____. (2020). Guidebook for the Preparation of HACCP Plans (en línea). Washington, D.C., s.e. Disponible en <https://www.fsis>.

_____. (2023). FSIS Guideline to Control Salmonella in Swine Slaughter and Pork Processing Establishments (en línea). s.l., s.e. Consultado 3 sep. 2024. Disponible en <https://www.fsis.usda.gov/guidelines/2023-0003>.

- _____. 2024. Safe and Suitable Ingredients Used in the Production of Meat, Poultry, and Egg Products. FSIS Directive 7120.1. United States Department of Agriculture (USDA). (59).
- Garnica, HD. 2017. Efectos de la exposición de luz ultravioleta (UVC) y ácido acético en la carga microbiana y cambios fisicoquímicos en carne de res. Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana. .
- González, AR; Isaías, GT; Huerta, H V.; López, JA; Rubio, GRR; Barrera, JEM. 2020. Uso de agentes antimicrobianos naturales como inhibidores de *Salmonella enteritidis* en diferentes tipos de carne. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 20 (40) 20:140-154.
- Gonzalez, E; Herrera, B. 2014. Efficacy of acetic acid against *listeria monocytogenes* attached to poultry skin during refrigerated storage. *Foods* 3(3):527-540. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods3030527>.
- González, MAA; Olivera, TC; Escandón, MCC; Oliver, EA; Rodríguez, FIP; Díaz, PSB; Benitez, ET. 2010. Evaluación de las bases técnicas y administrativas para la posible implementación del sistema HACCP en una unidad de cría porcina. (en línea). *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria* 11(3B):1-15. Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet-http://revista.veterinaria.orgVol.11,No03B,Marzo/2010-http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030310B.html>.
- Heredia, N; Aviña, JED; Soto, LS; García, S. 2014. Productos cárnicos: principales patógenos y estrategias no térmicas de control Meat products: main pathogens and non-thermal control strategies. *Nacameh*. 8(1):20-42.
- Hidalgo Bravo, DC; Olmedo Hidalgo, M V. (2017). EFECTO DE DOS CONSERVANTES ORGÁNICOS (ÁCIDOS CÍTRICOS Y ACÉTICO) EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS CARNES CRUDAS DE RES Y CERDO. s.l., s.e.
- Hidalgo, D; Olmedo, M. 2017. Efectos de dos conservantes orgánicos (Ácido cítrico y acético) en las características fisicoquímicas de las carnes crudas de res y cerdo (en línea). *Chone-Manabí, ULEAM*. 52-52 p. Consultado 30 ago. 2024. Disponible en <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/1716>.
- ISP. (2015). Consideraciones importantes en el uso de desinfectantes. s.l., s.e.

- de la Unión Europea, DO. 2007. Reglamento (CE) No 1441/2007 de la Comisión de 5 de diciembre de 2007 que modifica el Reglamento (CE) No 2073/2005 relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios. Diario Oficial de Unión Europea (UE), N° 1441. :12-29.
- _____. 2012. Reglamento (UE) N° 231/2012 de la Comisión de 9 de marzo de 2012. Official Journal of the European Union :83-83.
- López, AMF; Cervera, VF; Almanza, AFC; Soto, EUC. 2023. Detección ultra-rápida de *Listeria monocytogenes* en muestras de carne de cerdo en el sur de Sonora: *Listeria monocytogenes* en carne en el sur de sonora. (en línea). Acta de Ciencia en Salud 20. Disponible en <http://www.scienceprimer.com/>.
- Madigan, MT; Martinko, JM; Bender, KS; Buckley, DH; Stahl, DA. 2015. Brock. Biología de los microorganismos. 14 ed. Madrid, PEARSON EDUCACIÓN, S.A. 150-157 p.
- Mariño, PA. 2020. Caracterización de las poblaciones microbiológicas presentes en la carne (cerdo, aves de corral y bovinos) y su relación con la inocuidad a partir de una revisión de literatura realizada para el periodo 2015-2020. Bucaramanga, Universidad Cooperativa de Colombia. 27-28 p.
- Martín, A. 2019. Caracterización de la canal y estudio de la calidad de carne del Cochino Negro Canario. La Laguna, Universidad de La Laguna. 25-26 p.
- Moncada, DXG. 2022. Carga microbiana en carne de *Sus scrofa domesticus*, en diferentes puestos de ventas. Sullana, 2021. Sullana, Universidad Nacional de Frontera. 6-7 p.
- Morales, YC; Granoble, GC. 2019. Implementación de un manual haccp en dos líneas de productos tocino ahumado y jamón de pierna en la industria cárnica finca LOS NONNOS SA. Manta, ULEAM. .
- Oliva, DP; Alegret, MT. 2017. Descontaminación de canales: perspectivas de aplicación en porcino.
- Ortega, IB. 2014. Análisis microbiológico de alimentos cárnicos. (en línea). Jaén, Universidad de Jaén. 05-06 p. Consultado 27 ago. 2024. Disponible en <https://hdl.handle.net/10953.1/560>.
- Pazmiño, ABA. 2019. Efectividad del Ácido Acético al 5% y Clorhexidina al 0,12% como desinfectantes de cepillos dentales usados. Riobamba, Universidad Naional de Chimborazo. 27-28 p.

- PIC Latinoamérica. (2023). Estadísticas de Mercado Porcino. s.l., s.e.
- Púa, AL; Navas, NM. 2014. Calidad higiénica y determinación de *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. en carne de cerdo en expendios de Barranquilla. @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria 12(1):15-22.
- Rodríguez, A. 2015. Características de calidad de la canal y de la carne en cerdos sacrificados a pesos pesados. Mexicali, Baja California, Universidad Autónoma de Baja California. 06 p.
- Rufo, C; Rodríguez, MS; Brugnini, G. (s. f.). *Listeria monocytogenes*. Canelones, s.e.
- SAG. (2021). Porcino: Análisis de Coyuntura (en línea). s.l., s.e. Disponible en www.sag.gob.hn.
- _____. (2023). En un 60 % avanza muestreo nacional en cerdos de traspatio. s.l., s.e.
- Sánchez, MAM; Yusty, MB; Hernández, GBM; Gómez, AL. 2023. Evaluación de la actividad antioxidante y antimicrobiana de vinagres de alto contenido en ácido acético. Workshop en Investigación Agroalimentaria para jóvenes investigadores. 12:46-47.
- Sanchis, CI; Arnedo, AC. 2022. Importancia de las prácticas de higiene y manipulación en matadero de porcino para la salud pública. Nereis: revista iberoamericana interdisciplinar de métodos, modelización y simulación 14:143-156.
- Silano, V; Baviera, J; Bolognesi, C; Brüscheiler, B; Chesson, A; Cocconcelli, P; Crebelli, R; Gott, D; Grob, K; Lampi, E; Riviere, G; Steffensen, I; Tlustos, C; Loveren, H; Vernis, L; Zorn, H; Bolton, D; Cid, S; de Knecht, J; Peixe, L; Skandamis, P; Baù, A; Martino, C; Messens, W; Sarno, E; Tomcikova, D; Mortensen, A. 2018. Evaluation of the safety and efficacy of the organic acids lactic and acetic acids to reduce microbiological surface contamination on pork carcasses and pork cuts. EFSA Journal 16(12). DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5482>.
- Solano, JMP. 2022. Implementación y administración de indicadores de gestión para una planta de corte de cerdo. Lima, UNALM. .
- Suárez, MFR; Melchor, OL; Ledesma, MR. 2020. Detección de microorganismos patógenos (*Salmonella* spp y *Listeria monocytogenes*) en carnes procesadas provenientes de supermercados de Guadalajara, Jalisco México. (en línea). Avances de Investigación

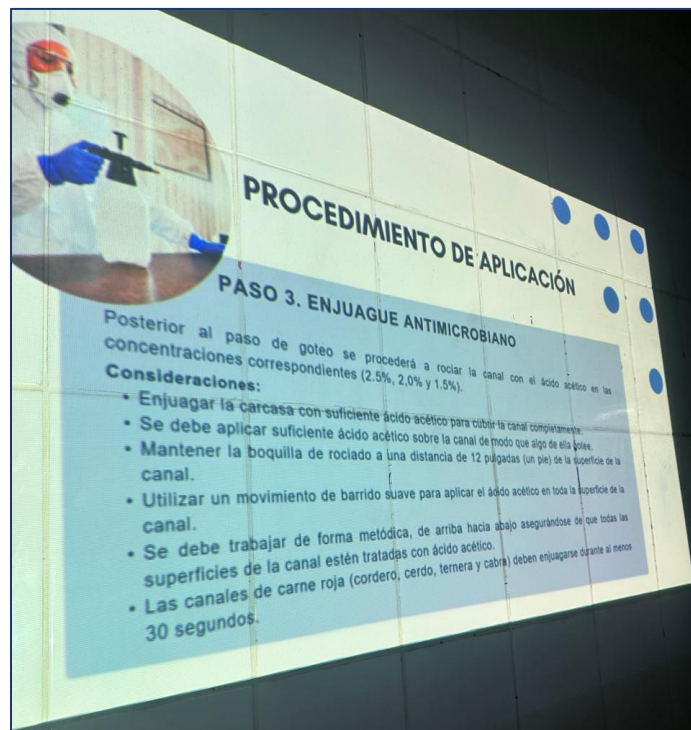
- en Inocuidad de Alimentos 3:6-6. Consultado 13 oct. 2024. Disponible en <http://www.e-gnosis.udg.mx/index.php/trabajosinocuidad>.
- Urkijo, FE; Eguinoa, P; Labairu, J. (2009). Como se valora la calidad de la canal y la calidad de la carne. s.l., s.e. Consultado 13 oct. 2024.
- Vargas, EFS; Peralta, LPB. 2017. Métodos para medición de grasa en canales de cerdo. Revista Tecnología en Marcha 30(4):28. DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3409>.
- Vargas, JM V. 2023. Diagnóstico de proceso de faenamiento y la calidad microbiológica de la carne de bovino y porcino en el camal municipal del cantón Sucúa. Macas, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Zapata, SH; Roa, NEB; Rivaz, EC; Gonzalez, CAZ. 2019. Estimación in vivo de la canal porcina por el método de ultrasonografía: Un Enfoque de la Ecointensificación en Bioeconomía Porcina. Rev. iberoam. bioecon. cambio clim. 5(10):1278-1294. DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v5i10.8966>.

ANEXOS

Anexo 1. Capacitación al personal operativo del LCC.



Anexo 2. Diapositivas de la capacitación impartida sobre el procedimiento de aplicación.



Anexo 3. Hoja de formato de registro y listado de personas capacitadas en el LCC.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
LABORATORIO DE CIENCIA DE LA CARNE
CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO DE PERSONAL

CAPACITACIÓN LCC-BPM-R-31

FECHA: 26/Nov/2024
HORA DE INICIO: 7:00 am
HORA FINAL: 11:00 am
FACITADOR: Elin Gaudy Kumbae

CONTENIDO TEMAS: Evaluación del uso de ácido acético para la reducción de contaminantes microbianos en canales de Pácinos

OBJETIVO: Conocer el procedimiento e importancia del uso de ácido acético para la reducción de contaminantes microbianos en canales de Pácinos

Nº	ASISTENTE	FIRMA
1	Miguel Fernando Andrade	Miguel
2	Andrés David Alvarado	Andrés
3	Antonio Adonice Díte	Antonio
4	Benito Asato	Benito
5	Angel Francisco	Angel
6	Nelly Ordóñez	Nelly
7	Alan Fernández	Alan
8	Miguel Paredes	Miguel
9	Rosell Pardo Latorre Mera	Rosell
10	Luzmila Rosalva Mejía	Luzmila
11	Isidro Núñez	Isidro
12	Edith Cando	Edith
13	Sandy Escobar	Sandy
14	Braylen Ruiz	Braylen
15	Carla María Patricia Morosini	Carla
16	Sofyany Paola Pérez	Sofyany
17		
18		
19		
20		
21		
22		

FIRMA DEL FACITADOR: Elin Gaudy Kumbae
FIRMA DE VERIFICACIÓN: [Firma]
FIRMA DE VERIFICACIÓN: [Firma]

REVISADO SEPTIEMBRE, 2024

Anexo 4. Ficha de registro de intervención antimicrobiana.

UNAG LCC

REGISTRO DE INTERVENCIÓN ANTIMICROBIANA DE CANALES
APLICACIÓN DE TRATAMIENTO 1 (T1)
LABORATORIO DE CIENCIAS DE LA CARNE

Fecha de cosecha	Hora de realización	Número de canal (C)	Aspersión de ácido acético en canal		Muestreo		Observaciones
			Si	No	Antes de aplicar (AA)	Después de aplicar (DA)	
03/12/2024	8:25 am	5	✓		✓	✓	
03/12/2024	8:39 am	7	✓		✓	✓	
03/12/2024	9:42 am	27	✓		✓	✓	
03/12/2024	10:15 am	24	✓		✓	✓	
03/12/2024	10:45 am	30					

Anexo 5. Aplicación del ácido acético.



Anexo 6. Realización de toma de muestra en canales.



Anexo 7. Caldos de enriquecimiento y agar para cultivo de muestras en medio tradicional.



Anexo 8. Procesamiento de las muestras en laboratorio de microbiología de alimentos.

