Verificación de la calidad microbiológica del proceso de elaboración del producto cárnico despostado “placas” de cerdo en el frigorífico La Fazenda

Yenifer Samary Gonzalez Gomez

Asesora Académica
Claudia Marina Clavijo Olmos

Asesor Empresarial
Andrés Leonardo Rincón Pérez

Trabajo de grado
Departamento de Microbiología
Universidad de Pamplona
Pamplona, Norte de Santander
2024

Tabla de contenido

Página

1. Introducción 1

2. Objetivos 3

2.1 General 3

2.2 Específicos 3

3. Planteamiento del problema y justificación 4

4. Marco teórico 5

4.1 Características generales de *Salmonella* spp. 5

4.2 Microorganismos indicadores de contaminación 5

4.2.1 Aerobios mesófilos 6

4.2.2 Enterobacterias 6

4.2.3 *Escherichia coli* 6

4.3 Importancia de la seguridad alimentaria 6

4.4 Importancia de *Salmonella* spp. en cerdos 7

4.5 Impacto de *Salmonella* spp. como ETAs y su importancia en la salud publica 7

4.6 Sistema HACCP 9

5. Marco legal 9

6. Metodología 12

6.1 Toma de muestra 13

6.1.1 Muestreo de cabeza caliente despostada 13

6.1.2 Muestreo de cabeza 13

6.1.3 Muestreo de producto despostado “placas" 14

6.1.4 Muestreo de superficies 15

6.2 Procesamiento y montaje de muestras 15

6.2.1 Microorganismos Indicadores 15

6.2.2 Preparación y montaje de las muestras del producto cárnico despostado, producto cárnico caliente y cabeza de cerdo 16

6.2.3 Preparación y montaje de las muestras de superficies 17

6.3 Identificación presuntiva de *Salmonella* spp. 17

6.3.1 Preparación de las muestras 17

6.3.2 Preparación del equipo de detección molecular 3MTM 18

6.4 Expresión de resultados 18

6.4.1 *Escherichia coli* 18

6.4.2 Enterobacterias 19

6.4.3 Aerobios mesófilos 19

6.4.4 Detección molecular 3M^{TM} para *Salmonella* spp. 19

7. Cronograma de actividades 21

8. Resultados y Discusión 22

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

8.1 Resultados microbiológicos de muestras tomadas como control del estudio 22

8.2 Resultados microbiológicos producto cárnico despostado “placas” 24

8.3 Resultados microbiológicos de la superficie “moldes de placas” 27

8.4 Etapas en el proceso de beneficio como posibles fuentes de contaminación por *Salmonella* spp. 31

9. Conclusiones 32

10. Bibliografía 33

11. Anexos 37

Tabla de figuras

Figura 1 Proceso de elaboración del producto terminado “placas”. 12

Figura 2 Muestreo no destructivo en canal de cerdo 14

Figura 3 Método de hisopado en superficies 15

Lista de tablas

Tabla 1 Secuencia de actividades del estudio realizado 21

Tabla 2 Resultados microbiológicos de los controles del estudio 22

Tabla 3 Valores medios geométricos del organismo indicador para cerdos de mercado 23

Tabla 4 Resultados microbiológicos del producto cárnico despostado “placas” 24

Tabla 5 Requisitos microbiológicos para productos cárnicos procesados crudos frescos 25

Tabla 6 Interpretación de los resultados ensayo cuantitativo 27

Tabla 7 Resultados microbiológicos de la superficie “moldes de placas” 28

Tabla 8 Limites internos para el análisis de superficies 29

Tabla 9 Resultados microbiológicos de los guantes del personal 29

T**abla 10** Sistema de plan de control de peligros / HACCP frigorífico (2024), etapas en el proceso de beneficio que presentan peligro de contaminación para la obtención del producto cárnico “placas”. 31

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

1. Introducción

Salmonella spp. es una bacteria Gram negativa perteneciente a las enterobacterias cuya patología se denomina Salmonelosis, siendo de gran importancia en la salud pública y teniendo gran impacto en la industria alimentaria (Cuenca et al.,2020). Según la organización mundial de la salud (OMS, 2020), "la Salmonelosis es la principal causa de enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs) en el mundo, con millones de casos notificados anualmente". Su presencia en productos cárnicos representa un riesgo importante para la población, siendo la principal causa de infecciones entéricas bacterianas transmitidas por alimentos durante el año 2022 en Estados Unidos, donde la incidencia de infección fue alta para *Salmonella* spp. con 16,2 casos por 100.000 habitantes (Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 2023). Por otra parte, los cerdos pueden adquirir la bacteria durante su estancia en la granja, ocasionando pérdidas importantes, estimadas alrededor de 3kg por animal durante el ciclo de producción, lo que se traduce en graves pérdidas económicas para los productores (Bonilla et al., 2023). Por esta razón, el diseño de estrategias de control en las plantas de procesadoras es esencial para garantizar la seguridad alimentaria y reducir la carga económica asociada en la producción porcina.

El corte se refiere al proceso mediante el cual la carne se corta y se prepara para la venta, lo que representa un punto crítico para la contaminación por *Salmonella* spp. (Contreras et al., 2019). Asimismo, diversos estudios han demostrado una variación significativa en la prevalencia de *Salmonella* spp., que depende de la especie del animal, las condiciones higiénicas durante el proceso y las normas sanitarias aplicables en la planta. En este orden de ideas, se ha demostrado

que la contaminación por *Salmonella* spp. no se limita a las superficies de los productos cárnicos, sino que también puede estar presente en el tejido muscular, lo que supone un desafío para la detección y control de este patógeno (Rondón et al., 2021)., ya que un manejo inadecuado de la carne, como la falta de refrigeración o una cocción insuficiente, puede promover la supervivencia y proliferación de bacterias (Cohen et al., 2022).

En los últimos años, ha aumentado la conciencia sobre la importancia de la inocuidad alimentaria, condición necesaria para garantizar la seguridad alimentaria de la población, entendida como el conjunto de condiciones y medidas necesarias como todas las condiciones y medidas necesarias durante la producción, empaque, almacenamiento, distribución y preparación de alimentos para garantizar que no representan un riesgo para la salud una vez ingeridos (Minsalud, 2024). Los microorganismos indicadores permiten un acercamiento a la prevención de riesgos, ya que advierten de una manipulación incorrecta y/o contaminación que incrementan el riesgo de presencia de microorganismos patógenos en los alimentos (García & Ospina, 2022). Sin embargo, a pesar del énfasis puesto en la seguridad alimentaria, para tener una visión amplia sobre plantas de beneficio de cerdo en Colombia, este trabajo tuvo como objetivo Verificar la calidad microbiológica del proceso de elaboración del producto cárnico despostado “placas” de cerdo en el frigorífico La Fazenda.

2. Objetivos

2.1 General

Verificar la calidad microbiológica del proceso de elaboración del producto cárnico despostado "placas" de cerdo en el frigorífico La Fazenda.

2.2 Específicos

- Determinar la prevalencia de *Salmonella* spp. en producto cárnico despostado del área de cabezas.
- Establecer la prevalencia de bacterias indicadoras en "moldes de placas" y en superficies.
- Identificar las etapas del proceso de beneficio que presentan peligro de contaminación por *Salmonella* spp. mediante la aplicación del sistema HACCP.

3. Planteamiento del problema y justificación

La carne es una fuente importante de proteína en una dieta variada, aportando zinc, hierro, fosforo y aminoácidos esenciales, beneficiosos para adultos, niños y adolescentes sin embargo puede convertirse en un alimento portador de patógenos, sobre todo si no se maneja o procesa adecuadamente (Paz et al., 2023). Según García & Ospina (2022)., las ETAs, de origen cárnico y sus derivados, constituyen unos de los mayores problemas del mundo, donde el género *Salmonella* spp. es considerado como el principal agente bacteriano causante de gastroenteritis aguda. Según el Boletín Epidemiológico Semanal (BES, 2024), la notificación de brotes de ETAs causados por *Salmonella* spp. fue mayor en el 2023 en comparación con años anteriores. Además, la producción de carne de cerdo certificada en Colombia registró un incremento anual del 10 %" (INS, 2020); Es por esto, que la presencia de este microorganismo en la carne de cerdo despostada en el frigorífico La Fazenda puede presentar un riesgo tanto para consumidores como para la industria alimentaria local, ya que la contaminación por *Salmonella* spp. en la carne de cerdo se puede producir en cualquier etapa de la cadena productiva (Vega et al., 2020). En este orden de ideas, es fundamental implementar medidas efectivas de control y asegurar la salud pública. Por lo tanto, verificar la calidad microbiológica del proceso de producción de productos cárnicos puede ayudar a identificar fuentes de contaminación y a mejorar los procedimientos de control. Además, la detección temprana de *Salmonella* spp. no solo protege la salud de los consumidores, sino que también contribuye a la sostenibilidad de la industria cárnica.

4. Marco teórico

4.1 Características generales de *Salmonella* spp.

Salmonella spp. es un bacilo Gram negativo no esporulado perteneciente a la familia Enterobacteriaceae con un diámetro de 0.7 a 1.5 µm y con una longitud de 2 a 5 µm, es anaeróbico facultativo, ubicua y no contienen cápsula bacteriana; tiene la capacidad de adaptarse a diversos medios, logrando resistir la refrigeración, congelación y ambientes secos; Prosperan a temperaturas entre los 7°C y 49°C. Su metabolismo se caracteriza por ser de tipo fermentativo y oxidativo, tienen la capacidad de fermentar glucosa, pero a su vez, a diferencia de la mayoría de enterobacterias, no son fermentadoras de lactosa (Jay, 2005).

Los agentes etiológicos más frecuentes asociados con muertes por Salmonelosis durante el año 2022 son *Salmonella* Typhimurium y *Salmonella* Enteritidis; pueden ocasionar enterocolitis aguda, cuyos síntomas son: presencia de dolor de cabeza, dolor abdominal, náuseas, fiebre y diarrea que puede persistir durante varios días (CDC,2023).

4.2 Microorganismos indicadores de contaminación

La presencia de microorganismos específicos en un alimento ha sido esencial para obtener información sobre el estado que guarda el mismo, es por esto que algunos microorganismos se usan como indicadores, generalmente para reflejar la calidad microbiológica de los alimentos en relación con la vida útil del producto o su seguridad de los patógenos transmitidos por los alimentos, en general, los indicadores se usan con mayor frecuencia para evaluar la seguridad y el saneamiento de los alimentos (Jay et al., 2005) .

4.2.1 Aerobios mesófilos

Son bacterias que crecen en condiciones aerobias y a temperatura mesofílica, es decir, entre 20° C y 40° C que pueden ser monitoreados antes y después de los procedimientos de limpieza y desinfección para medir su eficacia (Jay et al., 2005).

4.2.2 Enterobacterias

La familia *Enterobacteriaceae* constituyen una gran gama de bacterias Gram negativas y anaerobias facultativas, su forma es muy variada desde cocobacilos hasta bacilos enlogados destacadas en la industria alimentaria por monitorear la higiene y el saneamiento (Jay et al., 2005).

4.2.3 *Escherichia coli*

Escherichia coli es una de las bacterias más utilizada como indicador del estado sanitario de los alimentos frescos, es una bacteria Gram negativa, anaerobia facultativa con forma de bastón y considerada como el indicador de contaminación fecal más valido en la industria de alimentos (Jay et al., 2005).

4.3 Importancia de la seguridad alimentaria

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020). “La seguridad alimentaria es un concepto que abarca la disponibilidad, acceso físico, social y económico a alimentos seguros y nutritivos para satisfacer las necesidades dietéticas y preferencias alimentarias de todas las personas lo cual, es fundamental tanto para la salud pública

como para el desarrollo económico". Es importante la educación social sobre la seguridad alimentaria, ya que el informe durante el periodo 2021-2023 sobre la seguridad alimentaria reporta que la cifra de subalimentación en Colombia fue de 4,2%, asimismo, la prevalencia de seguridad alimentaria moderada o grave fue de 30,7 % afectando a 16,3 millones de personas dando una alerta ya que la malnutrición afecta a la supervivencia de las personas (FAO, 2024).

4.4 Importancia de *Salmonella* spp. en cerdos

La infección generada por *Salmonella* spp. se origina debido a una serie de factores que abarcan desde la producción primaria en las granjas hasta su disposición final en las plantas de beneficio. En las instalaciones porcinas, el microorganismo puede ingresar a través de alimentos contaminados o nuevos animales, propagándose tanto por portadores enfermos como asintomáticos. Además, durante el transporte del animal hacia la planta de beneficio, se incrementa el riesgo de infección (Pond et al.,2016). El cuadro clínico varía dependiendo de las enterotoxinas y citotoxinas producidas por *Salmonella* spp., y las lesiones más comunes incluyen colitis y gastritis, así como esplenomegalia y linfadenomegalia en los ganglios mesentéricos (Bennett et al., 2020). Esta contaminación está relacionada con la capacidad del microorganismo para sobrevivir hasta por 196 días en el tracto gastrointestinal, lo que aumenta el riesgo de generar contaminación cruzada y representa una amenaza para la salud pública (MacDonald et al.,2019).

4.5 Impacto de *Salmonella* spp. como ETAs y su importancia en la salud publica

Las ETAs son un grupo de síntomas o afecciones que surgen tras el consumo de alimentos o agua contaminados por agentes etológicos para afectar la salud del consumidor (BES, 2024). Se clasifican en dos categorías:

- Infección alimentaria, que resulta de la ingestión del microorganismo, es decir, bacterias, virus, hongos y parásitos que puedan replicarse en la luz intestinal o invadir otros órganos.
- Intoxicaciones alimentarias, ocurre cuando las toxinas producidas por bacterias o mohos están presentes en el alimento ingerido (OPS/OMS, 2024).

Según la OMS (2020), las ETAs representan un problema en la salud pública, especialmente relacionadas con el consumo de alimentos de origen animal, que a menudo están implicados en brotes epidémicos. Se ha estimado 1,8 millones de muertes en todo el mundo atribuibles a la ingestión de alimentos contaminados y agua no potable, siendo los países en desarrollo vulnerables debido a la insuficiente vigilancia en bioseguridad alimentaria (Todd, 2014). En el contexto de *Salmonella* spp., algunos de los serotipos que afectan a los humanos son *Salmonella* Typhi**,** siendo el primero responsable de la fiebre tifoidea, *Salmonella* Paratyphi, *Salmonella* Typhimurium y *Salmonella* Enteritidis, siendo los dos últimos los serotipos más comunes cada año desde el 2010 (CDC, 2023). Así mismo, en el año 2019, la CDC, la Administración de Medicamentos y Alimentos en los Estados Unidos (FDA) investigaron un brote de *Salmonella* spp. asociado a golosinas de orejas de cerdo donde, de 133 casos con información disponible, 35 requirieron hospitalización y 23 eran niños menores de 5 años (CDC, 2024). En resumen, la prevalencia de *Salmonella* spp. hace referencia al número total de personas o un grupo que tienen o tuvieron cierta enfermedad en un momento especifico, provocando un gran impacto en la salud pública, afectando la economía, la seguridad alimentaria y la efectividad de los sistemas de salud.

4.6 Sistema HACCP

Los análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP), es un sistema que permite identificar, evaluar y controlar peligros biológicos, físicos y químicos significativos, además de medidas para su control contra la inocuidad de los alimentos, puede aplicarse a lo largo de toda la cadena alimentaria, esto permite que al implementar este tipo de sistema en una planta de alimentos esta logre garantizar que el producto elaborado se encuentre dentro de los requerimientos de calidad, por otra parte, facilita la inspección por parte de las autoridades de reglamentación y ayuda a promover el comercio internacional al aumentar la confianza en la inocuidad de los alimentos (Minsalud, 2002).

5. Marco legal

La resolución 2690 de 2015 del Ministerio de Agricultura y desarrollo rural junto al Ministerio de Salud y Protección social: “Establece las directrices para la formulación del programa de Verificación Microbiológica del Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la carne y productos cárnicos comestibles destinados para el consumo humano” (Resolución 2690, 2015).

La Resolución 2674 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social: “Establece los requisitos sanitarios que deben cumplir toda persona que ejerza actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, distribución y comercialización de alimentos, materias primas y los requisitos para el registro sanitario de los alimentos” (Resolución 2674, 2013).

La Resolución 0240 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social : “Establece los requisitos sanitarios para el funcionamiento de las plantas de beneficio animal incluyendo la especie porcina, plantas de desposte o exportación de carne y productos cárnicos comestibles” (Resolución 0240, 2013).

El Decreto 1500 de 2007 del Ministerio de Protección Social: “Establece el reglamento técnico mediante del cual se crea el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la carne, productos cárnicos comestibles y los derivados cárnicos destinados al consumo humano, también los requisitos sanitarios y de inocuidad que se deben cumplir a lo largo de cada una de las etapas de la cadena alimentaria” (Decreto 1500, 2007).

El Decreto 60 de 2002 del Ministerio de Salud y Protección social: “Promueve la aplicación del sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Critico – HACCP en las fábricas de alimentos y reglamenta el proceso de certificación” (Decreto 60, 2002).

El método oficial de la AOAC 2018.13 establece las instrucciones para la enumeración de *Escherichia coli* y coliformes en una amplia gama de alimentos y superficies ambientales seleccionadas (AOAC, 2018).

El método oficial AOAC 2016.01 establece la metodología del ensayo de detección molecular 3M^{TM} para *Salmonella* spp. en alimentos seleccionados y superficies ambientales (AOAC, 2016).

El método oficial AOAC 2003.01 establece las instrucciones para la enumeración de Enterobacterias en alimentos seleccionados (AOAC, 2003).

El método oficial AOAC 990.12 establece las instrucciones para el recuento de Aerobios en alimentos (AOAC, 1990).

La Norma Técnica Colombiana (NTC) 1325 de 2008 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y certificación (ICONTEC): "Establece los requisitos que deben cumplir los productos cárnicos procesados no enlatados" (NTC 1325, 2008).

La Norma Técnica Colombiana (NTC) -ISO 17604 de 2018 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y certificación (ICONTEC): " Especifica los métodos de muestreo para la detección y enumeración de microorganismos en las superficies de canales de animales beneficiados" (NTC-ISO 17604, 2018).

La Norma Técnica Colombiana (NTC) 5230 de 2017 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y certificación (ICONTEC): "Especifica un método horizontal para las técnicas de muestreo de superficies, ambientes y manos aplicadas en la industria de alimentos" (NTC 5230, 2017).

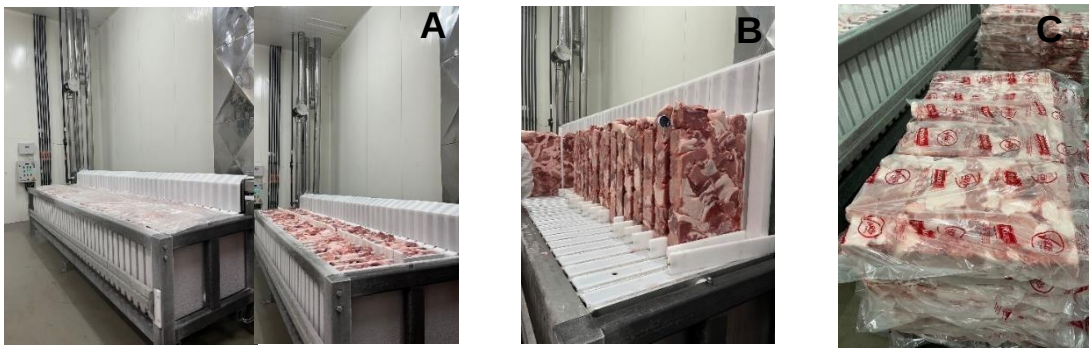
6. Metodología

El estudio se llevó a cabo en el frigorífico La Fazenda, específicamente en el área de cabezas y placas, que se encuentra ubicado en el kilómetro 105 del sector rural entre Puerto López y Puerto Gaitán, Meta. Las actividades experimentales se realizaron en el laboratorio de microbiología interno del mismo.

Se realizó sobre el producto cárnico despostado denominado "Placas" que consiste en trozos de carne, máscara, diafragma y lengua obtenidos del desposte de la cabeza de cerdo sin cartílagos, sin hematomas, sin glándulas, sin coágulos, libres de pelos y sin orejas, cuyo almacenamiento se da bajo condiciones de temperatura de congelación (-18°C). El producto por ser congelado y sin hueso, tiene una vida útil de 265 días y es comercializado a otras industrias de alimentos para elaboración de productos cárnicos procesados.

Figura 1

Proceso de elaboración del producto terminado "placas".



Nota. La figura muestra el producto cárnico despostado (placas) en proceso de congelación (A); el producto cárnico despostado previamente congelado (B); el producto cárnico despostado y empacado para su comercialización (C). Fuente: Autor.

6.1 Toma de muestra

Para el seguimiento del estudio se tuvo en cuenta un muestreo adicional al producto cárnico despostado como control del proceso, específicamente piel de cabeza de cerdo y cabeza caliente despostada. Adicionalmente se muestrearon superficies que tienen contacto con el producto final como guantes del personal y los moldes de placas luego de procedimientos de limpieza y desinfección.

Los datos que se tuvieron en cuenta en cada uno de los muestreos fueron los siguientes: código interno de laboratorio, fecha, hora, temperatura, tipo de muestra, descripción, lote y dependencia.

6.1.1 Muestreo de cabeza caliente despostada

Se seleccionó en el área cabezas una muestra en bolsa ziploc de recortes en caliente recién despostada de aproximadamente 300 g.

6.1.2 Muestreo de cabeza

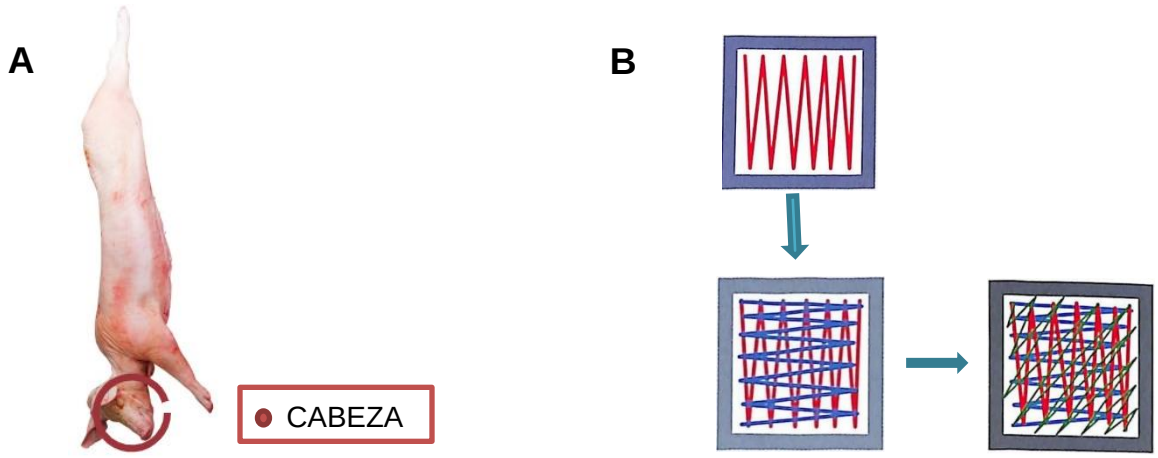
El procedimiento se llevó a cabo bajo la NTC-IS0 17604 (2018) que hace referencia al muestreo de canales para análisis microbiológicos.

Se tomó un cerdo aleatorio en el área de beneficio, específicamente en la etapa de colgado, luego se muestreo la superficie de la cabeza mediante el método no destructivo, para ello se utilizó una esponja estéril previamente humedecida durante 5 segundos en 25 mL de agua peptona tamponada (APT) estéril, luego se calculó un área de 100 cm^2 (10 x 10 cm) y se realizaron tres

frotis, un primer frotis con una superficie de la esponja en sentido vertical (de arriba hacia abajo), después un frotis horizontal (derecha a izquierda) y finalmente un frotis en diagonal con la superficie restante de la esponja (Figura 2).

Figura 2

Muestreo no destructivo en canal de cerdo



Nota. La figura muestra el punto de muestreo en canal de cerdo (A) y, la ilustración de la secuencia de frotación (B). Fuente: Carrascal (2014).

6.1.3 Muestreo de producto despostado “placas"

Se seleccionó en el área de placas 14 muestras aleatorias distribuidas de forma semanal del producto cárnico despostado para microrganismos indicadores (Aerobios mesófilos, Enterobacterias y *Escherichia coli*) y 14 muestras para la identificación de patógenos (*Salmonella* spp.) de aproximadamente 350 g en bolsa ziploc previamente rotuladas con el código interno de laboratorio y se mantuvieron en las condiciones originales el cual no excedió las 24 horas desde la toma de la muestra y el tiempo de procesamiento de la misma.

6.1.4 Muestreo de superficies

Se implementó la técnica de hisopado según la NTC 5230 (2017), para empezar, se utilizó un hisopo 3M con 10 ml de caldo Letheen previamente rotulado, luego se frotó por la superficie (moldes de placas) en un área de aproximadamente 10 cm x 10 cm (Figura 3). En el caso de la superficie de guantes del personal se pasó un hisopo por la palma, dorso y dedos de la mano.

Figura 3

Método de hisopado en superficies



Nota. La figura muestra fotografías del muestreo de superficies “moldes de placas” (A) y, el muestreo de guantes del personal (B). Fuente: Autor.

6.2 Procesamiento y montaje de muestras

6.2.1 Microorganismos Indicadores

Las siguientes metodologías se ejecutaron según los métodos oficiales de análisis microbiológicos AOAC (990.12) para el recuento de microorganismos de aerobios mesófilos en alimentos; la AOAC (2003.01) para el recuento de Enterobacterias en alientos seleccionados y la

AOAC (2018.13) que hace referencia al recuento de *E. coli* y coliformes en alimentos y superficies ambientales seleccionadas.

6.2.2 Preparación y montaje de las muestras del producto cárnico despostado, producto cárnico caliente y cabeza de cerdo

Asépticamente se pesó 10 g de la muestra del producto cárnico despostado, luego se agregó a un frasco Schott previamente identificado con el código interno asignado por el laboratorio que contenía 90 ml de agua peptona tamponada donde se mantuvo una relación 1:10. Posteriormente se homogenizó la muestra por agitación durante 30 segundos, luego se añadió 1 ml de la muestra en el centro del film inferior de una placa de recuento rápido para el recuento de *E. coli* 3M™ Petrifilm™ (EC), una placa 3M™ Petrifilm™ para el recuento de Enterobacterias (EB) y una placa 3M Petrifilm™ para recuento de aerobios mesófilos (AC). Por último, según las guías de interpretación 3M™ Placas Petrifilm™ (2019,2017, 2004) respectivamente, se llevaron a incubar a 37°C en posición horizontal por 24 horas, en el caso de aerobios mesófilos se incubaron por 48 horas.

Con el producto cárnico caliente se realizó el mismo procedimiento mencionado anteriormente, con la diferencia que para aerobios mesófilos se hizo una dilución 1:100. Por otra parte, en la cabeza de cerdo se utilizaron placas Petrifilm® para el recuento de *E. coli* y Enterobacterias, se hizo una siembra directa y una dilución 1:10. En el caso de aerobios mesófilos se realizaron diluciones seriadas de las cuales se realizó siembra 1:100 y 1: 1000.

6.2.3 Preparación y montaje de las muestras de superficies

Se homogenizó por agitación durante 30 segundos el tubo Letheen donde fue tomada la muestra de guantes de manipuladores y de superficie de moldes de placa, luego asépticamente se colocó una placa Petrifilm® para el recuento de *E.coli* y Enterobacterias previamente identificadas con el código interno asignado por el laboratorio en una superficie plana. Posteriormente se levantó el film superior y con la pipeta en forma perpendicular se depositó 1 mL de la muestra en el centro del film inferior, luego se bajó con cuidado el film superior sobre la muestra evitando que se formaran burbujas de aire. Por último, se llevó a incubar en posición horizontal a 37 °C por 24 horas.

6.3 Identificación presuntiva de *Salmonella* spp.

El sistema de detección molecular (MDS) 3M^{TM} se desarrolló mediante la combinación de la amplificación isotérmica de ADN (LAMP) y la detección de bioluminiscencia, con el fin de amplificar de manera rápida secuencias de ácido nucleico con alta especificidad y sensibilidad (AOAC, 2016). La respectiva metodología se llevó a cabo para el producto cárnico despostado y las muestras tomadas como control en el estudio, se tuvo como guía las instrucciones de Ensayo de Detección Molecular 2 para *Salmonella* 3M^{TM} (2019) basado en el método AOAC (2016.01).

6.3.1 Preparación de las muestras

Asépticamente se pesó 25 g de la muestra dentro de una bolsa estéril Whirl-pack previamente identificada con el código interno del laboratorio, luego se esperó que el medio de enriquecimiento Buffered Peptone Water (BPW ISO) alcanzara un equilibrio con la temperatura

ambiente del laboratorio, posteriormente se agregó 225 ml de BPW a la muestra y se mezcló manualmente hasta que los grumos se disolvieron por completo y la suspensión de enriquecimiento se vio homogénea. Por último, se llevó a incubar a 37 °C por 18-24 horas.

6.3.2 Preparación del equipo de detección molecular 3M™

A partir del enriquecimiento no selectivo se tomó 20 µL, luego se pasó a los tubos de lisis previamente atemperados y se llevaron a calentar a 100°C por 15 min. Posteriormente se agregó 20 µL de BPW a un tubo de control negativo (NC), seguidamente se dejaron enfriar por 5 minutos. A partir de los tubos de lisis se tomó 20 µL del sobrenadante (se evitó el precipitado) y se transfirió a los tubos de reactivo, asimismo a partir del NC se tomó 20 µL y se transfirió a un tubo de control de reactivos (RC). Luego se cargaron los tubos tapados en una bandeja de carga rápida previamente limpia y se colocaron en el equipo de Detección Molecular 3M previamente configurado con los datos de cada muestra listo para la corrida. Por último, se cerró la tapa y automáticamente inició el proceso.

6.4 Expresión de resultados

6.4.1 *Escherichia coli*

La guía interpretativa de recuento rápido de *E.coli* 3M™ Petrifilm™ (2019), indica que las placas consisten en un sistema selectivo y diferencial de medio de muestra ya preparada de cultivos, que contienen nutrientes patentados, un activo gelificante soluble en agua fría, 5 bromo-4 chloro3-indolyl-D- glucuronide (BCIG, por su sigla en inglés) y un indicador de actividad glucuronidasa que facilita la enumeración de colonias azules a azules-verdes con producción de gas.

6.4.2 Enterobacterias

La guía 3M™ Petrifilm™ para el recuento de Enterobacterias (2017), informa que las placas contienen un indicador que colorea todas las colonias de rojo. La película superior atrapa el gas producido por algunas bacterias, las que producen ácido aparecen como colonias rojas rodeadas por una zona amarilla, las bacterias que producen gas y/o ácido son consideradas presuntamente Enterobacteriaceae y presentan una de las siguientes características en la Placa Petrifilm para recuento de Enterobacterias: colonias rojas asociadas a burbujas de gas y sin zonas ácidas, colonias rojas con zonas ácidas y sin burbujas de gas y colonias que producen tanto zona ácida como burbujas de gas.

6.4.3 Aerobios mesófilos

Las Placas Petrifilm™ AC para Recuento de Aerobios (2004), es un medio de cultivo listo para ser empleado, que contienen nutrientes del Agar Standard Methods, un agente gelificante soluble en agua fría y un tinte indicador de color rojo que facilita el recuento de todas las colonias rojas sin importar su tamaño o la intensidad del tono rojo.

6.4.4 Detección molecular 3M™ para *Salmonella* spp.

Según la guía las instrucciones de Ensayo de Detección Molecular 2 para *Salmonella* 3M™ (2019), un algoritmo interpreta la curva de salida de luz resultante de la detección de la amplificación del ácido nucleico. Los resultados son analizados automáticamente por el software y están codificados por colores basado en el resultado. Los resultados positivos se informan en

tiempo real en color rojo, mientras que los negativos en color verde y los resultados de "inspeccionar" en color amarillo se muestran después de completar la ejecución.

7. Cronograma de actividades

Tabla 1

Secuencia de actividades del estudio realizado

Actividades	Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Registro de condiciones ambientales de laboratorio	Diario (Lunes a sabado)															
Registro de temperaturas de equipos	Diario (Lunes a sabado)															
Limpieza y desinfección de áreas y equipos	Diario (Lunes a sabado)															
Preparación, esterilización de medios de cultivo y material de laboratorio	Martes y viernes de cada semana															
Control de esterilidad en medios de cultivo preparados	Martes y viernes de cada semana															
Registro y actualización de formatos	Diario (Lunes a sabado)															
Verificación de equipos de laboratorio	Todos los Lunes															
Toma de muestras de canales de cerdo	Diario (Lunes a sabado)															
Toma de muestras y montaje test de antibióticos	Diario (Lunes a sabado)															
Toma de muestras y montaje de olor sexual	Diario (Lunes a sabado)															
Montaje de muestras microbiológicas y recuento	Lunes, martes, jueves y viernes (semanal)															
Lavado de material de laboratorio	Diario (Lunes a sabado)															
Revisión bibliográfica del proyecto																
Toma de muestras																
Procesamiento y montaje																
Recuento																
Corrida MDS																
Elaboración de informe																

Nota. En la tabla se muestra las abreviaciones “S1, S2, S3, S4” referente a la semana de cada mes. Fuente: Autor.

8. Resultados y Discusión

A continuación, se presentan resultados hipotéticos del estudio atendiendo a la cláusula de confidencialidad, 2 muestras como control de estudio, 14 muestras de producto cárnico despostado "Placas" y 14 muestras de superficies de distribuidas de manera semanal respectivamente.

8.1 Resultados microbiológicos de muestras tomadas como control del estudio

A continuación, se presenta en la tabla 2 resultados de: Producto cárnico despostado de cabeza en caliente y canal de cerdo "Cabeza" previo a su desposte.

Tabla 2

Resultados microbiológicos de los controles del estudio

Código Interno	*E. coli*	A. mesófilos	Enterobacterias	*Salmonella* spp. Presencia/Ausencia
24-5267 **Producto cárnico en caliente**	$1x10^2$ UFC/g	$2.24x10^4$ UFC/g	$5.3x10^3$ UFC/g	Presencia
24-5534 **Canal de cerdo "Cabeza"**	3,345 UFC/cm^2	492,000 UFC/cm^2	1,225 UFC/cm^2	Presencia

Nota. Para visualizar información detallada de la muestra ver anexo1. Fuente: Autor.

Estos resultados se comparan con lo descrito en la FSIS (2019), que hace referencia a la "Modernización del sacrificio porcino, inspección del desarrollo de muestreo microbiológico eficaz y programas en establecimientos de matanza de porcinos para evaluar el control de procesos y las condiciones sanitarias", esta guía establece criterios de aceptación para el control de proceso

microorganismos indicadores como Aerobios mesófilos, Enterobacterias, *E.coli* y *Salmonella* con sus respectivos criterios, cuya fuente es utilizada en el frigorífico La Fazenda para el control de sus procesos como se describe a continuación:

Tabla 3

Valores medios geométricos del organismo indicador para cerdos de mercado

	Media Geométrica en UFC/cm^2 (log_{10})			
	***E.coli* Genérico**	**Recuento de placas Aeróbicas**	**Enterobacteriaceae**	**Coliformes totales**
Cuerpo- pre evisceración	603 (2.8)	645,654 (5.8)	1,023 (0.3)	832. (09)
Cuerpo – post enfriamiento	5(0.7)	107 (2.0)	6 (0.8)	5 (0.7)

Fuente: FSIS (2019).

En la tabla anterior (Tabla 2), se describe la piel o canal de cerdo antes de evisceración, en nuestro caso, la muestra fue tomada antes del proceso "Post enfriamiento", por lo tanto, superaron los límites tanto en *E.coli* como en Enterobacterias. Estos resultados pueden relacionarse de acuerdo a lo mencionado por Salvatierra et al., (2015) donde resalta que la mayor cantidad de aislamientos en la cabeza podría atribuirse a la disposición vertical de la piel del cerdo, con la cabeza hacia el suelo, permitiendo que por gravedad todos los fluidos como agua o sangre discurran por ella. Esto demuestra que la cabeza del cerdo por su operación en el beneficio del cerdo es un punto donde la posible contaminación es alta.

8.2 Resultados microbiológicos producto cárnico despostado "placas"

Tabla 4

Resultados microbiológicos del producto cárnico despostado "placas"

Código Interno	*E. coli*	A. mesófilos	Enterobacterias	*Salmonella* spp.
	UFC/g	UFC/g	UFC/g	Presencia/Ausencia
24-5074	3,0 x 10	3,6 x 10^3	3,9 x 10^2	Presencia
24-5118	2,0 x 10	8,8 x 10^3	3,0 x 10	Presencia
24-5145	1,0 x 10	2,6 x 10^3	< 1,0 x 10	Presencia
24-5266	< 1,0 x 10	9,0 x 10^3	1,8 x 10^2	Presencia
24-5327	1,7 x 10^2	8,2 x 10^3	6,1 x 10^2	Presencia
24-5353	5,0 x 10	1,0 x 10^4	3,1 x 10^2	Presencia
24-5397	3,9 x 10^2	1,1 x 10^4	1,6 x 10^3	Presencia
24-5465	< 1,0 x 10	1,5 x 10^3	< 1,0 x 10	Ausencia
24-5496	6,0 x 10^2	7,6 x 10^3	1,5 x 10^3	Presencia
24-5531	2,0 x 10	1,1 x 10^4	6,8 x 10	Presencia
24-5583	1,0 x 10	1,0 x 10^4	1,6 x 10^2	Presencia
24-5606	< 1,0 x 10	1,9 x 10^4	5,0 x 10	Presencia
24-5702	5,0 x 10	8,8 x 10^3	4,4 x 10^2	Presencia
24-5713	1,0 x 10	1,7 x 10^3	6,0 x 10	Presencia

Nota. Para visualizar información detallada de la muestra ver anexo 2. Fuente: Autor

Con el fin de determinar la prevalencia de *Salmonella* spp. en producto cárnico despostado "placas" se tuvo en cuenta la Norma Técnica Colombiana 1325 del 2008 donde estipula: "Requisitos microbiológicos para productos procesados crudos congelados o no" esto con el fin de relacionar los resultados con lo que propone la norma; los requisitos se describen a continuación:

Tabla 5

Requisitos microbiológicos para productos cárnicos procesados crudos frescos

Requisito	n	m	M	c
NMP de coliformes fecales, /g	3	120	1 100	1
Recuento de *Staphylococcus* coagulasa positivo, UFC/g	3	100	1 000	1
Recuento de esporas *Clostridium* sulfito reductor, UFC/g	3	100	1 000	1
Detección de *Salmonella*, /25 g	3	0	-	-
Detección de *Listeria monocytogenes*, /25 g	3	0	-	-

Donde:

n = número de muestras que se van a examinar

M = índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad

m = índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad

c = número de muestras permitidas con resultados entre m y M.

Fuente: NTC (2008)

Por lo tanto, de acuerdo a lo anterior se tuvo en cuenta para determinar la prevalencia de *Salmonella* spp. y la prevalencia de bacterias indicadoras en la cantidad de muestras que se analizaron aplicando la siguiente formula:

$$\%\ Prevalencia = \frac{Muestras\ no\ conformes}{Cantidad\ de\ muestras}\ x\ 100$$

Se detectó de manera presuntiva *Salmonella* spp. en 13 muestras del producto que comprendió el 92,8% de prevalencia de las muestras analizadas; esto se asocia con los resultados obtenidos en el estudio llevado a cabo por Salvatierra et al., (2015) donde el mayor porcentaje de aislamientos se presentó en las muestras de la cabeza y vientre con un 33,3% de prevalencia, seguidos por el lomo con un 23,8% de prevalencia y la pierna con un 9,5% de prevalencia. En este sentido, de acuerdo a lo mencionado anteriormente el 98,2% de las muestras del producto

cárnico despostado se encontraba por fuera de los límites establecidos referente a la presencia de *Salmonella* spp. La contaminación de la carne de cerdo por *Salmonella* spp. en plantas de desposte se puede atribuir a distintas fuentes, dentro de las que se incluyen cerdos infectados desde la granja y contaminación cruzada durante el sacrificio, aspectos que juegan un papel importante en la contaminación final en mayor o menor medida de la canal (Rojas Quintero, 2018). Adicionalmente, se tuvo como control una muestra de producto cárnico en caliente como se evidencia en la tabla 2 cuyo fin fue tener un punto de partida en el proceso de transformación y obtener un producto terminado basado en la misma (NTC, 2008), los resultados muestran que sobrepasó los límites de la norma, estos se asocia con lo mencionado anteriormente, la contaminación se da por la posición vertical de la cabeza y al ser despostada aún no presenta ningún cambio o transformación del mismo.

El análisis de los microorganismos Aerobios mesófilos, Enterobacterias y *E. coli* en productos cárnicos nos permiten conocer la calidad microbiológica de los mismos, para el caso de este estudio, el recuento de aerobios mesófilos refleja la calidad sanitaria e higiénica de la elaboración del alimento, ya que altos recuentos de mesófilos no son aconsejables salvo en el caso de productos fermentados. En general, poblaciones en Aerobios mesófilos superiores a $1x10^8$ y $1x10^9$ UFC/g indican una alteración en el producto (Doyle,2012). Sin embargo, en este estudio como se observa en la tabla 4 el recuento más alto fue de $1x10^4$ UFC/g, el cual no es indicativo como alterante en la calidad del alimento.

Tabla 6

Interpretación de los resultados ensayo cuantitativo

Resultados obtenidos con una cantidad de producto de			ufc g/mL de producto (probable)
0,1 g/0,1 mL	0,01 g/0,01 mL	0,001 g/0,001 mL	
+	+	+	**> 10^3**
+	+	-	**< 10^3 y > 10^2**
+	-	-	**< 10^2 y > 10**
-	-	-	**< 10**

Fuente: (USP <62>)

Para el análisis de *E.coli* se tuvo en cuenta lo mencionado en la tabla 6 que relaciona la expresión de resultados en NMP, donde, las 14 muestras analizadas se encontraban dentro de los límites establecidos, ya que ninguna tuvo un recuento mayor a 1000 UFC/g (anexo 7), sin embargo, el crecimiento de *E.coli* obliga a la revisión y profundización de las políticas que contribuyan al mejoramiento de los aspectos sanitarios en la industria alimentaria, resultados similares a los realizados por Barragán (2018), donde se observó que el 37 % de los resultados representan una contaminación de $1x10^3$ a $7x10^3$ UFC/g del total de las muestras en *E.coli*, teniendo en cuenta que en Ecuador los limites en productos cárnicos es de $1x10^1$ UFC/g, siendo $1x10^2$ UFC/g el límite máximo aceptable.

8.3 Resultados microbiológicos de la superficie "moldes de placas"

Teniendo en cuenta que la NTC 5230 (2017) "Muestreo de superficies, ambientes y manos" plantea criterios para la clasificación de la eficacia de los programas de limpieza y desinfección, en el ítem 17 estipula que los límites de control microbiológico de superficies podrán ser definido por cada organización según la criticidad de la operación diaria y los puntos de control definidos

en el programa de muestreo, por lo tanto, el frigorífico La Fazenda dentro de sus controles internos a superficies tiene estipulado en el "Programa de monitoreo ambiental de patógenos" el seguimiento microbiológico de Enterobacterias y *E.coli* según los siguientes límites con el fin de evaluar la conformidad de las superficies que tienen contacto directo con el alimento:

Tabla 7

Resultados microbiológicos de la superficie "moldes de placas"

Código Interno	*E. coli* UFC/cm^2	Enterobacterias UFC/cm^2
24-5075	< 1	1,0 x 10
24-5119	< 1	< 1
24-5146	< 1	< 1
24-5268	< 1	5,8 x 10
24-5329	< 1	4
24-5354	< 1	1,5 x 10^2
24-5398	9	9,3 x 10
24-5466	2,2 x 10	8,6 x 10
24-5497	< 1	< 1
24-5532	1	6
24-5584	2	4,4 x 10
24-5607	< 1	1,2 x 10
24-5703	< 1	9
24-5714	< 1	9

Nota. Para visualizar información detallada de la muestra ver anexo 3. Fuente: Autor.

Tabla 8

Limites internos para el análisis de superficies

Análisis	Limites
Enterobacterias	<51 UFC/cm^2
Escherichia coli	<1 UFC/cm^2

Fuente: Programa de monitoreo ambiental frigorífico La Fazenda

La tabla 8 indica la evaluación de la conformidad microbiológica a superficies de contacto directo con el producto. Aquellas superficies que superan los límites internos establecidos para *E.coli* o Enterobacterias se declaran como no conformes; En este caso, en la tabla 7 se puede evidenciar que 4 de 14 superficies fueron no conformes con una prevalencia de bacterias indicadoras del 35,7%, esto indica en algunos casos deficiencias en los procesos operativos estandarizados de saneamiento.

Tabla 9

Resultados microbiológicos de los guantes del personal

Código Interno	*E. coli*	Enterobacterias
	UFC/cm^2	UFC/cm^2
24-5330	<1	3,6 x 10
24-5399	3	8,2 x 10
24-5533	< 1	1,6 x 10^2
24-5715	7	1,7 x 10^2

Nota. Para visualizar información detallada de la muestra ver anexo 4. Fuente: Autor

La tabla 8 indica la evaluación de la conformidad microbiológica a superficies de contacto directo con el producto. Aquellas superficies que superan los límites internos para *E.coli* o Enterobacterias se declaran como no conformes; En este orden de ideas, en la tabla 9 se puede observar que 3 de 4 superficies fueron no conformes con una prevalencia de bacterias indicadoras del 75% , esto indica que los procesos de buenas prácticas en la manipulación de alimentos pueden generar contaminación cruzada y aumentar la carga de microorganismos en el producto cárnico que se elabore. Dicho lo anterior, tanto en superficies de contacto directo como en guantes concuerda con lo mencionado por Moreira et al., (2019), donde indica que las canales y cortes de carne pueden contaminarse debido a agentes físicos, químicos y biológicos en cualquier punto de la cadena productiva, generalmente por la incorrecta manipulación en las operaciones de faenado, por lo que debe establecerse controles. Por ende, es importante concientizar el personal manipulador de carne porcina en la correcta aplicación de procedimientos operativos estandarizados de saneamiento y buenas prácticas de manufactura.

8.4 Etapas en el proceso de beneficio como posibles fuentes de contaminación por *Salmonella* spp.

Tabla 10

Sistema de plan de control de peligros / HACCP frigorífico (2024), etapas en el proceso de beneficio que presentan peligro de contaminación para la obtención del producto cárnico "placas".

PC	**Despeje de recto**
Peligro	Biológico: Posible contaminación con *Salmonella* spp. por exposición de materia fecal debido a ruptura de la ampolla rectal durante la operación.
Medida de control	Diseño y mantenimiento preventivo de la maquina despejadora de recto según cronograma de mantenimiento contemplado en el programa. POES del equipo despejador de recto.
Criterio de acción	Cumplimiento a la frecuencia de mantenimiento preventivo del equipo despejador de recto y verificación de la correcta ejecución del POES para el despejador de recto.
PC	**Apertura de tórax**
Peligro	Posible contaminación por *Salmonella* spp. por ruptura de tracto gastrointestinal durante la operación.
Medida de control	Diseño y mantenimiento preventivo de la sierra tórax según cronograma de mantenimiento contemplado en el programa POES de la sierra tórax y entrenamiento en la realización del corte a la persona que realiza la operación en esta etapa.
Criterio de acción	Cumplimiento a la frecuencia de mantenimiento preventivo de la sierra POES de la sierra tórax.
PC	**Apertura abdominal**
Peligro	Posible contaminación por *Salmonella* spp. por ruptura de tracto gastrointestinal durante la operación
Medida de control	Diseño de la herramienta de corte, POES del cuchillo y entrenamiento en la realización del corte a la persona que realiza la operación en esta etapa.
Criterio de acción	Verificación de la correcta ejecución del POES para el cuchillo. Verificación de la concentración de la solución desinfectante para el cuchillo Ejecución del entrenamiento para la persona que realiza la operación según las especificaciones establecidas.
PC	**Evisceración blanca**
Peligro	Posible contaminación por *Salmonella* spp. por ruptura de tracto gastrointestinal durante la operación.
Medida de control	Entrenamiento en la realización del corte a la persona que realiza la operación en esta etapa y POES del cuchillo.
Criterio de acción	Verificación de la correcta ejecución del POES para el cuchillo, verificación de la concentración de la solución desinfectante para el cuchillo y ejecución del entrenamiento para la persona que realiza la operación según las especificaciones establecidas.

Nota. En la tabla se muestra las siglas “PC” que hacen referencia a los puntos de control.

9. Conclusiones

Se determinó la prevalencia de *Salmonella* spp. en el 92,8% presuntivamente de las muestras analizadas del producto cárnico despostado debido al proceso de beneficio y a la deficiencia de las operaciones en la elaboración del producto.

Se encontró que el 75% de los guantes usados por los operadores y el 35,7% de las superficies en contacto directo con el producto para las bacterias indicadoras de *E,coli* y Enterobacterias estuvieron por fuera de los limites internos establecidos por el frigorífico la Fazenda, esto demuestra ineficiencia en las practicas higiénicas y en los procesos de limpieza y desinfección el cual influyen en la contaminación cruzada en el producto cárnico despostado.

Se identificó que las siguientes etapas del proceso de beneficio presentan riesgo de contaminación por *Salmonella* spp.: despeje de recto, apertura de tórax, apertura abdominal, evisceración blanca, conducción de vísceras rojas y tolerancia cero, debido a la caída de los líquidos hacia la cabeza.

- **Recomendaciones**

Se recomienda realizar capacitación continua al personal sobre las buenas prácticas de higiene personal y la importancia de cambiar los guantes regularmente, de igual manera hacer revisión de protocolos de limpieza e implementar un sistema de monitoreo en cada área.

Establecer un programa de muestreo frecuente de las superficies de contacto, equipos, guantes y productos cárnicos, para detectar posibles focos de contaminación a lo largo de la cadena de producción.

10. Bibliografía

AOAC Official Method 2016.0. (2016). Salmonella spp. in Select Foods and Environmental Surfaces. 3M™ Molecular Detection Assay (MDA) 2- Salmonella Method. First Action 2016, Final Action 2019.

AOAC Official Method 990.12. (1990). Aerobic Plate count in Foods Dry Rehydratable Film (Petrifilm™ Aerobic Count Plate) Method First action 1990 Final Action 1994.

AOAC Official Method 2003.01. (2003). Enumeration of *Enterobacteriaceae* in Selected Foods Petrifilm™ Enterobacteriaceae Count Plate Method First action 2003 Final Action 2006.

AOAC Official Method 2018.13. (2018). Enumeration of Escherichia coli and Coliform in a Broad Range of Foods and Select Environmental Surfaces 3M Petrifilm Rapid E. coli/ coliform Count Plate First Action 2018.

Authority, E. F. S. & European Centre for Disease Prevention and Control. (2021). The European Union One Health 2019 Zoonoses Report. *EFSA Journal*, *19*(2), e06406. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6406

Barragán, C., & W, D. (2018). Determinación de (*Escherichia coli*) en carne y piel de cerdo en expendios del mercado 10 de noviembre, Guaranda, Ecuador. | EBSCOhost. https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd:130757979?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:gcd:130757979

Bennett, J. W., et al. (2020). "Global Impact of Foodborne Diseases: An Overview." Food Safety Journal, 5(1), 12-20

Boletín Epidemiológico Semanal- BES. (2024). Semana Epidemiológica 03 14 a 20 de enero de 2024. Recuperado de: https://www.ins.gov.co/buscador eventos/BoletinEpidemiologico/2024_Bolet%C3%ADn_epidemiologico_semana_3.pdf

Carrascal Camacho, A. K. (2014). Diseño de un plan integral para reducir la prevalencia de S*almonella* spp. y *Listeria monocytogenes* en plantas de beneficio, desposte y puntos de venta en la cadena cárnica porcina. https://repositorio.minciencias.gov.co/handle/20.500.14143/21786

Centers for Disease Control and Prevention – CDC. (2024). Outbreak of Multidrug-Resistant Salmonella Infections Linked to Contact with Pig Ear Pet Treats. https://www.cdc.gov/salmonella/pet-treats-07-19/index.html

Centers for Disease Control and Prevention - CDC. (2023). Preliminary Incidence and Trends of Infections Caused by Pathogens Transmitted Commonly Through Food—Foodborne Diseases Active Surveillance Network, 10 U.S. Sites, 2022. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*, *72*. https://doi.org/10.15585/mmwr.mm7226a1

Doyle, M.P., Buchanan, I, P., (2012). Food Microbiology: Fundamentals and Fronters 4ª Edn American Society for microbiology press, Washington.

FSIS. (2019). Compliance Guideline: Modernization of Swine Slaughter Inspection Developing Effective Microbiological Sampling Programs in Swine Slaughter Establishments to Assess Process Control and Sanitary Conditions, p.11. Disponible en: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-07/compliance-guide-MOSIS.pdf

Guía de interpretación 3M Placas ™Petrifilm™ para el Recuento de Aerobios. (2004). Disponible en: https://media.neogen.com/m/7a03e221597d2cd2

Guía de interpretación placa de recuento rápido para el recuento de *E. coli* 3M™ Petrifilm™ EC. (2019).Disponible en: https://media.neogen.com/m/2ccdb4cd6aaf9e9d/

Guía de interpretación una placa 3M™ Petrifilm™ EB para el recuento de Enterobacterias. (2017). Disponible en: https://media.neogen.com/m/288792d8b4176ddc/

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y certificación. (2018). Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 17604 de 2018. Microbiología. Muestreo de canales para análisis microbiológicos.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y certificación. (2017). Norma Técnica Colombiana NTC 5230 DE 2017. Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Método horizontal de técnicas de muestreo de superficies, ambientes y manos.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y certificación. (2008). Norma Técnica Colombiana NTC 1325 de 2008. Industrias alimentarias. Productos cárnicos procesados no enlatados.

Instituto Nacional de Salud. (2020). Boletín epidemiológico semanal 07 de 2020. Semanal, pp. 1–30. https://doi.org/10.33610/23576189.2020.07

Instituto Nacional de Salud. (2024). Boletín epidemiológico semanal 03 de 2024. Semanal, pp.1-3. https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2024_Bolet%C3%ADn_epidemiologico_semana_3.pdf

Instituto Nacional de Salud. (2020). Boletín epidemiológico semanal 07 de 2020. Boletín Epidemiológico Semanal, pp.1–30. https://doi.org/10.33610/23576189.2020.07

Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (Edits.). (2005).*Modern food microbiology.*. Boston, MA: Springer US.pp. 472-637 doi: 10.1007/0-387-23413-6_20 https://doi.org/10.1007/0-387-23413-6_20

Ministerio de Salud y Protección Social. (2002). Decreto 60 de 2002. Recuperado de: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/decreto%200060%20de%202002.pdf

Ministerio de Salud y Protección Social. (2015). Resolución 2690 de 2015. Recuperado de: https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-2690-de-2015.pdf

Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). Resolución 0240 de 2013. Recuperado de:https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-0240-de-2013.pdf

Ministerio de Salud y Protección Social. .(2013). Resolución 2674 de 2013. Recuperado de:https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-2674-de-2013.pdf

Ministerio de Salud y la Protección Social. (2007). Decreto 1500 de 2007. Recuperado de: https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Decreto-1500-de-2007.pdf

Ministerio de Salud y Protección Social. (2024). Calidad e inocuidad de alimentos. Recuperado de: https://www.minsalud.gov.co/salud/paginas/inocuidad-alimentos.aspx

Moreira Mendoza , H. J., Bravo Solórzano, R. E., & Gavilanes López, P. I. (2019). Evaluación de procedimientos operativos estandarizados y de saneamiento en el faenamiento de cerdos. *Espamciencia*, pp. 58-62.

Organización Panamericana de la Salud - OPS/OMS. (2024). Enfermedades transmitidas por alimentos https://www.paho.org/es/temas/enfermedades-transmitidas-por-alimentos

Organización Mundial de la Salud - OMS. (2020). Enfermedades de transmisión alimentaria. (s. f.). a. © World Health Organization Recuperado 20 de octubre de 2024, de https://www.who.int/es/health-topics/foodborne-diseases (Contreras-Soto et al., 2019)

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2020). "The State of Food Security and Nutrition in the World 2020." *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. https://www.fao.org/publications/sofi/2020/en/

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2024). "Las cifras del hambre se mantienen persistentemente altas por tres años consecutivos, mientras se agravan las crisis mundiales": informe de la ONU | FAO en Colombia. https://www.fao.org/colombia/noticias/detail-events/es/c/1708009/#:~:text=Situaci%C3%B3n%20en%20Colombia&text=Asimismo%2C%20para%20el%20periodo%202021,%25)%20para%20el%20mismo%20periodo.

Paz-Gonzalez, A., Vazquez, K., Martínez-Vázquez, A. V., Ramirez-Martinez, C., & Rivera, G. (2023). Enterobacteriaceae in Pork Meat; Causal Agents of Public Health Problems: Enterobacteriaceae in Pork Meat. *Biotecnia*, *25*(2), Article 2. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i2.1846

Pond, A., Miller, M. F., Echeverry, A., Huerta, N., Calle, A., Lozano, M. S. R., Chavez, A., Brashears, T., & Brashears, M. M. (2016). Salmonella and E. coli O157:H7 Prevalence and Generic E. coli and Coliform Quantitative Baseline in Raw Pork and Beef in Retail Channels in Mexico. Food Protection Trends, 36(1), pp. 8-17

Rojas Quintero, C. N. (2018). Mapeo microbiológico de *Salmonella* spp. en plantas de desposte y comercialización. http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/35174

Salvatierra R, G., Pinto J, C., Inga E, E., Siuce M, J., & Calle E, S. (2015). Detección de *Salmonella* sp en carcasas porcinas en camales de Lima, Perú. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 26(4), pp. 682-688. https://doi.org/10.15381/rivep.v26i4.11206

USP <62>. United States Pharmacopeia (2016). Microbiological Examination of Nonsterile Products: Tests For Specified Microorganisms.
Disponible en: https://www.usp.org/sites/default/files/usp/document/harmonization/gen-method/q05a_pf_ira_34_6_2008.pdf

Vega-Sánchez, V., Barba-León, J., González-Aguilar, D. G., Cabrera-Díaz, E., Pacheco-Gallardo, C., & Orozco-García, A. G. (2020). Resistencia antimicrobiana de Salmonella spp aisladas de canales de cerdo obtenidas de dos tipos de rastros en Jalisco, México. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 11(4), pp. 1004-1015. https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.5386

11. Anexos

Anexo 1

Información detallada de la toma de muestra de los controles del estudio

Código	Fecha	Hora	Temperatura °C	Tipo de muestra	Descripción	Lote	Dependencia
24-5267	09/10/2024	9:42	16	Producto cárnico	Producto cárnico caliente	275	Desposte 2
24-5534	22/10/2024	9:16	Ambiente	Superficie	Cabeza colgado	NA	Beneficio

Fuente: Autor.

Anexo 2

Información detallada de la toma de muestra del producto cárnico despostado

Código	Fecha	Hora	Temperatura°C	Tipo de muestra	Descripción	Lote	Dependencia
24-5074	01/10/2024	12:40	-3,7	Producto cárnico congelado	Producto congelado placas	275	Desposte 2
24-5118	02/10/2024	10:52	-6,6	Producto cárnico congelado	Producto congelado placas	275	Desposte 2
24-5145	03/10/2024	10:30	-5	Producto cárnico congelado	Producto congelado placas	275	Desposte 2
24-5266	09/10/2024	12:30	-6,4	Producto cárnico congelado	Producto congelado placas	275	Desposte 2
24-5327	10/10/2024	9:25	-5,6	Producto cárnico congelado	Producto congelado placas	275	Desposte 2
24-5353	11/10/2024	10:55	-9,88	Producto cárnico congelado	Producto congelado placas	275	Desposte 2
24-5397	16/10/2024	11:22	-6,2	Producto cárnico congelado	Producto congelado placas	275	Desposte 2
24-5465	17/10/2024	9:37	-6,1	Producto cárnico congelado	Producto congelado placas	290	Desposte 2
24-5496	18/10/2024	9:36	-6,5	Producto cárnico congelado	Producto congelado placas	292	Desposte 2
24-5531	22/10/2024	14:00	-6,4	Producto cárnico congelado	Producto congelado placas	296	Desposte 2
24-5583	23/10/2024	10:18	5,8	Producto cárnico congelado	Producto congelado placas	297	Desposte 2
24-5606	24/10/2024	11:28	6,3	Producto cárnico congelado	Producto congelado placas	298	Desposte 2
24-5702	29/10/2024	12:36	6,2	Producto cárnico congelado	Producto congelado placas	303	Desposte 2
24-5713	30/10/2024	9:36	6,3	Producto cárnico congelado	Producto congelado placas	304	Desposte 2

Fuente: Autor.

Anexo 3

Información detallada de la toma de muestra de superficies "moldes de placas".

Código	Fecha	Hora	Temperatura°C	Tipo de muestra	Descripción	Lote	Dependencia
24-5075	01/10/2024	12:44	6,3	Superficie	Placa	NA	Desposte 2
24-5119	02/10/2024	11:00	6,3	Superficie	Placa	NA	Desposte 2
24-5146	03/10/2024	10:45	6,9	Superficie	Placa	NA	Desposte 2
24-5268	09/10/2024	12:35	6,2	Superficie	Placa	NA	Desposte 2
24-5329	10/10/2024	9:27	6,4	Superficie	Placa	NA	Desposte 2
24-5354	11/10/2024	10:59	6,6	Superficie	Placa	NA	Desposte 2
24-5398	16/10/2024	11:20	6,4	Superficie	Placa	NA	Desposte 2
24-5466	17/10/2024	9:35	5,7	Superficie	Placa	NA	Desposte 2
24-5497	18/10/2024	9:38	6,3	Superficie	Placa	NA	Desposte 2
24-5532	22/10/2024	14:05	5	Superficie	Placa	NA	Desposte 2
24-5584	23/10/2024	10:25	5,8	Superficie	Placa	NA	Desposte 2
24-5607	24/10/2024	11:33	6,3	Superficie	Placa	NA	Desposte 2
24-5703	29/10/2024	12:40	6,2	Superficie	Placa	NA	Desposte 2
24-5714	30/10/2024	9:37	6,3	Superficie	Placa	NA	Desposte 2

Fuente: Autor.

Anexo 4

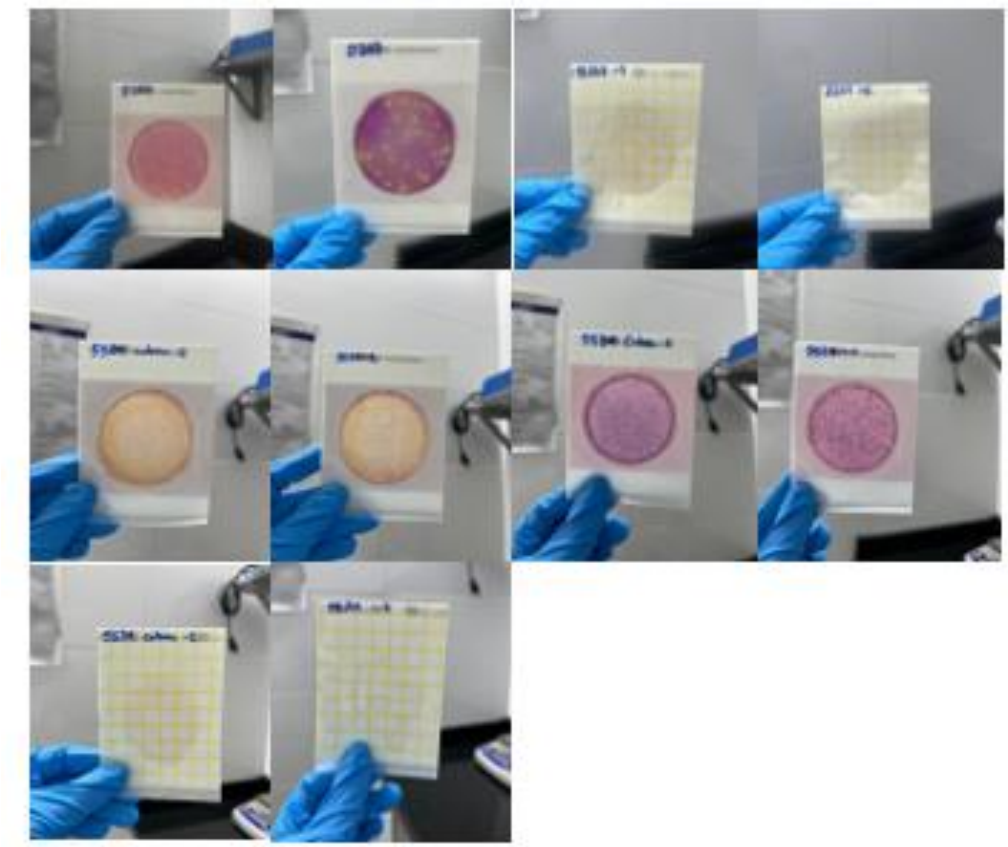
Información detallada de la toma de muestra de guantes del personal

Código	Fecha	Hora	Temperatura°C	Tipo de muestra	Descripción	Lote	Dependencia
24-5330	10/10/2024	9:41	6,1	Superficie	Guantes nitrilo	NA	Desposte 2
24-5399	16/10/2024	11:30	6,4	Superficie	Guantes Nitrilo	NA	Desposte 2
24-5533	22/10/2024	14:12	5	Superficie	Guantes nitrilo	NA	Desposte 2
24-5715	30/10/2024	9:40	6,3	Superficie	Guantes	NA	Desposte 2

Fuente: Autor.

Anexo 5

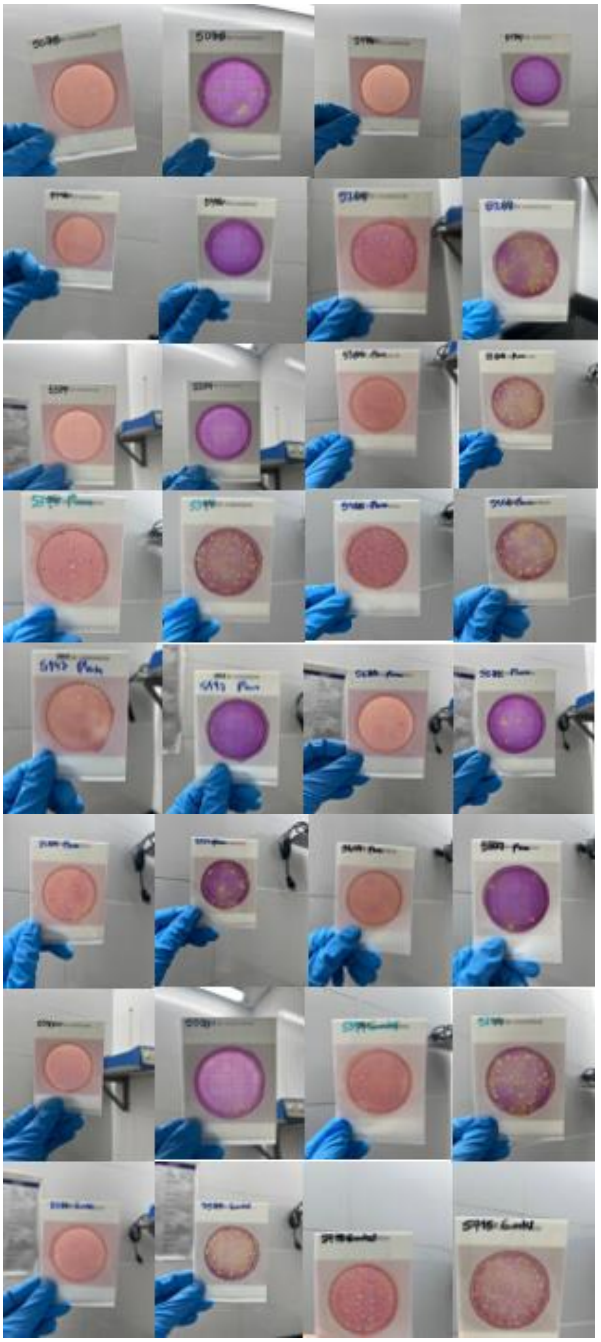
Evidencia fotográfica de recuentos microbiológicos de los controles analizados en el estudio



Fuente: Autor.

Anexo 6

Evidencia fotográfica de recuentos microbiológicos de superficies analizados en el estudio



Fuente: Autor.

Anexo 7

Tabla de número más probable por tres tubos

Número de tubos positivos			NMP por g, o ml del producto	Límite de confianza a 95%
Número de g, o ml del producto por tubo				
10^{-1} (0,1)	10^{-2} (0,01)	10^{-3} (0,001)		
0	0	0	<3	0,0 – 9,4
0	0	1	3	0,1 – 9,5
0	1	0	3	0,1 – 10
0	1	1	6,1	1,2 – 17
0	2	0	6,2	1,2 – 17
0	3	0	9,4	3,5 – 35
1	0	0	3,6	0,2 – 17
1	0	1	7,2	1,2 – 17
1	0	2	11	04 – 35
1	1	0	7,4	1,3 – 20
1	1	1	11	04 – 35
1	2	0	11	04 – 35
1	2	1	15	05 – 38
1	3	0	16	05 – 38
2	0	0	9,2	1,5 – 35
2	0	1	14	04 – 35
2	0	2	20	05 – 38
2	1	0	15	04 – 38
2	1	1	20	05 – 38
2	1	2	27	09 – 94
2	2	0	21	05 – 40
2	2	1	28	09 – 94
2	2	2	35	09 – 94
2	3	0	29	09 – 94
2	3	1	36	09 – 94
3	0	0	23	05 – 94
3	0	1	38	09 – 104
3	0	2	64	16 – 181
3	1	0	43	09 – 181
3	1	1	75	17 – 199
3	1	2	120	30 – 360
3	1	3	160	30 – 380
3	2	0	93	18 – 360
3	2	1	150	30 – 380
3	2	2	210	30 – 400
3	2	3	290	90 – 990
3	3	0	240	40 – 990
3	3	1	460	90 – 1980
3	3	2	1100	200 – 4000
3	3	3	>1100	