

**Universidad Nacional
Facultad de Ciencias de Salud
Escuela de Medicina Veterinaria**

**Guía audiovisual descriptiva del proceso de faenado y trazabilidad interna
en la planta de cosecha de bovinos y porcinos del Instituto
Tecnológico de Costa Rica y análisis microbiológico y calidad de la leche
realizado en el Instituto de Seguridad y Calidad Alimentaria de la
Universidad Superior de Medicina Veterinaria de Hanover, Alemania.**

Modalidad: Proyecto de Graduación

**Trabajo Final de Graduación para optar por el Grado Académico
Licenciatura en Medicina Veterinaria**

Luis Fernando Robles Mora

Campus Pbro. Benjamín Núñez, Heredia

2025

TRIBUNAL EVALUADOR

Laura Bouza Mora M.Sc
Vicedecana
Facultad de Ciencias de la Salud

Julia Rodríguez Barahona PhD.
Directora
Escuela de Medicina Veterinaria

Lohendy Muñoz Vargas PhD.
Tutora

Jaime Galindo Badilla M.Sc
Guía profesional

Firma de la persona que preside la defensa:

Fecha: _____

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero agradecerle a Dios por haberme dado la oportunidad de estudiar una carrera tan disfrutable y al mismo tiempo retadora, como la Medicina Veterinaria. Por sus continuas bendiciones y favores durante todos estos años.

Seguidamente, mis agradecimientos eternos a mis honorables madre y padre, a ellos les debo toda mi vida y así será hasta el día en el que trascienda de este mundo. Gracias por haberme dado la vida, y desde mi primer día en esta Tierra; el amor, cariño, atención, soporte económico y potencial para poder convertirme en el profesional que soy hoy en día. Los amo con todo mi corazón, y este logro es para ustedes. A mis hermanos Graciela, Jorge y Laura, a mi cuñados Marlon y Karen y a mis sobrinos; gracias por creer en mí y apoyarme. A mi abuela Zeneida, que con sus chistes y risas alegraron mis días y me ayudaron a sobrellevar los días difíciles. Ya no estás acá, pero mi amor por ti seguirá intacto, este logro también es tuyo. A mis tíos y primos cercanos; gracias por estar ahí. A todos ustedes, los amo mucho.

Segundo, quisiera agradecer a mis amigos y amigas, que sin duda alguna han sido un pilar muy importante para poder concretar este logro y que sin ustedes y sin su apoyo, la historia sería diferente. A Fernanda, por sus consejos sabios y su lealtad y amor incondicional, porque sé que nuestra amistad es sólida y perdurará por la vida entera. A Johanna, por estar conmigo en todo momento y ser parte de todo este viaje, por haberme visto en las buenas, malas y peores. A Tatiana, por saber qué hacer o decir para calmar mi ansiedad o tristeza, por hacerme reír cuando más lo necesito, y por invitarme al cine cuando la pasaba mal con algún curso o examen, gracias. A Jona, por saber qué decir cuando necesito escucharlo, por su linda empatía y por sus sabios consejos que me recuerdan lo importante que soy. A mis amigos de la primaria y secundaria; Fer, July, Anthony, Pablo, Mónica, Carolina y Kendra, gracias por estar siempre y por su apoyo en estos años. A los amigos que me dejó la carrera; Majo, Mari, Daniela, Fer, Ale y Carlina, he aprendido mucho de ustedes e incluso más allá del ámbito académico, gracias por hacerme sentir en un espacio en el que puedo ser yo y por tantas risas y momentos juntos. Y por último, a mis compañeras de internado; Mile, Eve y Lu, que a pesar de los roces que pudimos tener como grupo, sabemos que el apoyo que nos dimos en esta etapa tan difícil de la carrera fue crucial para culminarla y les agradezco por el cariño que aún perdura. A todos ustedes, los quiero muchísimo.

Seguidamente, quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi pareja. Gracias por haber sido parte de la última etapa y probablemente la más importante y retadora de todas como lo es el Internado Rotatorio y el Trabajo Final de Graduación. Desde detalles como irme a dejar a las 4:00 am a la U para ir de gira como irme a visitar a Alemania cuando hice mi pasantía en ese país, solo me revelan lo importante que eres para mí. Te amo mucho mi amor.

También quiero agradecer a la Escuela de Medicina Veterinaria y a la Universidad Nacional como institución misma. El haber tenido el honor de estudiar en la mejor Escuela de Medicina Veterinaria de Centroamérica y el Caribe y en una Universidad pública significa mucho para mí. Gracias a todo el personal de la EMV: profesores, doctores, técnicos, encargados del orden y limpieza, administrativos, choferes y cocineros, gracias a todos por haber sido parte de que yo lograra mi sueño. Gracias a la Dra. Dolz y a todo el comité de escogencia para el convenio de pasantía con Hanover, por haber confiado en mí y haberme permitido vivir una de las mejores experiencias de mi vida. Gracias a los Drs. que siempre confiaron en mí y en mi talento, que me corrigieron cuando fue necesario pero que sus buenos comentarios reflejan el buen trabajo que hice como estudiante: Dra. Julia Rodríguez, Dra. Andreia Passos, Dr. Humberto Cedeño, Dr. Julio Murillo, Dra. Karen Vega, Dr. Mauricio Jiménez, Dr. Carlos Luna y Dra. Alejandra Calderón.

Finalmente, muchas gracias a mi comité asesor de Trabajo Final de Graduación. Gracias a la Dra. Lohendy Muñoz por permitirme trabajar con ella en conjunto para la realización de este proyecto y por depositar su confianza en mí. Desde que la conocí más cercanamente en cuarto año, supe la calidad de profesional y la pasión y amor que le pone a su trabajo. La admiro muchísimo y fue/es un honor trabajar con usted. Gracias también al Dr. Jaime Galindo por su anuencia a hacer este trabajo una realidad y por su disposición de recibirnos las veces que fueron necesarias, así mismo también gracias a todo el personal de la Planta de Cosecha de carne bovina y porcina del TEC en Santa Clara de San Carlos.

Gracias nuevamente a todos los que se cruzaron en mi camino en esta etapa tan linda de mi vida. Gracias a mí mismo, por no tirar la toalla y haber llegado hasta acá.

Atentamente,

Luis Fernando Robles Mora.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|------|
| TRIBUNAL EVALUADOR | ii |
| AGRADECIMIENTOS | iii |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | v |
| ÍNDICE DE CUADROS | vi |
| ÍNDICE DE ANEXOS | vii |
| LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS | viii |
| RESUMEN | ix |
| ABSTRACT | x |
| 1.INTRODUCCIÓN | 11 |
| 1.1 Antecedentes | 11 |
| 1.2 Justificación | 37 |
| 1.3 Objetivos | 39 |
| 2. METODOLOGÍA | 41 |
| 2.1 Materiales y metodología del Material Audiovisual (bovinos y porcinos) | 41 |
| 2.2 Materiales y metodología de la pasantía: Proyecto deterioro de leche pasteurizada | 46 |
| 3. RESULTADOS | 51 |
| 3.1 Material audiovisual (bovinos y porcinos) | 51 |
| 3.2 Caracterización bacteriana en leche pasteurizada en deterioro | 51 |
| 4. DISCUSIÓN | 62 |
| 4.1 Material audiovisual (bovinos y porcinos) | 62 |
| 4.2 Proyecto de pasantía: Deterioro de leche pasteurizada | 63 |
| 5. CONCLUSIONES | 69 |
| 6. LIMITACIONES | 70 |
| 7. FUENTE DE FINANCIAMIENTO | 71 |
| 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 72 |
| 9. ANEXOS | 79 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Síntomas físicos de cada fase de la electronarcosis y su tiempo promedio en porcinos. | 20 |
| Cuadro 2. Puntos críticos de control y sus factores de medición y vigilancia asociados | 23 |
| Cuadro 3. Densidades ópticas de tres de las muestras seleccionadas para la fase final del proyecto. | 48 |
| Cuadro 4. Identificación de las muestras a evaluar con su respectiva especie bacteriana y concentración. | 50 |
| Cuadro 5. Resultados de cultivo en agar sangre de muestras de bacterias precandidatas para fase final del proyecto. | 52 |
| Cuadro 6. Promedio de los diámetros de consumo bacteriano en agar leche descremada | 54 |
| Cuadro 7. Categorización de los efectos observados en cada una de las evaluaciones para <i>Pseudomonas fluorescens</i> , según su temperatura y concentración. | 55 |
| Cuadro 8. Categorización de los efectos observados en cada una de las evaluaciones para <i>Aeromonas hydrophila</i> , según su temperatura y concentración. | 56 |
| Cuadro 9. Categorización de los efectos observados en cada una de las evaluaciones para <i>Serratia liquefaciens</i> , según su temperatura y concentración. | 57 |
| Cuadro 10. Categorización de los efectos observados en cada una de las evaluaciones para <i>Bacillus thuringiensis</i> , según su temperatura y concentración. | 59 |
| Cuadro 11. Categorización de los efectos observados en cada una de las evaluaciones para <i>Bacillus cereus</i> , según su temperatura y concentración. | 60 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo 1. Consentimiento informado sobre aparición física de sus caras y cuerpos en la grabación. | 79 |
| Anexo 2. Guiones utilizados para la elaboración del material audiovisual en ambas especies. | 82 |
| Anexo 2.1 Guion utilizado para la elaboración del material audiovisual bovinos | 82 |
| Anexo 2.2 Guion utilizado para la elaboración del material audiovisual porcinos | 90 |

LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

AGV: Ácidos Grasos Volátiles

BHI: Infusión Cerebro-Corazón (siglas en inglés)

CCS: Conteo de Células Somáticas

DIPOA: Dirección de Inocuidad de Productos de Origen Animal

EEB: Encefalopatía Espongiforme Bovina

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (siglas en inglés)

HACCP: Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (siglas en inglés)

IA: Inspector Auxiliar

KOH: Hidróxido de Potasio

MER: Material Específico de Riesgo

NaCl: Cloruro de Sodio

NaOH: Hidróxido de Sodio

NNP: Nitrógeno no Proteico

MVI: Médico Veterinario Inspector

OIE: Oficina Internacional de Epizootias (Actualmente OMSA)

OMSA: Organización Mundial de Sanidad Animal

ONU: Organización de las Naciones Unidas

OPAC: Catálogo de Acceso Público en línea (siglas en inglés)

PCC: Punto Crítico de Control

SENASA: Servicio Nacional de Salud Animal

TBX: Agar Triptona-Bilis-X-glucuronido

UFC: Unidad Formadora de Colonia

RESUMEN

La industria alimentaria que engloba productos de origen animal juega un papel muy importante en el consumo de alimentos a nivel global. Cada año, se estiman que casi 200 millones de toneladas de carne de res y cerdo son consumidas en todo el orbe. Por su lado, para el 2022 se produjeron más de 900 millones de toneladas de leche. Es por ello, la importancia de capacitar a los futuros médicos veterinarios en todos los procesos involucrados desde producción primaria, transformación y almacenamiento de estos productos; trazabilidad, bienestar animal, protocolo HACCP, entre otros. Este trabajo tuvo como objetivos, crear guías audiovisuales y didácticas que contemplen estos procesos en la cosecha de bovinos y porcinos y que sean utilizadas como una herramienta dinámica e innovadora en la educación médico-veterinaria, además, capacitarme como estudiante en una pasantía en Alemania, que abordó el análisis microbiológico y de calidad de la leche y el comportamiento del líquido con condiciones adversas establecidas. La generación de las guías requirió la grabación de vídeos del faenado y generación de sus respectivos audios, así como su edición en un programa de producción audiovisual. La pasantía necesitó pruebas de aptitud de muestras bacterianas para ser candidatas al proyecto, que consistía en la inoculación de cinco bacterias (de los géneros *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Serratia* y *Bacillus*) en muestras de leche para evaluar los efectos de los microorganismos en las mismas. Se generaron dos vídeos de 45 y 25 minutos, para las especies de bovinos y cerdos respectivamente. En el proyecto abordado sobre el análisis de leche, se evidenció efectos en la leche, tales como grumos, sedimentación, cambios de color y olor, viscosidad y entre otros, todos esperados por la inoculación bacteriana. El proyecto me permitió reforzar mis conocimientos en trazabilidad, inspección *ante* y *post mortem*, faenado, bienestar animal y protocolo HACCP considerados en las plantas de cosecha de carne bovina y porcina. También, me permitió adquirir destrezas en inoculación bacteriana en muestras de leche y sus derivados, comprender los mecanismos fisiopatológicos de las bacterias para degradar la leche y en determinar métodos laboratoriales para la detección de agentes causantes de mastitis en vacas. El proyecto, le permitirá a estudiantes, profesores y público en general, reforzar sus conocimientos en los procesos implicados en la producción de carne bovina y porcina, así como comprender como las bacterias pueden degradar la leche de vaca que consumen.

ABSTRACT

The food industry, which includes animal products, plays a very important role in global food consumption. Each year, it is estimated that nearly 200 million tons of beef and pork are consumed worldwide. Meanwhile, by 2022, more than 900 million tons of milk were produced. Therefore, it is important to train future veterinarians in all the processes involved, from primary production, processing, and storage of these products to traceability, animal welfare and the HACCP protocol, among others. The objectives of this work were to create audiovisual and educational guides that covers these processes in the harvesting of cattles and pigs and that can be used as a dynamic and innovative tool in veterinary medical education. In addition, I was able to be trained as a student during an internship in Germany, which addressed the microbiological and quality analysis of milk and the behavior of the liquid under established adverse conditions. The creation of the guides required video recording of the slaughter and the generation of their respective audio recordings, as well as their editing in an audiovisual production program. The internship required proficiency testing of bacterial samples to qualify for the project. The project involved inoculated milk samples with five bacteria (from the genera *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Serratia* and *Bacillus*) to evaluate the microorganisms' effects on the samples. Two 45- and 25- minute videos were created, each for bovine and porcine species. The project addressed during the internship demonstrated effects on milk such as lumps, sedimentation, changes in color and odor, viscosity and other factors, all expected from bacterial inoculation. The project allowed me to strengthen my knowledge of traceability, *ante* and *post mortem* inspection, slaughtering, animal welfare and the HACCP protocol used in beef and pork harvesting plants. It also allowed me to acquire skills in bacterial inoculation in milk samples and its products, understand the pathophysiological mechanisms of bacteria to degrade milk, and determine laboratory methods for the detection of agents that cause mastitis in cows. The project will allow students, teachers and the general public to strengthen their knowledge of the processes involved in beef and pork production, as well as understand how bacteria can degrade the cow's milk they consume.

1.INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La cantidad de carne de bovino y porcino consumidas a nivel mundial se traduce a cientos de millones de toneladas anualmente. Solo en el 2023, se estima que dicha cifra superó los 72 millones de toneladas de carne de vaca consumida globalmente y superó la cantidad de 116 millones de toneladas de carne de cerdo consumidas en el mismo período (Orus, 2024). Mencionado esto, resulta innegable el impacto del consumo de la carne de estas especies en la industria alimentaria y en la sociedad. Es por ello, que una correcta regulación y trazabilidad de los procesos y un estricto monitoreo de las normas y consideraciones que forman parte del faenado y la cosecha de carne de estos animales, es de vital importancia en la salud pública. Por su parte, el rol del médico veterinario en este tipo de industria es esencial, ya que el mismo es el profesional mejor capacitado para llevar a cabo con éxito un monitoreo estricto y eficaz. Además, los médicos veterinarios cuentan con la mejor preparación para detectar errores o falencias en el proceso, cuya omisión podría traer consigo consecuencias graves e incluso irreversibles, que podrían impactar la salud e integridad de los consumidores finales de estos productos.

Los ejes principales en los que se debe ejecutar una supervisión estricta y un monitoreo constante en una planta de cosecha de carne bovina o porcina, se resumen en buenas prácticas de los procesos, trazabilidad (ascendente, interna descendente), cumplimiento del Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (HACCP por sus siglas en inglés) y bienestar animal. Por procesos se entiende todas aquellas actividades que se realizan, desde el ingreso del animal vivo a la planta de cosecha hasta el despacho de su canal, es decir, la porción aprovechada para consumo de su carne.

A continuación, se detallan en orden cronológico, los procesos y fases más relevantes que se realizan y se consideran en una planta de cosecha, a la hora de sacrificar animales productivos como bovinos y porcinos para el consumo de su carne.

1.1.1 Inspección ante mortem de bovinos

La inspección *ante mortem* se realiza con el objetivo de detectar aquellos animales que, por su sintomatología, signos fisiológicos, situaciones posturales u otros trastornos de diferentes sistemas, pueden resultar sospechosos de padecer alguna enfermedad, alteración del bienestar animal o causas que determinen tomar acciones especiales. Es obligación del establecimiento y del personal inspector oficial, verificar que, al momento del ingreso de los animales, los mismos cuenten con la “Guía oficial de la movilización”, y alertar sobre cualquier anomalía en la documentación (Servicio Nacional de Salud Animal [SENASA]_a, 2022).

Los animales que lleguen a la planta de cosecha, deberán someterse a un período de ayuno y de descanso de doce horas antes de su sacrificio, con el objetivo de que sus condiciones fisiológicas sean óptimas y se garantice de que no quede oculto ningún signo o síntoma de enfermedades. El tiempo de ayuno o reposo puede reducirse si se comprueba que el tiempo de transporte de los animales no fue superior a dos horas, o si los mismos proceden de subastas bajo control de un Médico Veterinario, sin embargo, el período de ayuno nunca podrá ser inferior a seis horas (Sistema Costarricense de Información Jurídica [SCIJ], 2001).

La documentación oficial de la Inspección *Ante Mortem* de carne bovina (SENASA_a, 2022) establece distintas normas y directrices que deben cumplirse estrictamente. Por ejemplo, los animales que esperen para la realización de su inspección *Ante Mortem* deberán hacerlo en el corral de descanso. Estos corrales deben ser suficientes para alojar un número de animales proporcional a la capacidad de sacrificio de la planta, los mismos deben estar enumerados, ser independientes entre especies y cumplir con los requisitos establecidos en la legislación nacional. El establecimiento debe mantener los recintos con condiciones sanitarias adecuadas: buena iluminación para realizar la inspección, andamios a una altura suficiente para observar a los animales desde arriba y bebederos con agua limpia y de un acceso sencillo para los animales.

Los animales que deben ser aislados son aquellos positivos a brucelosis y tuberculosis, animales postrados, en condición de no ambulatorios, sintomatología nerviosa, comportamiento anormal, tumoraciones y cambios en el color de piel. Los mismos deben ser ubicados en el corral de aislamiento, correctamente identificados y documentar la información relevante para su reporte. Además, los individuos que no porten la guía anteriormente mencionada, deberán ser retenidos hasta que se presente su respectiva documentación. El corral de aislamiento debe ser de un espacio apto para el movimiento de todos los animales que ahí

se dispongan, debe contar con el equipo necesario para una evaluación general de los mismos, un área adecuada para la toma de muestras que se necesiten, y además contar con un desagüe independiente para evitar la propagación de enfermedades con otros corrales (SENASA_a, 2022).

El Médico Veterinario Inspector (MVI) o Inspector Auxiliar (IA) deberá verificar que la documentación cumpla con la siguiente información como mínimo: número de corral / lote, el número y la clase de sacrificio del ganado en el corral/ lote que se ofreció, espacio para observaciones, fecha y hora en la que se realiza la inspección y firma del MVI o IA que realizó la inspección. La inspección debe realizarse con los animales en reposo (echados y/o de pie) y en movimiento. Se debe evaluar su marcha, conducta, estado de alerta, condición corporal y evaluación general de la cabeza, cuerpo y miembros anteriores y posteriores. Además de evaluar la presencia de abscesos, tumores, artritis, úlceras, fístulas y la buena funcionalidad del sistema nervioso, urinario, cardio respiratorio, y digestivo. También, si hay signos compatibles con las enfermedades de reporte obligatorio por la OIE, descritas en el decreto del MAG N° 34669: “*Lista de enfermedades animales de declaración obligatoria*” (SENASA_a, 2022).

Los animales que hayan parido en el transporte o en el corral, deberán ser sacrificados lo antes posible. De lo contrario, se deben brindar las condiciones necesarias para procurar su lactancia y bienestar, o ser devueltos a su establecimiento de origen con la documentación respectiva. Animales postrados, no ambulatorios o con sintomatología nerviosa son condenados, considerados Material Específico de Riesgo (MER) y clasificados como no aptos para el consumo humano o animal. Se les deberá tomar muestras de acuerdo con el “Instructivo para toma y envío de muestras para Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB)” del SENASA, y destruir el resto del cuerpo mediante enterramiento, incineración o cualquier otro método aprobado por SENASA (SENASA_a, 2022).

Si durante la inspección ante mortem se encuentran animales muertos en los corrales, sus respectivos cadáveres deberán ser retirados y trasladados a otro lugar, para su posterior destrucción y entierro con cal. Se deberá garantizar que el desecho de los cadáveres no represente una posterior amenaza para la salud animal o humana. Se aplicará el mismo procedimiento para aquellos animales que hayan muerto durante su transporte a la planta de cosecha. Los animales que hayan muerto dentro de las instalaciones de la planta, es decir en

alguno de los corrales, deberán ser sacrificados de inmediato, y queda a discreción del Médico Veterinario si su carne es viable para consumo humano (SCIJ, 2001).

1.1.2 Inspección ante mortem de porcinos

A su vez, la directriz oficial de la Inspección *ante mortem* de la carne de cerdo (SENASA_b, 2023), establece ciertos parámetros y normativas discutidas a continuación. En la inspección *ante mortem* de cerdos, es de vital importancia que el personal del establecimiento se asegure de que toda la piara tenga un ingreso lícito a la planta de cosecha, es decir, que cuenten con la documentación oficial de ingreso, tal como lo es la Guía Oficial de Movilización. Además, de separar a los animales que presenten comportamiento anormal, tumoraciones, cambios en el color de la piel entre otros y ubicarlos en el corral de aislamiento, identificarlos, documentar la información pertinente de los mismos, y suministrar dicha información al médico veterinario o inspector auxiliar.

El Médico Veterinario Inspector (MVI) o Inspector Auxiliar deben verificar que la documentación cumpla con la siguiente información como mínimo: número de corral / lote, el número y la clase de sacrificio del ganado en el corral/ lote que se ofreció, espacio para observaciones, fecha y hora en la que se realiza la inspección y firma del MVI o IA que realizó la inspección (SENASA_b, 2023).

Con el objetivo de procurar el bienestar animal de los porcinos durante su proceso de transporte y faenado, los mismos deben ser manejados por un personal experimentado. A la hora de evaluar el bienestar de los cerdos al ser manejados, se debe determinar si hay problemas con el personal, los animales o las instalaciones. Los problemas en las instalaciones se pueden clasificar en tres categorías: 1) problemas menores, 2) fallas mayores en el diseño y 3) instalaciones sobrecargadas, la cual no cuenta con la capacidad requerida para la velocidad de línea de la planta (Grandin, 2003).

Una vez descargados, los cerdos deben ser conducidos por los pasillos hacia los corrales de descanso o a las áreas de aturdimiento eléctrico si así corresponde. Los pasillos deben ser anchos (medir alrededor de dos metros) para que sean capaces de caminar en grupo. Las paredes laterales de los mismos deben ser cerradas, de modo que los animales no se distraigan

de su camino con ruidos producidos por el equipo, camiones, otros objetos en el pasillo o que se vean estresados al ver a personas. La iluminación debe ser difusa de modo que no provoque contrastes de luz y sombras, y así evitar puntos de parada para los cerdos. Es importante conservar la superficie lateral de los pasillos (portones y paredes) lo más uniforme posible, evitando: contrastes de color, de textura y luminosidad por todo el camino. Por tanto, se debe evitar la presencia de objetos salientes como bisagras, alambres, cerraduras, clavos, tornillos y entre otros, que puedan lastimar a los animales. También, evitar objetos y rejillas de drenaje en el centro del piso del pasillo debido a que por reflejo que provocan, el cerdo puede detenerse y rehusarse a continuar (SENASA_b, 2023).

Los corrales de descanso para el alojamiento y reconocimiento de los porcinos deben ser en número, proporcional a la capacidad de sacrificio de la planta. Los mismos deben ser independientes por especie y cumplir con las regulaciones establecidas en la legislación nacional y otras legislaciones que apliquen. La infraestructura de estos corrales debe construirse con características que eviten lesiones de los animales o los operarios durante la movilización o estadías de los mismos, facilite su limpieza y desinfección; y además contar con un andén que facilite la inspección *ante mortem*. La infraestructura debe ser lo suficientemente grande para permitirle a los cerdos levantarse, echarse y voltearse simultáneamente. Los corrales de descanso deben contar con techos en buen estado, estar bien ventilados e iluminados (artificial o natural), y que permita la debida inspección *ante mortem* de todos los animales. Las luces deben apagarse durante la noche (SENASA_b, 2023).

El piso de los pasillos y corrales de descanso debe ser de material resistente, lavable y antideslizante. Además, debe contar con un declive suficiente hacia el desagüe, con drenajes protegidos que permitan la salida de líquidos y desechos. Deben mantenerse limpios, revisarse con regularidad y procurar que se encuentren en buenas condiciones. Hay muchas opciones de superficies antideslizantes entre las que se incluyen: cemento cuadriculado (por ejemplo: 5 cm por lado con surcos de 1,5 cm de profundidad), concreto acanalado, listones de cemento, suelo de metal expandido y entre otros. Los corrales deben contar con bebederos, mismos que deberán tener un tamaño lo suficientemente grande para que permita el acceso y consumo adecuado de agua limpia y fresca de todos los cerdos que se encuentren en el corral, deben mantenerse limpios y en buen estado. Es recomendado el uso de bebederos de chupón colgante, esto con el objetivo de evitar posibles lesiones en la piel que se generan cuando los bebederos se fijan en las paredes. La relación debe ser de un bebedero por cada 12 a 15 animales, y deben

encontrarse situados a una altura que permita el acceso y consumo adecuado de acuerdo con el peso de los porcinos alojados. La altura de los mismos debe ser por encima del dorso del animal, de esta manera el cerdo extiende el cuello hacia arriba y bebe más cómodamente. Los operarios deben estar atentos a la disponibilidad de agua, y del estado y posición de los bebederos (SENASA_b, 2023).

Además, el establecimiento debe contar con un corral para el aislamiento de animales enfermos o sospechosos, y el mismo debe poder mantenerse cerrado mediante dispositivos de seguridad (candado, precinto u otros). Dicho corral deberá contar con iluminación y cepos para facilitar el examen clínico de los animales. El piso de este corral deberá estar separado del piso de otros corrales mediante un muro, y contar con un desagüe independiente, y así evitar la transmisión de enfermedades. Debe estar rotulado o identificado, y disponer de los equipos requeridos para una examinación minuciosa que requieran los animales, tales como estetoscopio, termómetro rectal, guantes, sogas, delantales y entre otros que el MVI considere necesario para la evaluación clínica (SENASA_b, 2023).

El MVI debe realizar la inspección sistemática de todos los porcinos a la espera de sacrificio, acompañado del corralero que tiene la función de estimular a los cerdos para su movimiento o marcha. Debe evaluar a los animales en movimiento y reposo (echados y de pie), además de observar su conducta y condición corporal por ambos lados. El mismo debe evaluar las condiciones generales de cada animal, con énfasis en su cabeza (ojo, morro, hocico), los miembros anteriores y posteriores y el cuerpo (mucosas, piel, vulva y ubre), grado de alerta, movilidad, olor y respiración del animal. Seguidamente, debe prestar especial atención a la detección de signos clínicos que puedan presentar las enfermedades comunes en el país y de declaración obligatoria de la OIE, descritas en el Decreto del MAG N° 34669: “Listado de enfermedades animales de declaración obligatoria” (SCIJ, 2008), que se detallan en el instructivo “*Descripción de procesos patológicos y criterios técnicos para el decomiso de porcinos*” (SENASA_b, 2023).

Los animales que lleguen a la planta de cosecha, deberán someterse a un período de ayuno y de descanso de doce horas antes de su sacrificio, con el objetivo de que sus condiciones fisiológicas sean óptimas y se garantice de que no quede oculto ningún signo o síntoma de enfermedades. El tiempo de ayuno o reposo puede reducirse si se comprueba que el tiempo de transporte de los animales no fue superior a dos horas, o si los mismos proceden de subastas

bajo control de un Médico Veterinario; sin embargo, el período de ayuno nunca podrá ser inferior a seis horas (SCIJ, 2001).

Es importante mencionar que las instalaciones de la inspección *ante mortem* deben contar con buena iluminación, ventilación, equipo y espacio para desarrollar la misma con eficiencia. La inspección Ante Mortem da como lugar a uno de tres resultados: animales sanos y aprobados para sacrificio, aprobados como sospechosos o decomisados. Los animales que presenten signos de enfermedad grave o inaceptables para consumo humano son rechazados, incluidos aquellos no ambulatorios, muertos o moribundos, con sintomatología nerviosa o con temperaturas corporales altas (41°C en cerdos o 40,5°C en vacas) (Polking, 2022).

Si durante la inspección ante mortem se encuentran animales muertos en los corrales, sus respectivos cadáveres deberán ser retirados y trasladados a otro lugar, para su posterior destrucción y entierro con cal. Se deberá garantizar que el desecho de los cadáveres no represente una posterior amenaza para la salud animal o humana. Se aplicará el mismo procedimiento para aquellos animales que hayan muerto durante su transporte a la planta de cosecha. Los animales que hayan muerto dentro de las instalaciones de la planta, es decir en alguno de los corrales, deberán ser sacrificados de inmediato, y queda a discreción del Médico Veterinario si su carne es viable para consumo humano (SCIJ, 2001).

1.1.3 Aturdimiento

Cada año, alrededor del mundo se cría, engorda y cosecha 1500 millones de cerdos y 1000 millones de vacas para el consumo humano (Thorton, 2019). Para que el sacrificio de estos sea considerado humanitario, el mismo se debe realizar en condiciones que eviten el dolor o el sufrimiento de los animales. El principio básico de un sacrificio humanitario o que contemple y respete el bienestar animal, es incluir métodos de aturdimiento que garanticen que los animales están inconscientes e insensibles al dolor, y dicho estado debe permanecer hasta el momento de su muerte (Humane Slaughter Association [HSA], 2016).

En bovinos, el aturdimiento más comúnmente empleado es el perno cautivo penetrante. El correcto posicionamiento tanto del animal como del perno es de vital importancia para lograr un aturdimiento efectivo. Si alguno de los dos, ya sea el animal o el perno, están posicionados de manera incorrecta, es muy posible que se presente un aturdimiento inadecuado, dando lugar

a un animal con dolor y sumamente estresado, de manera que se irrespeta el bienestar animal y se pierde la calidad de la carne. La posición ideal de aturdimiento es en el centro de la frente, más específicamente en la intersección que se da entre dos líneas imaginarias trazadas entre los ojos y la base de los cuernos opuestos (Humane Slaughter Association [HSA], 2013). Esto da como posición, un punto de aproximadamente 70 mm sobre una línea imaginaria trazada en la parte craneal de los ojos y que cruza la frente. La boca del aturdidor debe sujetarse en un ángulo recto con el cráneo, de manera que el perno se dirija hacia la parte alta del cerebro sobre el bulbo raquídeo (HSA, 2013).

La fisiología detrás del aturdimiento con perno cautivo penetrante se puede explicar a grandes rasgos como una interrupción de la actividad cerebral normal. Al momento de aplicar un golpe seco y fuerte correctamente sobre el cráneo, se produce una rápida aceleración de la cabeza, provocando que el cerebro sufra una contusión dentro del cráneo. Seguidamente, se produce una interrupción de la actividad eléctrica normal como consecuencia del incremento masivo y repentino de la presión intracraneal, y seguido de una reducción súbita de la presión arterial. Consecuentemente, los daños que sufren los nervios y vasos sanguíneos causan disfunción y/o destrucción del cerebro, impidiendo la circulación sanguínea. La duración del aturdimiento dependerá del grado de daño nervioso y el grado en el que se reduzca el suministro sanguíneo. El efecto inicial en el animal es el estado de inconsciencia inmediata acompañado de la actividad tónica. En la actividad tónica, el bovino sufre un colapso, deja de respirar y se pone rígido, con la cabeza estirada y las patas traseras flexionadas hacia el abdomen. Este período dura aproximadamente entre diez a 20 segundos tras el aturdimiento. La actividad clónica va seguida de un período de patadas involuntarias que se remite gradualmente. Si un animal manifiesta movimiento de sus patas traseras o delanteras inmediatamente después de sufrir el colapso, es decir que no hubo rigidez durante la actividad tónica, es muy probable que no esté correctamente aturdido, por lo que se debería repetir el procedimiento de manera inmediata (HSA, 2013).

Los siguientes son signos físicos de que un animal está efectivamente aturdido: colapso, no presenta respiración rítmica, expresión fija vidriosa en ojos, sin reflejo corneal, sin reflejo palpebral, mandíbula relajada, y cuelgue de la lengua (HSA, 2013).

En porcinos, el aturdimiento más comúnmente utilizado es el aturdimiento eléctrico (Jerez et al., 2020). El aturdimiento eléctrico o también conocido como electronarcosis, se desarrolló en

Francia y Alemania a finales de la década de los veinte del siglo XX. Su uso se ha implementado en prácticamente todas las especies productivas; bovinos, ovinos, caprinos, equinos y porcinos. Es importante mencionar que la electronarcosis es el aturdimiento eléctrico del animal para someterlo a un estado de inconsciencia para después provocar su muerte por desangrado, a diferencia de la electrocución, que es aplicar una carga eléctrica mayor para detener al corazón y provocar su muerte instantánea. El principio del aturdimiento eléctrico es transmitir la corriente suficiente a través del cerebro para interrumpir su actividad normal de modo que el animal quede inmediatamente inconsciente e incapaz de sentir dolor. Cuando se colocan los electrodos en la cabeza, la cantidad de corriente que fluye dependerá de la diferencia de voltaje entre los electrodos y la resistencia eléctrica del animal. Los animales contienen una alta proporción de líquido que conducirá bien la electricidad, sin embargo, la piel, la grasa, el hueso y el pelo son malos conductores. La corriente eléctrica tomará el camino de menor resistencia a través del tejido animal, como resultado de que solo una pequeña proporción de la corriente medida penetrará en el cerebro. Se ha evidenciado que por cada 100 kg de peso vivo del animal, la corriente eléctrica deberá ser de 200 V para inducir un aturdimiento efectivo (Lastra, 2020). Aquellos animales que cuenten con una piel gruesa, mucha cantidad de lana o cráneos prominentes tendrán una resistencia eléctrica mayor (HSA, 2016).

Si la electronarcosis se ejecuta de una manera efectiva, el resultado es básicamente el mismo que un ataque de epilepsia en humanos, conocido como un ataque epiléptico mayor. En el mismo, el cerebro se ve gravemente estimulado, el cuerpo muestra actividad tónica/clónica (Cuadro I) y hay una pérdida total de la conciencia. Durante la primera fase (tónica), cuando la corriente fluye a través del cerebro, el animal colapsa y su respiración cesa, se evidencia una extensión y rigidez de sus patas delanteras y una flexión hacia el cuerpo de sus patas traseras. Por otro lado, en la segunda fase (clónica) se genera un relajamiento del animal y comienza a dar patadas involuntarias con las cuatro patas. A medida que remite la actividad clónica, el animal pasa a la tercera fase (reversión o agotamiento). Está comprobado que en las dos primeras fases el animal está inconsciente, y por lo tanto es insensible al dolor, sin embargo, el inicio de la tercera fase es una indicación de que el animal se está empezando a recuperar y podría experimentar dolor. El primer signo de que el animal está entrando en fase de reversión, es el regreso de una respiración rítmica normal (Cuadro 1). La respiración rítmica se puede determinar observando el movimiento del pecho con respiraciones espaciadas homogéneamente, y no debe confundirse con jadeos aleatorios (respiración agónica), resultado

de las contracciones musculares espasmódicas, que se pueden generar cuando el cerebro se está muriendo (HSA, 2016).

Cuadro 1. Síntomas físicos de cada fase de la electronarcosis y su tiempo promedio en porcinos.

| Fase | Síntomas físicos | Tiempo en cerdos (seg) |
|--------------|--|------------------------|
| Tónica | Animal colapsa y se observa rígido. Sin respiración rítmica La cabeza se levanta Patas delanteras extendidas y patas traseras flexionadas | 10 -20 |
| Clónica | Relajación gradual de los músculos Movimientos de patas involuntarios Movimientos hacia abajo de los globos oculares Micción y/o defecación | 15 - 45 |
| Recuperación | Reanudación de una respiración rítmica normal Respuesta a estímulos dolorosos Visualmente consciente Trata de ponerse de pie | 30 -60 |

Fuente: Humane Slaughter Association, 2016.

La falta de actividad clónica obvia o evidente, indica un aturdimiento pobre o ineficaz. El primer signo de reversión es el regreso a una respiración rítmica normal.

1.1.4 Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control

Según lo descrito y establecido por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para la Alimentación y Agricultura (FAO por sus siglas en inglés) en 2023, el Sistema de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP por sus siglas en inglés) permite identificar peligros específicos y designar medidas para su control, con el objetivo de garantizar y preservar la

inocuidad de los alimentos. Este sistema se basa en un análisis previo de riesgos y es un instrumento que a su vez, permite evaluar los peligros en un momento y punto del proceso dado, estableciendo sistemas de control que se centran en la prevención en lugar de basarse en el ensayo del producto final. Todo sistema HACCP es sensible a cambios o modificaciones, que derivan principalmente de avances en el diseño del equipo, métodos de elaboración o de la industria tecnológica.

El sistema HACCP puede aplicarse a lo largo de toda la cadena alimentaria, desde el productor primario hasta el consumidor final, y su aplicación deberá justificarse con pruebas científicas de peligros para la salud humana. Además de garantizar la inocuidad de los alimentos a lo largo de su proceso de fabricación, esta herramienta permite otras ventajas significativas; facilitar los procesos de revisión y auditoría por parte de los entes gubernamentales reguladores e incentivar y promover el comercio internacional, ya que brinda una mayor confianza de un producto alimenticio inocuo y de mejor calidad.

Para entender de una manera más clara la implementación de un sistema HACCP, es necesario conocer y comprender algunos conceptos básicos. Según la FAO en 2023, existen varios conceptos relevantes cuyo conocimiento es vital para entender un sistema HACCP. Por peligro, se entiende agente biológico, químico o físico presente en el alimento o producto, o bien la condición de la misma, que representa un riesgo al tener la capacidad de representar o generar un efecto adverso en la salud de los consumidores finales. Un Punto Crítico de Control (PCC) es aquella fase en la que puede aplicarse un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad de alimentos, o para reducirlo a niveles aceptables. El límite crítico es aquel criterio que decide la aceptabilidad o inaceptabilidad de un proceso en específico en una fase en específico. La desviación es una situación existente cuando un límite crítico es incumplido. Una medida correctiva es una acción inmediata a ejecutar cuando los resultados del monitoreo de los PCC determinan que hubo una pérdida del control del proceso. Y por último, la vigilancia es el monitoreo constante que garantice que los elementos del sistema HACCP son efectivos.

El sistema HACCP consta de siete principios para su formación y ejecución. El primer principio recalca la importancia de realizar un análisis de los potenciales peligros que se pueden afrontar en la cosecha de carne bovina o porcina. El principio número 2 consiste en la determinación de los PCC. El principio número 3 establece los límites críticos de control. El

principio número 4 es claro en la importancia de implementar un sistema de vigilancia y control de los PCC. Seguidamente, el principio número 5 determina las medidas correctivas que deben acatarse cuando sea requerido. Por su parte, el principio número 6 establece sistemas de comprobación que confirmen que el sistema HACCP funciona de manera efectiva. Y finalmente, el principio número 7 establece un sistema de documentación de todos los procesos y registros relevantes para la aplicación de los principios anteriores (United States Department of Agriculture [USDA], 2020).

En las plantas de cosecha de las especies bovina y porcina, existen tres Puntos Críticos de Control que como mínimo, deben considerarse y ejecutarse de manera estricta y eficiente (USDA, 2021). Los mismos son los siguientes: PCC 1: cero contaminación fecal, leche y cuerpos extraños visible en canal, PCC 2: desinfección con ácido peracético y PCC3: enfriamiento óptimo de las canales durante su almacenamiento. Cada uno de los Puntos Críticos de Control que se deben considerar en estas industrias, cuenta con factores que determinan la severidad de su incumplimiento y con acciones a ejecutar de manera inmediata, para evitar en la medida de lo posible, la pérdida de la inocuidad, calidad y trazabilidad de los productos finales. Los factores de cada uno de los PCC son los siguientes: límites críticos, desviaciones, acciones correctivas y responsables. Es importante mencionar que cuando exista un evento de incumplimiento de alguno de los PCC, el mismo se debe documentar y registrar. La vigilancia y monitoreo del historial de los incumplimientos es de vital importancia para evitar que los incidentes ocurran de nuevo, y si suceden, contar con un plan de acción para su tratamiento inmediato (USDA, 2021).

El Cuadro 2 explica cada uno de los Puntos Críticos de Control y cada uno de los factores anteriormente mencionados:

Cuadro 2. Puntos críticos de control y sus factores de medición y vigilancia asociados

| Punto Crítico de Control | Límite crítico | Desviación | Acciones correctivas | Operario Responsable |
|--|--|---|--|------------------------------|
| #1 Cero contaminación fecal visible en canal | A discrepancia del equipo de Inspección (MVI o IA) | A discrepancia del equipo de Inspección (MVI o IA) | Eliminar el área contaminada con agua a presión. Determinar si son necesarias acciones más elaboradas para la aprobación de la canal. Determinar las causas de las desviaciones e implementar plan de acción para su prevención. | Equipo Inspector - Operarios |
| #2 Desinfección con ácido peracético | 180 ppm – 220 ppm | Concentraciones menores a 180 ppm o mayores a 200 ppm | Se identificarán las causas de la desviación y se aplicarán las correcciones necesarias para que la concentración vuelva a estar en los rangos requeridos. Además, se ejecutarán medidas preventivas para evitar que esto ocurra de nuevo. El producto que se rocío por debajo de los límites críticos deberá ser rociado a 180 ppm en la cámara de refrigeración. El producto que sea rociado por encima del límite crítico será retenido y se realizará un muestreo que revele que no hay niveles de antimicrobianos significativos con muestras que se encuentren dentro del rango. | Equipo Inspector - Operarios |
| #3 Enfriamiento de las canales | -1°C a 7°C en menos de 24 horas | Temperaturas menores a -1°C o mayores a 7°C después de 24 horas | Se identificarán las posibles causas de que la temperatura no sea la óptima y se establecerán las medidas necesarias para corregirlas. Al equipo de enfriamiento se le realizará una reparación inmediata y de ser necesario un mantenimiento preventivo. Al producto que no se encuentre en las temperaturas requeridas, se le evaluará una hora después de la corrección y antes de ser despachado. | Equipo Inspector - Operarios |

Fuente: USDA, 2021. SENASA, 2022.

1.1.5 Inspección *post mortem* de bovinos

La directriz oficial sobre la Inspección *post mortem* en bovinos (SENASA, 2022), establece procesos y normas que se describirán a continuación. La inspección *post mortem* debe efectuarse lo más pronto posible después del sacrificio y sin demoras, con el objetivo de evitar contaminaciones y además, de detectar olores y colores que se aprecian mejor con una carne recién cosechada. El procedimiento a seguir es el siguiente: observación física y directa de la cabeza, la canal, las vísceras y los linfonodos, así como su palpación, olfacción e incisión cuando sea necesario. Es esencial que, se mantenga una relación directa entre la canal y sus respectiva cabeza y vísceras y además que los operarios e inspectores mantengan una buena comunicación entre sí, ya que una patología o signo encontrado en cabeza o vísceras ya separadas, puede tener implicaciones en la totalidad de la canal.

Durante esta inspección, debe prestarse atención a los procesos patológicos, lesiones y anomalías que se pueden presentar en las enfermedades nacionales y las de declaración obligatoria por la OIE, descritas en el Decreto del MAG N ° 34669 “*Listado de enfermedades animales de declaración obligatoria*” (SCIJ, 2008) que se detallan en el instructivo “*Descripción de procesos patológicos y criterios técnicos para el decomiso de bovinos*” del SENASA. Nadie puede retirar de las áreas de inspección de un matadero, ninguna parte de canal, víscera u órganos sin que estos estén debidamente aprobados por el Médico Veterinario Inspector o el Inspector Auxiliar (SENASA_a, 2022).

1.1.5.1 Inspección cabeza bovinos

Una vez que la cabeza recién lavada y preparada es colocada en la mesa de inspección de cabezas, el inspector se encarga de realizar una revisión visual de la parte externa de la cabeza, ojos, oídos y cornete frontal para descartar la presencia de cualquier contaminación o anormalidad. Independientemente del tipo de aturdidor utilizado, el MVI o IA debe corroborar la ausencia de MER en cumplimiento para aquellos establecimientos que exportan a países que requieran que se garantice esta medida (SENASA_a, 2022).

El MER es un conjunto de tejidos que cuentan con mayor riesgo de contener priones (agentes etiológicos relacionados con la Encefalopatía Espongiforme Bovina o EEB). Dichos tejidos deben ser extraídos y eliminados. Se dice que en animales mayores a 12 meses, el MER incluye el cráneo (excluyendo mandíbula) y la médula espinal. En aquellos bovinos mayores a 30 meses, se incluye la columna vertebral junto a ganglios de la raíz dorsal. Por último, en individuos de todas las edades se incluye como MER a las tonsilas, los últimos cuatro metros del intestino delgado, el ciego y el mesenterio (Medina et al., 2016).

La cabeza debe colocarse en el gancho de inspección para cabezas, y proceder a realizar la inspección de los ganglios retrofaríngeos laterales y mediales, y los ganglios linfáticos submandibulares de ambos lados. La inspección de los ganglios se lleva a cabo realizando la máxima cantidad de cortes en los mismos. Posterior a esto, se ubica la glándula parótida, se incide la misma y se exponen los ganglios linfáticos parotídeos para su evaluación. Seguidamente, se procede a inspeccionar el músculo masetero. En este músculo se realizan dos cortes: uno en el masetero superficial y otro en el masetero profundo, con el objetivo de descartar la presencia de parásitos y/o otras patologías. El mismo procedimiento se realiza para

los músculos pterigoideos superficial y profundo (derecho e izquierdo). Finalmente, se realiza una inspección visual y palpación de la lengua, además de verificar la remoción de tonsilas palatinas y linguales (SENASA_a, 2022).

1.1.5.2 Inspección vísceras bovinos

En vísceras de bovinos, uno de los primeros órganos en ser evaluados es el corazón. Para la revisión de este órgano, es necesario realizar una incisión y retiro del pericardio, de esta manera se expone al mismo para la evaluación de su parte externa. Para su revisión interna, se ejecuta una incisión a lo largo del septo interventricular y varias incisiones en el miocardio. La evaluación de los pulmones consta de realizar la máxima cantidad de incisiones en los ganglios linfáticos traqueobronquiales izquierdo y derecho, y mediastínicos craneales, medios y caudales. Además, se realiza una incisión en la tráquea y los bronquios para su evaluación interna, y también una revisión general del parénquima pulmonar (SENASA_a, 2022).

Por su parte, el hígado es colocado con su cara visceral hacia arriba para exponer a los ganglios linfáticos hepáticos y realizar la mayor cantidad de incisiones en estos. Después, se inciden los ductos biliares en búsqueda de cualquier patología o parásito (por ejemplo, *Fasciola hepática*). Finalmente, se voltea el hígado para palpar y examinar su cara parietal, y llegar a un diagnóstico del mismo. El bazo, se inspecciona tanto como por observación como por palpación. Los riñones deben estar fuera de su cápsula al momento de su evaluación, la cual se lleva a cabo mediante observación y palpación. Por último, en las canales que provengan de machos la inspección de los testículos debe realizarse con una evaluación visual y por palpación (SENASA_a, 2022).

En cuanto a vísceras verdes, que incluyen a: esófago, rumen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado e intestino grueso, se procede a realizar la inspección mediante observación y palpación de los ganglios linfáticos mesentéricos, del esófago y de la unión rumino-reticular. Es importante mencionar que esta evaluación se debe ejecutar en caso de que la inspección de alguna de las vísceras rojas haya indicado enfermedad (SENASA_a, 2022).

Por su parte, la sangre deberá ser inspeccionada si la misma se destinará a consumo humano. Su disposición para aprovechamiento humano, estará sujeta a los hallazgos encontrados en la canal y vísceras de cada animal. Si la sangre de varios o todos los individuos se deposita en un

mismo contenedor, todo el lote de sangre será descartado si se determina que la canal de algún animal no es apta para consumo humano (Medina et al., 2016).

La inspección de las canales requiere los siguientes procesos que pueden seguir o no el siguiente orden descrito: inspección visual de la parte interna y externa de la canal, palpación de los ganglios linfáticos sub ilíacos superficiales y cervicales superficiales, y así determinar un diagnóstico. En caso de ser necesario, se podrían inspeccionar los ganglios linfáticos precurales, inguinales superficiales, renales y cervicales. Los mismos se deben incidir, y evaluar su tamaño, coloración y cambios en su consistencia. Es importante realizar una inspección visual e incidir los músculos más significativos en la canal, si el equipo inspector lo considera necesario. Si la canal requiere una inspección más específica por parte del MVI, se clasifica como sospechosa y se dispone de la misma en la línea de retenidos para una revisión más exhaustiva. Si el establecimiento no cuenta con una línea o cuarto de retenidos, se detiene el proceso para que el MVI realice dicha inspección. Se deben valorar los ganglios linfáticos asociados a la canal, asimismo una evaluación del sistema óseo, muscular y tejido adiposo, además de valorar los hallazgos que sobresalgan en la segunda evaluación. Es importante mencionar que el cuero del animal debe ser retenido, para obtener los datos del mismo en caso que sea decomisado (SENASA_a, 2022).

1.1.5.3 Verificación del cumplimiento del requisito de cero tolerancia

Esta verificación se realiza con el objetivo de proteger la salud pública, de manera que se corrobore que el establecimiento ha adoptado las medidas para la disminución de patógenos. Esta verificación es realizada por el equipo inspector y consiste en: verificar el cumplimiento de cero tolerancia de materia fecal, leche o ingesta en la canal durante o después del proceso de sacrificio y verificar el cumplimiento de cero tolerancia de materia fecal, leche o ingesta en los productos empacados que provengan de cabeza, cachetes o esófago (SENASA_a, 2022).

Se debe tener conocimiento de cuantas canales se sacrificaron ese día, y escoger las mismas para esta verificación de manera aleatoria y con el siguiente patrón: si la cantidad de animales a sacrificar es menor o igual a 100, se escogen dos canales. Si la cantidad es de 101 a 250, se escogen cuatro canales de manera aleatoria. Si se sacrifican de 250 a 500 animales ese día, se escoge un total de ocho canales. Y finalmente, si el número de animales a sacrificar es mayor a 500 se escogen un total de 12 canales de manera aleatoria (SENASA_a, 2022).

Los criterios para determinar si hay presencia de heces se clasifican en dos categorías; la primera es por color, el cual puede ser café, amarillenta o verde, y en caso de terneros no que no estén rumiando puede verse blanca, amarilla o café claro. Mientras tanto, la otra clasificación es por consistencia fibrosa o tipo planta, pudiendo incluir granos dependiendo de la dieta. En cuanto a la presencia de leche, el color se vería blanca o amarilla clara, y la consistencia puede ser acuosa, viscosa o cuajada (SENASA_a, 2022).

Cuando el MVI o IA encuentre contaminación por heces, ingesta o leche en alguna de las canales, el mismo deberá detener la cadena de sacrificio con el objetivo de que dicha canal sea reevaluada y reintegrada al proceso, salvo que el establecimiento haya determinado un circuito de salida con el fin de transportar las canales contaminadas, para que las mismas sean reexaminadas, recortadas (de ser necesario) e integradas nuevamente a la cadena para su inspección final (FSIS, 2004).

En caso de existir una desviación a la hora de evaluar la presencia de heces o leche en la canal o cabeza de los animales previamente sacrificados, el equipo inspector, deberá remover de manera satisfactoria dicha contaminación. Queda a discreción del IA o MVI si considera necesario la instauración de un tratamiento más elaborado, según el grado o severidad del área afectada. En caso de que el IA detecte que las contaminaciones son frecuentes, deberá registrarlas y documentarlas, y notificar al MVI y al establecimiento. El equipo inspector deberá garantizar de manera estricta que se implementen acciones correctivas apegadas al plan HACCP del establecimiento, con el objetivo de cumplir que la desviación sea eliminada, que el PCC sea controlado, que no ingrese ningún producto contaminado al mercado y que todas las desviaciones sean documentadas (SENASA_a, 2022).

1.1.5.4 Generalidades Inspección post mortem de porcinos

La directriz oficial sobre la inspección *post mortem* en porcinos del SENASA, establece procesos y normas que se describirán a continuación. En la inspección *post mortem* de porcinos, los operarios del establecimiento deben asegurarse de que se cumplan las siguientes operaciones: escaldado, pelado, flameado, y eviscerado sin demora y de manera que no se contamine la carne. En esta especie, la fase de escaldado es de vital importancia para la reducción de la contaminación e incluso para el depilado de las canales. El escaldado se puede

realizar de manera horizontal, insertando a los animales en un tanque de acero inoxidable lleno de agua caliente (60°C), o verticalmente, ya sea por aspersión o por vapor de agua caliente (mayor a 60°C), de esta manera se ahorra agua comparado con la inmersión (SENASA_b, 2023). Desde el punto de vista bacteriológico, la temperatura óptima está en un rango de 60°C a 62°C con el objetivo de reducir la contaminación por enterobacterias como *Salmonella* y *E. coli*. Por debajo de 60°C se ha evidenciado que el nivel de bacterias es mayor, y mayor a 62°C empiezan a aparecer marcas de quemaduras, se desprenden las pezuñas, se fijan más los pelos y por último, la piel se desnaturaliza más por lo cual puede resultar dañada por la máquina peladora y así se contribuye la contaminación. La escaldadora debe contar con acciones antes y después del sacrificio de los animales y durante el escaldado para preservar la buena higiene del agua en la misma y así evitar contaminaciones en las canales de los animales. Las medidas antes del sacrificio comprenden lo siguiente: guardar el ayuno recomendado, transportes limpios, corrales de reposo o espera limpios y duchas mientras esperan el sacrificio. Después del sacrificio, las medidas a cumplir consisten en duchar a los animales sacrificados antes del escaldado con agua a temperatura de 40°C a 50°C, esperar el tiempo recomendado después del sacrificio (paro cardiorrespiratorio) y por último, taponamiento de las aberturas naturales y de la herida de desangrado (SENASA_b, 2023).

Los operarios de las plantas de cosecha deberán recortar y/o eliminar cualquier área contaminada y además defectos en la canal ocasionados durante su faenado. Estos defectos no deberían alterar la disposición final de la canal. Aquellos defectos que se consideran meritorios para su corte o eliminación son cualquier contaminación (heces, leche o ingesta) y defectos que puedan alterar la calidad del producto (pelos, suciedad, caspa y pezuñas) (FSIS, 2019).

La siguiente etapa en el proceso es el pelado. El pelado consiste en la remoción manual o automática de los pelos, grasa cutánea y capa queratinizada de la epidermis, eliminando los mismos con cuchillos o raspadores, o con máquinas peladoras. Dichas máquinas son consideradas zonas sucias, y focos de bacterias de géneros como *Salmonella*, *Campylobacter*, *Yersinia* y *Listeria*, por lo que una limpieza y desinfección frecuente de las mismas es altamente recomendado. Lo ocurrido en el proceso de escaldado puede repercutir significativamente en esta fase. Después del pelado, se puede complementar el proceso de remoción de pelos y tejidos no deseados con el flameado. El flameado es un proceso de depilación de las cerdas residuales del cerdo por combustión, que posteriormente es duchado y raspado para desprender el material carbonizado (SENASA_b, 2023).

Una vez finalizados los procesos anteriores, los operarios deben realizar la separación de la cabeza. Esta acción se lleva a cabo mediante un corte entre el hueso occipital y la primera vértebra cervical (atlas), perpendicular al animal (SENASA_b, 2023).

Procurando la higiene, se debe realizar el ligado del recto con una bolsa plástica y su atado, para evitar eventuales derrames de materia fecal y propagar fuentes de contaminación. El ligado del recto se ejecuta con un corte circular alrededor del ano (ano y vulva en hembras) usando un cuchillo que debe desinfectarse con cada animal. Se ha demostrado que esta acción redujo las contaminaciones con *Yersinia enterocolitica* en porcentajes menores a 1% (SENASA_b, 2023).

1.1.5.5 Inspección cabeza porcinos

A nivel general, se debe inspeccionar la cabeza visualmente, y además palpar e incidir los ganglios linfáticos presentes en la misma. Es importante mencionar que se debe inspeccionar y aprobar aquellas cabezas sanas y sin adulterar, y condenar las cabezas contaminadas (ingesta, abscesos y otros defectos condenables identificados). Aquellas cabezas y su respectiva canal asociada que no estén identificados para su retiro, deben conservarse (FSIS, 2019).

La cabeza del cerdo es una región que cuenta con estructuras y tejidos de relevancia higiénica y cuya inspección debe ser obligatoria. La cabeza y el cuello del cerdo tienen una forma de cono, en la cual la estructura más destacada es el rostro, al que también se le llama “morro”, “hocico” y “nariz”. Una vez que el IA coloca la cabeza en la mesa de inspección, el MVI procede a realizar una evaluación externa de las distintas caras: lateral, ventral y caudal, evaluando los ojos, orejas, pabellón auricular, morro y hueso frontal, con el objetivo de descartar cualquier anormalidad o contaminación. De igual manera, el MVI procede a ubicar los ganglios linfáticos retrofaríngeos laterales y mandibulares de ambos lados, para realizar su inspección visual, palpación e incisión. También es importante incidir los ganglios linfáticos parotídeos para su inspección visual, palpación e incisión, los cuales se encuentran debajo de la glándula parotídea, la cual es de forma triangular y se encuentra cubierta de grasa en los animales de buena salud. Otra de las estructuras en la cabeza y de gran relevancia sanitaria, es la lengua. La lengua debe retraerse para su inspección visual, por palpación e incisión de ser necesario. Este tejido es importante para el descarte de patologías como la pleuroneumonía

contagiosa, estomatitis vesicular y entre otras. Otras estructuras de la cavidad oral y anexadas a la misma, y que deben inspeccionarse son la orofaringe, paladar duro, paladar blanco y las glándulas amígdalas. Los músculos maseteros externos y pterigoideos internos deben ser evaluados visualmente y con incisiones, para descartar patologías parasitarias como la generada por *Cysticercus solium* (SENASA_b, 2023).

1.1.5.6 Eviscerado e Inspección vísceras porcinos

Una vez finalizada la inspección de cabeza, se procede a realizar el eviscerado y la inspección de vísceras. Previo al eviscerado, es importante realizar el retiro de las glándulas mamarias en hembras lactantes y el pene en los machos. El eviscerado consiste en el retiro de los órganos de la cavidad torácica y abdominal, y debe realizarse 45 minutos post aturdido como máximo, esto con el objetivo de evitar la migración de microorganismos desde el tracto digestivo debido al aumento de la permeabilidad de los intestinos que se provoca después de la muerte del animal. Dicho proceso debe realizarse con el animal en posición vertical o izado, ejecutando un corte longitudinal con una sierra metálica a lo largo de su cavidad abdominal. Durante la evisceración, puede haber eventuales contaminaciones de las vísceras y canal si se da una ruptura del intestino, por lo que es muy importante extremar las medidas de precaución para evitar dichos sucesos. Las vísceras obtenidas no deben arrojarse en un basurero o ser colocadas en el suelo, por el contrario, deben ser colocadas en la mesa de inspección para su posterior evaluación cometida por un IA o un MVI (SENASA_b, 2023).

El equipo inspector deberá inspeccionar visualmente todas las vísceras y su canal asociada. Las vísceras clasificadas (vísceras verdes sin aprovechamiento) deberán ser descartadas. Si alguna de esas vísceras cuenta con afecciones localizadas previamente identificadas (abscesos, adherencias y contaminaciones) deberá ser inspeccionada antes de su desecho. Las vísceras no clasificadas (vísceras rojas) se deberán inspeccionar y de ser aprobadas, se conservan para su aprovechamiento (FSIS, 2019).

La primera víscera a inspeccionar son los pulmones, derecho e izquierdo. Los mismos deben evaluarse de manera visual y por palpación. Los pulmones considerados sanos son aquellos que cuenten con coloración rosada, libres de lesiones externas y pleuras transparentes. Otro factor importante en este órgano es la inspección de los ganglios linfáticos, evaluando los traqueobronquiales y mediastínicos, los cuales deben ser revisados visualmente, por palpación,

e incisión. Por último, la tráquea debe inspeccionarse de manera visual y con una incisión longitudinal a lo largo de la misma para evaluar su lumen y contenido. Seguidamente, se procede con la inspección del corazón. El pericardio debe ser transparente y el corazón debe tener un color rojo intenso, sin decoloraciones, con depósitos de grasa en torno al surco coronario y con una textura firme a la palpación. Después de realizar la inspección visual externa del órgano, se debe realizar una incisión para evaluar las estructuras internas del mismo y el miocardio. Dicha incisión consiste en un corte longitudinal sobre el surco subsinuoso, de esta manera se exponen todas las estructuras de interés: atrios, ventrículos, músculos papilares, cuerdas tendinosas, válvulas cardiacas, miocardio y endocardio (SENASA_b, 2023).

La inspección del hígado en porcinos comprende de una inspección visual y palpación de ambas de sus caras, es decir la visceral y la parietal, así como de sus cuatro lóbulos principales y sus dos lóbulos rudimentarios. También es importante incidir los ganglios linfáticos hepáticos, evaluando su color y consistencia interna, de manera que sea posible descartar la presencia de patologías principalmente de origen parasitario. El bazo, debe ser evaluado con una inspección visual y palpación, además de incidir los linfonodos esplénicos. Por su parte, los riñones deben ser evaluados por el MVI o el IA, con una revisión visual meticulosa de su superficie externa, palpación e incisión del parénquima, identificando que el color, tamaño y consistencia sean característicos de esta especie sin presentar anomalías (SENASA_b, 2023).

La inspección del tracto gastrointestinal comprende la examinación visual y palpación de esófago, estómago, intestinos delgado y grueso. Los ganglios linfáticos de relevancia sanitaria a nivel de sistema digestivo en esta especie, son los linfonodos gástricos y los linfonodos mesentéricos craneales. Si durante la inspección de dichas vísceras, hay alguna indicación de enfermedad o anomalía, es importante realizar una incisión en los ganglios linfáticos anteriormente mencionados, ya que son bastante reactivos ante procesos asentados a nivel gastrointestinal (SENASA_b, 2023).

La inspección de la canal debe realizarse con el objetivo de determinar la eficacia con la que se realizó el desangrado, escaldado, pelado, el estado de las serosas, limpieza, olores y cualquier anomalía que pueda presentarse y se recomienda realizar la inspección con la misma cortada en mitades. Se procede a realizar una evaluación visual y palpación de la canal en sus partes internas y externas. El color de la carne es otro factor importante a considerar durante este examen, el mismo será rojo rosáceo al momento del sacrificio, y después del mismo

adoptará un color rojo oscuro, debido al consumo del oxígeno y el predominio de la mioglobina. La carne no deberá presentar olores fuertes o acentuados, mismos que se ven influenciados por la presencia de Ácidos Grasos Volátiles (AGV), dieta, sexo y edad. La inspección de ganglios linfáticos también deberá completarse, entre ellos el inguinal superficial, subilíaco, renal, ilíaco interno, ilíaco externo e iliofemoral. Por último, si los resultados de la inspección *Post Mortem* no son satisfactorios, se deberán realizar análisis de laboratorio adicionales que se requieran necesarias, y las canales y vísceras se deberán mantener separadas en su refrigeración, en condición de retenido hasta que se cuente con los resultados de dichas pruebas. Si las pruebas arrojan resultados negativos o no se pueden realizar, se procede con el decomiso de los productos (SENASA_b, 2023).

Lo descrito anteriormente, hace referencia a la importancia de comprender, inspeccionar y documentar los procesos de faenado y trazabilidad relacionados a la cosecha y transformación de productos cárnicos de las especies bovina y porcina. Otro de los alimentos de origen animal y de consumo humano, cuya relevancia en la industria alimentaria es de gran impacto y que es comercializada en prácticamente todos los países del mundo es; la leche y sus subproductos. Para el 2022, se estima que se produjeron 930 millones de toneladas de leche a nivel mundial, con países como India, Estados Unidos, Pakistán, China y Brasil liderando el mercado (FAO, 2025). La cantidad y el tipo de consumo de leche y sus derivados varía en las distintas regiones del mundo, según el ingreso medio de las mismas. Se dice que en países desarrollados o de ingreso alto, los lácteos más consumidos son los procesados y la cantidad ronda los 240 litros por persona y por año. Por otro lado, los países en desarrollo y con ingresos bajos consumen lácteos más frescos y con una cantidad que ronda los 80 litros por persona y por año (Observatorio de la cadena láctea argentina [OCLA], 2016). Bajo ese contexto, resulta de vital importancia la preparación de médicos veterinarios en el análisis microbiológico, parámetros de calidad y trazabilidad de la leche y sus derivados, desde su producción primaria en finca, proceso y transformación en planta y transporte y almacenamiento para consumo final. A continuación, se ahondará en definiciones y conceptos relevantes para un mejor entendimiento de la inocuidad y calidad de la leche y sus subproductos.

1.1.6 Generalidades de la leche

Según Celis & Juárez (2009), la leche engloba definiciones y distintos análisis que determinan su inocuidad y calidad, las cuales se describirán a continuación. La leche es una suspensión

coloidal, heterogénea y de color blanco, cuya composición comprende diversos nutrientes, entre los cuales se puede mencionar; partículas de grasa, caseína, lactosa, trazas de calcio, fósforo y potasio, lactoalbuminas y diversas proteínas. La grasa de la leche se presenta en partículas de varios tamaños visibles en microscopios ópticos, y las mismas están cubiertas por una capa de proteínas que actúan como coloides protectores. La principal proteína de la leche, la caseína, se coagula cuando la lactosa se convierte en ácido láctico por cambios de temperatura o por el desarrollo de agentes bacterianos.

Este líquido blanquecino es secretado por las glándulas mamarias de las hembras mamíferas después del nacimiento de su (s) cría (s). La función natural de la leche es la de ser el alimento exclusivo de los mamíferos jóvenes, tras su nacimiento y hasta su destete, el cual es un período crítico y por su rápido desarrollo, la leche no debería ser sustituida por ningún otro alimento. A pesar de su gran valor alimenticio, en la leche también se pueden encontrar sustancias sin valor nutritivo (Alais, 2022).

Por su gran aporte nutritivo, la leche es uno de los alimentos de mayor importancia en la gran mayoría de países a nivel mundial. Sin embargo, cuando este alimento no es manejado con la higiene y precaución requerida, puede convertirse en un excelente vehículo para la transmisión de enfermedades al ser humano, tanto las de carácter zoonótico como aquellas ocasionadas por patógenos que se producen en la contaminación de la leche y sus subproductos, durante sus procesos de obtención y/o transformación. Las condiciones y medidas seguidas en torno a la higiene y sanidad en las explotaciones lecheras, tienen un efecto directo y trascendental en la calidad microbiológica de la leche. Entre más estrictos sean los cumplimientos de la obtención higiénica de la leche y la sanidad de los animales productores de la misma, menores serán los contenidos microbianos en esta. Asimismo, corrales libres de boñiga y lodo, sales de ordeño limpias equipo de ordeño limpio y en buen funcionamiento y una rutina de ordeño adecuada, resultará en una baja en la incidencia de mastitis, lo que consecuentemente se traduce a bajos conteos de células somáticas (CCS) (Celis & Juárez, 2009).

Para determinar si existe una buena salud en la ubre de la vaca, el principal indicador al respecto es la presencia de células somáticas (CS) en la leche cruda. Los valores normales de un animal sano rondan en las 200.000 CS/ml, mientras que una vaca sospechosa de mastitis o con mastitis confirmada presenta valores superiores a las 400.000 CS/ml. El impacto de un incremento en los valores de conteo de células somáticas, es significativo tanto para el sector productivo como

para el industrial. El primero se ve afectado por una notoria reducción en la producción de litros de leche/ por vaca / por día, mientras que el segundo, resulta perjudicado por la disminución de la calidad y cantidad de las proteínas contenidas en la leche, así como la vida en anaquel de los subproductos de la misma. La leche cuenta con la presencia de una cantidad no significativa de bacterias al momento de extraerla de la ubre de una vaca sana, no obstante, durante el ordeño la leche puede contaminarse a partir del animal, por ejemplo, con las zonas externas de la ubre y también con áreas próximas del medio ambiente, tales como suelo y superficies, los cuales pueden verse contaminados por polvo, aire, agua, insectos y entre otros. Las dos fuentes de contaminación más significativas son el equipo y los utensilios utilizados para la obtención y recolección de la leche, incluidas las manos de los ordeñadores (Celis & Juárez, 2009).

El número de microorganismos presentes en la leche varía de cuarto a cuarto de ubre y de vaca a vaca, dependiendo de los sistemas de limpieza y desinfección empleados. Cuando el líquido se obtiene de manera aséptica, los resultados oscilan entre 100 y 1000 UFC/ml, compuestos principalmente por contaminantes procedentes del entorno de la ubre, el equipo de ordeño y los manipuladores. Durante el transporte y almacenamiento de la leche, así como la elaboración de sus subproductos, el principal foco de contaminación son las superficies presentes en los procesos; botes lecheros, tanques de almacenamiento, bombas, tuberías, filtros, agitadores, envases, transportadoras, utensilios y entre otros (Celis & Juárez, 2009).

La composición de la leche la hace muy susceptible a sufrir alteraciones o cambios en su microbiología, especialmente cuando la temperatura de conservación no es la adecuada. Es por eso que resulta importante señalar los cambios que se registran en la calidad microbiológica de la leche cuando la misma es sometida a cambios. La calidad microbiológica de la leche cruda varía de manera significativa durante su manejo y transporte, especialmente cuando no se cuenta con el equipo necesario para su enfriamiento óptimo desde que es obtenida hasta que llega a la mesa de los consumidores finales. Estas variaciones ponen en riesgo la certificación de calidad de la misma, para ser considerada como leche apta para el consumo humano. Al haber una cantidad mayor de bacterias mesofílicas, puede existir un mayor riesgo de contaminación por patógenos, así como el crecimiento de los mismos en productos terminados (Celis & Juárez, 2009).

1.1.7 Propiedades y componentes de la leche

Para un mejor entendimiento de cómo las bacterias ejecutan distintos mecanismos o procesos para el consumo y degradación de los componentes de la leche, es necesario definir y comprender los mismos. A continuación, se abordará sobre las propiedades físicas y los componentes de la leche.

1.1.7.1 Propiedades físicas de la leche

Para tener una mejor comprensión de la rapidez o facilidad con la que la leche puede descomponerse en ambientes y con condiciones adversas, es necesario adentrarse en la explicación o revisión de conceptos importantes relacionados a las propiedades físicas de la leche. Según Gil & Ruiz (2010), entre las más importantes podemos mencionar al pH. A una temperatura de 20°C, la leche presenta un rango normal de pH entre 6,5 a 6,8. Un pH ligeramente más ácido hace referencia a restos ácidos de grupos carboxílicos de aminoácidos, aniones fosfato y citrato y entre otros. Además, el incremento de ácido láctico debido a la actividad fermentadora de las bacterias presente en muestras o lotes de leche contaminada, puede alterar el rango normal de pH de la leche. Cuando se habla de densidad en la leche, realmente se hace referencia a su peso específico. El peso específico por definición es la determinación del peso de un volumen determinado de una sustancia, en comparación con el peso del mismo volumen de agua, a una temperatura fijada. La densidad de la leche tiene un rango promedio que va desde 1,028 a 1,036. La leche tiene un punto de congelación promedio que va desde -0,54°C a -0,59°C. El punto de congelación puede verse afectado por la concentración de sales y de otras sustancias como la lactosa y sales minerales, ya que el mismo es directamente proporcional a la molalidad de una solución. Es por ello que la concentración de lactosa e iones como cloruro, sodio y potasio explica más del 80% de una posible disminución del punto de congelación. Esta medición es importante ya que ayuda a determinar el fraude más común en la comercialización de la leche: "el aguado". Es decir, si la leche es de mala calidad y no cuenta con los valores normales de lactosa o de minerales, los valores del punto de congelación se verían disminuidos (Gil & Ruiz, 2010).

1.1.7.2 Componentes químicos de la leche

Según Gil & Ruiz (2010), el principal componente de la leche es el agua, que representa el 87% del total. El restante 12-13% corresponde a grupo de componentes conocidos como extracto seco total, en los cuales se incluye a las proteínas, grasas, lactosa y sales minerales.

Las proporciones y cantidades de los componentes pueden variar significativamente entre las distintas razas de vacas, e incluso entre individuos de la misma raza. Entre los componentes secos, se puede mencionar a las proteínas. Se describen dos grandes grupos de compuestos nitrogenados presentes en la leche; las proteínas y el nitrógeno no proteico (NNP), que representan el 95% y el 5% de los compuestos nitrogenados respectivamente. Entre las proteínas, se distinguen la caseína y las proteínas del lactosuero. La caseína representa el 80% de las proteínas de la leche y se encuentra suspendida formando estructuras conocidas como micelas de caseína. Las proteínas del suero representan el 20% restante y entre ellas se puede mencionar a la α -lactoalbúmina, β -lactoglobulina, albúmina sérica, peptonas e inmunoglobulinas (Gil & Ruiz, 2010).

Continuando con los componentes secos de la leche, se tiene a la lactosa. La lactosa es un hidrato de carbono presente únicamente en la leche de distintas especies. Se considera el material seco más predominante de la leche. En la leche líquida, la lactosa se encuentra en suspensión en un equilibrio entre los isómeros α -lactosa y β -lactosa (Gil & Ruiz, 2010). A nivel de su composición química más detallada, se ha evidenciado que la lactosa es un disacárido reductor, formado por galactosa y glucosa. La lactosa se origina en las glándulas mamarias, otorgándole a la leche un sabor dulzaino. Su proporción cuantitativa es muy constante y promueve la formación de bacterias generadoras de ácido láctico, cuya particularidad es aprovechada para la obtención de derivados de la leche (yogurt, queso, entre otros). La formación de ácido láctico no es beneficiosa en la leche entera para consumo, sin embargo, el mismo actúa como conservante en los subproductos de la leche (Guerrero & Rodríguez, 2010).

Otro de los componentes sólidos relevantes en la leche, es la grasa. La proporción de grasa en la leche está directamente relacionada con factores como la raza, edad y estado nutricional de la vaca (Guerrero & Rodríguez, 2010). La grasa es un componente muy importante de la leche por su implicación en la fabricación de mantequilla, helados y natas, y por su valor nutricional. La materia grasa de la leche está compuesta en un 99% por lípidos, entre los que predominan los triglicéridos con el 98% y junto a ellos los monoglicéridos, diglicéridos, ésteres de colesterol y las lectinas. El 1% restante corresponde a la fracción insaponificable, en las que destacan las sustancias incapaces de reaccionar con NaOH o KOH, tales como el colesterol, vitaminas liposolubles (A y D principalmente) y pigmentos naturales como los carotenoides y las xantofilas (Gil & Ruiz, 2010).

Los factores que contribuyen a la descomposición de la leche o alguno de sus subproductos, son múltiples y de distintas causas. Entre ellos, se puede mencionar como unos de los principales a los factores físicos, químicos y biológicos. Entre los factores físicos se puede mencionar a la temperatura, la cual juega un rol muy importante en la conservación de la leche, ya que cambios (incrementos) en la misma, pueden acelerar o promover la aparición de microorganismos que descomponen la leche. Estos microorganismos que son en su mayoría bacterias, son parte de los factores biológicos que pueden causar alteraciones en distintas materias primas alimenticias. Por último, factores químicos como la calidad y el no vencimiento de los preservantes de la leche y de sus subproductos, pueden retrasar la descomposición de la misma. Como parte de los géneros de bacterias Gram-negativas asociadas a la descomposición de este alimento de alto consumo mundial y de gran valor nutricional, se tienen los siguientes: *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Serratia*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Achromobacter*, *Enterobacter* y *Flavobacterium*. Por otro lado, los géneros de bacterias Gram-positivas asociados a la descomposición de la leche son: *Bacillus*, *Aneuribacillus*, *Brevibacillus*, *Geobacillus*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Microbacterium*, *Micrococcus*, *Streptococcus*, *Arthbacter*, *Carnobacterium* y *Staphylococcus*. De todos los géneros anteriores, *Pseudomonas* es el género más frecuentemente aislado en muestras de leche y de sus subproductos contaminados con bacterias o dañados (Machado et al., 2017).

1.2 Justificación

Las estrategias pedagógicas para la asimilación de contenidos didácticos por parte de los profesionales de la medicina veterinaria son de vital importancia. Por ello, el presente proyecto propuso la generación de contenido audiovisual relacionado con los procesos que se llevan a cabo en plantas de cosecha de bovinos y porcinos, considerando la reglamentación vigente y la normativa sobre trazabilidad, bienestar animal, análisis de peligros y criterios de decomiso. Este proyecto nació debido a que se ha evidenciado una carencia de contenido audiovisual relacionado al tema propuesto. A pesar de los esfuerzos de la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional y del equipo relacionado a la salud pública y la inspección e higiene de los alimentos, en educar a la población estudiantil, profesorado y población en general sobre la importancia de una buena trazabilidad de los productos de origen animal antes, dentro y después de ser procesados en las plantas de cosecha, la Universidad sigue sin contar con material audiovisual publicado como propiedad intelectual, que apoye la literatura utilizada

para educar a las generaciones de estudiantes de la carrera y de carreras afines, sobre el eje educativo en el que se basa este proyecto.

Luego de haber realizado una búsqueda con la palabra clave “matadero” en el Catálogo de Acceso Público en línea (OPAC por sus siglas en inglés) del Sistema de Bibliotecas y Centros de Documentación de la Universidad Nacional, se arrojó un total de seis resultados. De esos resultados, ninguno se relaciona o asimila a los objetivos de este proyecto. Al haber utilizado otras palabras claves como: “plantas de cosecha”, “matadero bovino”, “matadero porcino”, se arrojaron solamente dos resultados y ninguno relacionado al tema del proyecto.

Cada día, el ingreso a las plantas de cosecha y procesamiento de animales es más riguroso por las medidas de bioseguridad instauradas y limita la enseñanza del proceso de inspección veterinaria en las generaciones de estudiantes de la carrera. Por ello, este proyecto representó un valioso aporte y una buena herramienta didáctica e interactiva, con la cual se puede enseñar y capacitar a los actuales estudiantes de Medicina Veterinaria, mismos que en un futuro nos convertiremos en los profesionales responsables en velar por la inocuidad y la buena calidad de productos de origen animal, y que consecuentemente, seremos parte de los responsables en velar por la salud de los consumidores finales y por ello, en procurar la salud pública. Por otro lado, este material significaría eventualmente un importante instrumento con el cual, los médicos veterinarios que se especializan en la industria alimentaria más específicamente en las plantas de cosecha y producción cárnica, podrían utilizar para capacitar a sus inspectores de calidad a cargo, operarios en general, pasantes y demás personas relacionadas a las distintas prácticas de cosecha animal en las plantas de cosecha. Este trabajo, además pretendió educar a la población en general, la cual, en su gran mayoría, no está familiarizada con los procesos, consideraciones y normas que se contemplan en las plantas de cosecha, por lo que resultaría en una valiosa información para la ciudadanía en general interesada sobre la importancia de la inocuidad y trazabilidad en la transformación animal a sus productos derivados. Por esas razones, este trabajo representó un importante agregado al gremio de los médicos veterinarios que se especializan en el área de inspección e higiene alimentaria, en aras de garantizar la salud pública.

La salud pública y la inocuidad alimentaria comprenden el monitoreo y la vigilancia de distintas matrices alimentarias, tales como la leche y sus derivados (lácteos). Nuestro país se ha posicionado en los últimos años, como un líder regional en la exportación de dichos productos,

por lo que contar con profesionales altamente capacitados en la calidad e inocuidad de la leche y sus derivados es de suma importancia. Por esa razón, realicé una pasantía en el Instituto de Seguridad y Calidad de Alimentos, en la Universidad de Hannover en Alemania. La pasantía comprendió el análisis microbiológico de muestras de leche, la inoculación bacteriana en muestras de leche para medición de efectos, parámetros de calidad, protocolos de diagnóstico y tratamiento ante casos de mastitis y entre otras actividades que me permitieron como pasante, adquirir las destrezas y los conocimientos requeridos para liderar proyectos relacionados a esta industria. Es relevante mencionar que en el contexto actual, existen intenciones gubernamentales que de manera irresponsable buscan quitarles potestades a los médicos veterinarios y otorgárselas a personas que no se encuentran lo suficientemente preparadas académicamente, para liderar la vigilancia en inocuidad y calidad en esta industria. Por lo que nuevamente, una preparación de este nivel como lo es esta pasantía, tiene como justificación la importancia de preparar y capacitar a los médicos veterinarios del futuro, que con nuestros conocimientos, acciones y experiencia seremos los responsables de garantizar la salud pública, procurando la salud y el bienestar del hato lechero en producción primaria, así como la integridad y el bienestar de los consumidores de leche y sus derivados lácteos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General:

1.3.1.1 Elaborar una guía didáctica audiovisual dirigida a la población de medicina veterinaria y a otras ciencias de interés, sobre los procesos y consideraciones relacionadas al bienestar animal, trazabilidad y análisis de puntos críticos de control aplicado en una planta de cosecha de producción bovina y porcina, usando como referencia la planta de cosecha del Instituto Tecnológico de Costa Rica, ubicado en Santa Clara de San Carlos.

1.3.2 Objetivos Específicos:

1.3.2.1 Generar una guía didáctica que permita informar a la población médico-veterinaria sobre las consideraciones de bienestar animal aplicados en plantas de cosecha de bovinos y porcinos.

- 1.3.2.2 Aportar a la academia una herramienta innovadora en educación, que estimule el aprendizaje sobre el faenado de bovinos y porcinos y la trazabilidad interna en plantas de cosecha y proceso, de una manera interactiva y dinámica.
- 1.3.2.3 Recopilar los procedimientos de inspección veterinaria por medio de material audiovisual para reconocer los hallazgos patológicos causantes de decomisos de bovinos y porcinos faenados en una planta de cosecha nacional.
- 1.3.2.4 Desarrollar destrezas sobre la recolección de muestras, el análisis microbiológico de la leche y parámetros usados para evaluar la calidad de la leche, así como el diagnóstico y tratamiento de las mastitis presentes en producción primaria, para liderar proyectos relacionados a la industria láctea.
- 1.3.2.5 Concientizar a la población afín a la medicina veterinaria y población en general, sobre la importancia de la inocuidad y bioseguridad en distintos procesos relacionados a la industria alimentaria de productos y subproductos de origen animal, tales como la recolección de muestras y el análisis microbiológico de la leche y sus derivados.

2. METODOLOGÍA

El presente Trabajo Final de Graduación está directamente relacionado a la industria alimentaria de productos de origen animal, así mismo, comprende factores de salud pública e inocuidad alimentaria. El mismo, en su modalidad proyecto de graduación se centró en la generación de un material audiovisual y descriptivo de los procesos y consideraciones a tomar en cuenta en el faenado, trazabilidad y bienestar animal de las especies bovina y porcina. Adicionalmente, como parte mi preparación académica, realicé una pasantía en el Instituto de Seguridad y Calidad Alimentaria de la Universidad de Medicina Veterinaria en Hanover, Alemania durante los meses de febrero a abril de 2024, cuyo eje se enfocó en el análisis microbiológico y parámetros de calidad de la leche de vaca. A continuación, se abordarán ambos componentes más profundamente.

2.1 Materiales y metodología del Material Audiovisual (bovinos y porcinos)

La producción del material audiovisual fue iniciada en 2023 y completada en 2024, comprendiendo tres fases generales: 1) grabación de los vídeos (componente visual), 2) la grabación de los audios explicativos (componente auditivo) y 3) la edición de estos para la generación del producto final.

Para la realización y la grabación de los vídeos (componente visual), se ejecutaron un total de tres visitas a la planta de cosecha de porcinos y bovinos, ubicada en la sede del Instituto Tecnológico de Costa Rica en Santa Clara de San Carlos. La primera de ellas fue el jueves 07 de septiembre de 2023, con el objetivo de recolectar firmas de todos los operarios empleados en la planta, de manera que autorizaron el uso de su imagen en los vídeos a grabar. El miércoles 31 de enero de 2024, se realizó la segunda visita a la planta de cosecha, con el objetivo de iniciar las grabaciones de los procesos que se llevan a cabo dentro de la misma. Por último, el 22 de octubre de 2024, se realizó la tercera visita a la planta, con el objetivo de grabar nuevamente ciertas imágenes que se consideró necesario volverlas a grabar, ya sea para obtener un mejor ángulo o definición, y para grabar aspectos y secciones del proceso que se ignoraron en la segunda visita.

La primera visita consistió en informar a los operarios de la planta sobre el proyecto, el objetivo del mismo y que la realización de este podría involucrar la grabación parcial o total de sus caras

y/o cuerpos. Por tanto, a cada operario se le entregó un consentimiento informado (Anexo 1) y una solicitud de autorización del uso de su imagen. Dicho documento explicaba el objetivo del proyecto, la posibilidad de ser filmados, el uso del material o producto final y entre otros puntos de interés. Cada colaborador de la planta tuvo total libertad de decidir si autorizaba el uso de su imagen para dicho proyecto. Todos los colaboradores (17 en total) estuvieron de acuerdo en firmar la autorización del uso de su imagen. Dicha visita no contempló la grabación de ningún segmento o sección del proceso, su propósito se apegó meramente al marco legal y a disposiciones administrativas. La solicitud de firmas para la autorización del uso de imagen de los operarios fue realizada por la Unidad Académica correspondiente del Instituto Tecnológico de Costa Rica, y avalada por el Dr. Jaime Galindo (Médico Veterinario regente de la planta y guía académico de este proyecto).

En la segunda visita, se iniciaron las grabaciones del proceso en bovinos. Dichas grabaciones contemplaron la realización del componente visual (vídeos) de las siguientes secciones del proceso: actividades preoperacionales (ejemplo: lavado de manos, desinfección de botas), corral y pasillo de espera, aturdimiento, izado, degüelle, retiro de pieles, retiro de cuernos, retiro de patas, preparación de la cabeza, inspección de cabeza, preparación de la canal, evisceración, inspección de vísceras, desinfección de canal con ácido peracético, enfriamiento y revisión de puntos críticos de control y sus acciones correctivas correspondientes. Para cada una de esas secciones, se grabó un videoclip distinto en posición horizontal y sin cancelación de ruido, mismas grabaciones se realizaron con la cámara celular de un iPhone 15 estándar. Entre cada sección, se realizaron pausas para escuchar la explicación brindada por el Dr. Jaime Galindo y también por parte de los operarios, además para acotar las consideraciones a tomar en cuenta y evacuar preguntas por parte del estudiante investigador, la tutora o los estudiantes de Internado Rotatorio. Cada videoclip de cada sección del proceso en bovinos tuvo una duración promedio de 60s a 120s, pero es importante mencionar que algunos de ellos acortan o exceden dicho rango de tiempo.

Después de terminar las grabaciones de los procesos llevados a cabo en el sacrificio de bovinos, se procedió a filmar los procesos completados en la cosecha de porcinos. Para dicha especie, se realizaron videoclips de las siguientes secciones: actividades preoperacionales (lavado de manos, desinfección de botas), corral y pasillo de espera, aturdimiento, degolle, izado y escaldado, retiro automático y manual de vellos corporales, retiro y preparación de la cabeza, inspección de la cabeza, retiro parcial de pieles, preparación de la canal, evisceración,

inspección de vísceras, desinfección de canal con ácido peracético, trazabilidad de cabezas, trazabilidad de vísceras, enfriamiento de la canal y causas de retención y revisión de puntos críticos de control y sus respectivas acciones correctivas. Las grabaciones del proceso en porcinos se realizaron en posición horizontal y sin cancelación de ruido, con la cámara celular de un iPhone 15 estándar. Al igual que en bovinos, se respetó una pausa entre cada sección para escuchar las explicaciones y consideraciones mencionadas por el Dr. Jaime Galindo y los colaboradores de la planta, y además para evacuar cualquier pregunta por parte de público académico o estudiantil presente. Es importante mencionar que cada videoclip de cada sección del proceso en porcinos tiene una duración promedio de 30s a 90s, sin embargo, algunos de ellos acortan o exceden dicho rango de tiempo.

Una vez terminadas las grabaciones requeridas de los procesos realizados en ambas especies productivas, el Dr. Jaime Galindo procedió a informar sobre la historia de la planta, explicar el sistema de distribución de aguas y de desechos, los distintos corrales del establecimiento, y entre otros puntos de interés. Mientras comentaba y explicaba dichos puntos, al mismo tiempo guiaba un recorrido por las amplias instalaciones de la planta. Finalmente, luego de responder todas las preguntas realizadas por los presentes, la gira concluyó.

Una vez que se contó con todos los videoclips necesarios filmados, se procedió a cargar los mismos a la herramienta Google Drive, para así contar con un respaldo en caso de que el celular en los que se grabaron sufriera de algún incidente o problema técnico.

La segunda fase de la producción audiovisual consistió en la grabación del componente auditivo (audios) para complementar las imágenes grabadas. Estos audios se grabaron con la grabadora de audios de la computadora personal del estudiante investigador (Marca Dell), utilizando auriculares de marca Logic, para una mejor calidad del sonido. Se grabaron un total de 27 audios para bovinos y un total de 19 para porcinos. Se procuró grabar el audio mientras se observaba el vídeo correspondiente, de manera que lo que se explicaba verbalmente en dicho audio calzara cronológicamente con lo que se observa en las imágenes en el producto final. Además, la realización de los audios contó con el apoyo de los guiones (Anexo 2) realizados para cada uno de los videoclips grabados en planta para ambas especies. Los audios fueron guardados en la computadora, bajo una pestaña llamada "documentos", y cada uno fue nombrado según su descripción correspondiente en el guión, su duración y su código de generación desde el celular con el que se grabó el vídeo correspondiente a ese audio. Por

ejemplo, el primer audio grabado de la especie de bovinos lleva por nombre: "Clip 1 - Sala o cuarto preoperacional (19s) 0294", y así sucesivamente hasta completar el nombre de todos los audios en ambas especies.

Se redactaron un total de dos guiones; uno para cada especie animal (Anexo 2). El objetivo de los mismos fue describir la información que se explicaría en los audios. Cada uno de los 27 y 19 videoclips, correspondientes a bovinos y porcinos respectivamente, contaba con una descripción escrita. La misma sirvió de guía y soporte para la grabación vocal de los audios. Para la realización de este guion, se observó detalladamente cada uno de los videoclips, describiendo lo que se evidenciaba en los mismos, además de contar con el apoyo de la literatura para su realización. Entre la literatura de referencia utilizada para la ejecución de estos guiones se puede mencionar la Guía de Inspección *ante mortem* y *post mortem* en bovinos (SENASA_a, 2022), la Guía de Inspección *ante mortem* y *post mortem* en porcinos (SENASA_b, 2023), el documento de Descripción de procesos patológicos y Criterios técnicos para el decomiso en bovinos (SENASA_c, 2023) y el documento de Descripción de procesos patológicos y Criterios técnicos para el decomiso en porcinos (SENASA_d, 2019). Cada descripción de cada videoclip era numerada con el mismo número que le asignó a cada videoclip y a su audio correspondiente.

Una vez que todos los videoclips fueron filmados y los audios fueron grabados, se arrancó con la tercera fase del proyecto; la edición del producto final. Para la generación del material audiovisual y sus respectivas correcciones y ediciones, fue necesario contar con el apoyo de un programa editor de medios audiovisuales. CapCut, cuya descarga es gratuita y su interfaz es bastante amigable con el usuario. Este programa permite la incorporación de tres medios al mismo tiempo: visual, audio y texto. Con ello fue posible la adición de cada videoclip con su respectivo audio, y además, agregar texto legible en cada uno de ellos. Dicha herramienta permitió la edición de cada medio utilizado, de manera que era posible acortar la duración de un videoclip o de un audio, en caso de que haya sido necesario por razones como espacios vacíos de sonido al momento de grabar un audio o contenido innecesario en algunos de los videoclips. Además, también fue posible editar la información agregada como texto escrito en caso de que fuera necesario, por ejemplo, agregar o eliminar información o la corrección de palabras escritas en los mismos.

En dicho programa se generaron un total de dos vídeos, uno para cada especie. El programa CapCut permitía clasificar cada vídeo en una carpeta de información llamada "proyecto", por lo cual se contó con dos distintos proyectos, llamados "Bovinos" y "Porcinos". El programa permitía la edición de cada proyecto las veces que fueran necesarias y los cambios realizados se guardaron automáticamente. Para poder agregar videoclips y audios al material que se estaba editando, era necesario cargarlos primeramente al programa, por lo que cada clip estaba numerado y dicha numeración coincidía con su respectivo audio. En cada proyecto fue posible visualizar los videoclips y audios que se iban agregando, y si alguno de ellos era eliminado del programa desaparecía también de la matriz de edición, y consecuentemente del producto final. Es importante mencionar que era estrictamente necesario prestar especial atención a que el videoclip y su respectivo audio calzaran perfectamente en la línea de edición, de manera que ningún audio se superpusiera en otro videoclip que no era su correspondiente. Los textos también debían ser agregados de una manera precisa, justo en el momento en el que se visualiza lo que los mismos describen. Dichos textos aparecen como una caja naranja en la línea de edición, y era posible escoger el tamaño, color, fuente caligráfica y diseño de cada uno. Para los fines académicos de este trabajo, se decidió que todos los textos presentes en ambos productos contarán con las mismas características mencionadas anteriormente, es decir; el menor tamaño disponible, el tipo de fuente se denomina genial, y la letra de color negro con fondo blanco.

Finalmente, una vez que se terminó de editar el material de cada proyecto, el programa dio la opción de exportar los mismos al computador en el que se instaló. Los vídeos aparecían en una carpeta llamada "CapCut" encontrada en el folder de descargas, y que la misma se creó automáticamente cuando se instaló el programa, sin embargo fue posible mover los mismos a cualquier otro lugar en el computador. Los productos finales al ser descargados, adoptaron el nombre que se les dio a los respectivos proyectos en los cuales fueron creados y editados, aunque fue posible cambiar dichos nombres de ser requerido. El tiempo de descarga de cada proyecto dependía del tamaño y duración de cada uno, reportándose tiempos de 90 minutos para el vídeo de bovinos y 50 minutos para el de porcinos. Si los proyectos luego de ser descargados no eran eliminados del programa, era posible volver a editarlos cuando así se quisiera. La duración final de la generación de la primera versión de los vídeos fue de aproximadamente un mes, con un promedio total de dos horas de edición al día, durante 5 días a la semana.

Una vez que las primeras versiones del producto final fueron descargadas del programa al computador, los mismos se cargaron a la nube de la plataforma Google Drive, en una carpeta llamada "Borrador videos finales", la cual fue creada por el estudiante investigador y compartida con la tutora. La tutora de este trabajo procedió a revisar ambos vídeos para realizar las correcciones correspondientes. Las correcciones más relevantes evidenciadas por la tutora fueron: agregar imágenes de los corrales y de los animales en la inspección *ante mortem*, agregar diapositivas de transición y descriptivas entre procesos, agregar una diapositiva explicativa del HACCP antes de mencionar el PCC, es decir en la evisceración, cambiar la fuente y diseño de los textos y eliminar los agradecimientos en cada uno de los vídeos. Se trabajó y modificó la mayoría de las correcciones solicitadas, sin embargo, hubo que programar una nueva visita a finca ya que no se contaba con suficiente material visual para cubrir las secciones *ante mortem* en ambas especies.

La tercera visita a planta, se realizó con el objetivo de grabar secciones que se obviaron en la segunda visita, y además para repetir grabaciones cuando fuera necesario, por razones como un ángulo inadecuado, mala definición, un movimiento exagerado de las manos mientras se grababa, faltante de secciones exteriores y entre otras. Para esta tercera y última visita, el transporte y su realización fue ejecutada exclusivamente por el estudiante investigador. La misma se realizó el viernes 18 de octubre de 2024 y se ejecutaron las siguientes actividades: grabación de los corrales de espera y aislamiento de bovinos, grabación de los corrales de espera y aislamiento de porcinos, explicación del funcionamiento de los bebederos de bovinos en los corrales, observación del comportamiento de los individuos de ambas especies en reposo y en movimiento y su respectiva grabación.

2.2 Materiales y metodología de la pasantía: Proyecto deterioro de leche pasteurizada

2.2.1 Cultivo de muestras bacterianas en agar sangre

Un total de 209 colonias bacterianas aisladas de distintas especies fueron cultivadas en agar sangre para obtener una muestra más pura y determinar su capacidad de crecer en otros medios. Algunas bacterias se aislaron directamente de un agar sangre inicial y otras de tubos de ensayo con medio de cultivo enriquecedor (glucosa y sales). Dependiendo del resultado (si hubo o no crecimiento, y de cuantas cruces), se realizaron pruebas posteriores a las mismas, con el objetivo de determinar cuáles bacterias son capaces de sobrevivir a distintos medios y

diferentes condiciones, y además cuáles provocan daños en una matriz alimenticia como la leche de vaca.

2.2.2 Medio de cultivo caldo lisogenia (LB) y agar leche descremada

Los aislamientos que reportaron crecimiento en su primera prueba, es decir, en el agar sangre, se sometieron a una segunda prueba en el medio de cultivo enriquecedor de caldo de lisogenia (LB por sus siglas en inglés). Para preparar las muestras en este medio de cultivo, se llenaron tubos de ensayo con aproximadamente 7 ml de dicho medio en cada uno, y se les agregó un pequeño punto de una colonia aislada y pura de la bacteria con un asa bacteriológica, para proceder a homogeneizar la muestra con un mezclador automático. Las muestras en el medio de cultivo LB se dejaron crecer en una mezcladora a 120 rpm y con una temperatura controlada de 30°C durante 24 horas. Las muestras que resultaron positivas el medio de cultivo enriquecedor LB (medio se tornaba amarillo viscoso), se les realizó una última prueba para determinar su capacidad de crecimiento y sobrevivencia en muestras de leche de vaca. Esa prueba consistía en agregar 10µl de cada una de las muestras en LB (previamente mezcladas a 30°C durante 20 horas) en hoyos de 5 mm de diámetro dispuestos en agar de leche descremada (skim milk agar). Luego de 24 horas, a una incubación por 30°C, se determinaba su positividad mediante una reacción que indicara la formación de un halo transparente alrededor del hoyo.

Cada placa de agar de leche descremada se dividía a la mitad, de manera que en cada una se evidenciara la reacción de dos bacterias distintas. En cada mitad se realizaba un total de tres hoyos, esto con el objetivo de aumentar la confiabilidad de la reacción de la bacteria al agar, al consumir los componentes y así conformar el halo transparente que indicara su positividad. A cada halo de reacción en cada hoyo se le midió su diámetro y se promediaron para cada bacteria y para todas las bacterias en total dispuestas en esta prueba. Las bacterias seleccionadas para la parte final del proyecto, debían cumplir con el requisito de contar con estos diámetros muy equivalentes entre sí (el mismo diámetro para los tres hoyos idealmente) y mantenerse dentro del promedio total de todas las muestras. Un total de cinco bacterias de especies distintas entre sí fueron seleccionadas para la parte final del experimento.

2.2.3 Inoculación bacteriana en muestras de leche para medición de sus efectos

Después de varias semanas de muestreos y pruebas realizadas a las distintas muestras, un total de cinco fueron las seleccionadas como candidatas finales para el proyecto. La primera de ellas fue la 1004, que corresponde a *Aeromonas hydrophila*. Seguidamente, se escogió a la muestra 1012 correspondiendo a *Pseudomonas fluorescens*. La tercera de ellas fue la Serr 5, asociada a la especie *Serratia liquefaciens*. Y finalmente, las muestras 2877 y 1848 que se relacionan con las especies *Bacillus thuringiensis* y *Bacillus cereus* respectivamente.

A las primeras tres, se les hizo primeramente un cultivo en el medio infusión cerebro-corazón (BHI por sus siglas en inglés) por más de 20 horas a 30 grados y en movimiento. Posteriormente, se midió la densidad óptica de cada bacteria (Cuadro 3).

Cuadro 3. Densidades ópticas de tres de las muestras seleccionadas para la fase final del proyecto.

| | | | |
|------------------------|------|--------|------|
| ID_muestra | 1004 | Serr 5 | 1012 |
| Densidad óptica | 0,03 | 0,12 | 0,10 |

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Esos factores de densidad óptica fueron multiplicados por diez, misma multiplicación deriva en el factor de dilución. En este caso, se obtuvieron resultados de 0,3 , 1,2 , y 1 para las muestras 1004, Serr 5 y 1012 respectivamente. El promedio de esos tres valores se utilizó para determinar la cantidad de muestra con bacteria que debería colocarse en la dilución inicial, resultando en 0,8 μL . La tutora (parte alemana) de este trabajo determinó que a las muestras 2877 y 1848 no era necesario medirles la densidad óptica. Para continuar con el proyecto, se necesitó hacer un total de siete diluciones de cada bacteria con solución salina fosfatada, y tomándose en cuenta para el proyecto a partir de la dilución 10^{-2} y hasta 10^{-7} . Para preparar esas diluciones, la muestra inicial o dilución cero estaría compuesta por 1 ml, un total de 800 μL de muestra (bacteria suspendida en medio BHI) y 200 μL de BHI sin bacteria. Luego de eso, la dilución 10^{-2} tendría 900 μL de solución salina fosfatada y 100 μL de la muestra de bacteria inicial. Las demás diluciones repetirían ese mismo principio, para que con cada una de ellas la concentración de la bacteria se redujera a su décima parte. Luego de completar las siete diluciones, como se dijo anteriormente, se utilizaron las diluciones a partir de 10^{-2} y hasta

la 10^{-7} para colocarlas en platos de agar triptona-bilis-x-glucorónido (TBX) y así contabilizar las eventuales Unidades Formadoras de Colonias (UFC) al cabo de 24 horas en cultivo (30°C).

Las bacterias tuvieron crecimientos positivos en todos los casos, por lo que el próximo paso fue su inoculación en las muestras de leche. La inoculación en las muestras de leche se vio sesgada por dos factores: concentración bacteriana y temperatura de las muestras. Las muestras de leche y su inoculación con bacterias se clasificaron por concentración bacteriana (10^2 UFC/ml y 10^6 UFC/ml) y por temperatura (4°C , 22°C y 40°C).

La escogencia de ambos valores de concentración bacteriana quedó a discreción de la tutora del proyecto, sin embargo, tomó en cuenta factores como la representatividad de dichas concentraciones a la hora de hacer el conteo de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) en los platos de cultivo TBX. Los rangos de temperatura se escogieron para evidenciar el crecimiento bacteriano y el grado de descomposición de la leche por la actividad bacteriana, según el rango de temperatura en el que se encuentren; 4°C (refrigeración), 22°C (temperatura ambiente) y 40°C (calefacción).

Al incluir en el proyecto cinco distintas especies de bacterias y en dos clasificaciones de concentración cada una, se necesitó un total de diez muestras de leche. Sin embargo, al agregar el control negativo, el total final sería de 11 muestras lácteas. Se utilizaron muestras triplicadas para una mayor confiabilidad, por lo que en cada clasificación de temperatura se utilizaron un total de 33 muestras de leche (3×11). Al haber tres distintos grupos de temperatura, el resultado final de muestras de leche utilizados en el proyecto fue de 99 (3×33). La inoculación necesitó 7 ml de leche y $10 \mu\text{L}$ de la dilución bacteriana correspondiente en cada tubo de ensayo. Para poder rellenar los nueve tubos de cada bacteria (tres por cada clasificación de temperatura) y los del control negativo, se prepararon 11 erlenmeyer esterilizados. Cada erlenmeyer se relleno con 70 ml de leche y $100 \mu\text{L}$ de la dilución bacteriana correspondiente, exceptuando el control negativo que por obvias razones solo contaría con los 70 ml de leche sin bacteria.

Las 11 muestras lácteas se enumeraron del 1 al 11. La especie bacteriana y concentración de cada una se evidencian en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Identificación de las muestras a evaluar con su respectiva especie bacteriana y concentración.

| Muestra | Agente microbiano | Concentración (UFC/ml) |
|----------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 1 | <i>Pseudomonas fluorescens</i> | 10 ² |
| 2 | <i>Pseudomonas fluorescens</i> | 10 ⁶ |
| 3 | <i>Aeromonas hydrophila</i> | 10 ² |
| 4 | <i>Aeromonas hydrophila</i> | 10 ⁶ |
| 5 | <i>Serratia liquefaciens</i> | 10 ² |
| 6 | <i>Serratia liquefaciens</i> | 10 ⁶ |
| 7 | <i>Bacillus thuringiensis</i> | 10 ² |
| 8 | <i>Bacillus thuringiensis</i> | 10 ⁶ |
| 9 | <i>Bacillus cereus</i> | 10 ² |
| 10 | <i>Bacillus cereus</i> | 10 ⁶ |
| 11 | Control negativo | - |

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Luego de inocular cada muestra con su respectiva bacteria y a su respectiva concentración, se realizaron cuatro evaluaciones. La primera de ellas se realizó cuatro días después de día 0 o el día de la inoculación. Las siguientes tres evaluaciones se realizaron a los seis, 12 y 13 días respectivamente, después del día 0 o el día de la inoculación. En cada evaluación se observó cada una de las 11 muestras y se categorizó los efectos observados según su severidad, para un total de cuatro categorías. En cada una de las evaluaciones, se analizó y discutió si los factores de clasificación de las muestras, es decir, la concentración bacteriana y la temperatura, tuvieron un impacto relevante en los efectos observados. Se profundizará más acerca de los efectos observados en las secciones de resultados y discusión.

3. RESULTADOS

3.1 Material audiovisual (bovinos y porcinos)

Se generó la creación de dos vídeos, formato mp4, uno para cada especie (bovino y porcino). El material audiovisual de faenado y cosecha de carne bovina cuenta con una duración final de 45 min, y abarca las siguientes fases del procedimiento: actividades preoperacionales, inspección *ante mortem*, aturdimiento, degüelle e izado , retiro de pieles, preparación de la cabeza, inspección de la cabeza, preparación de la canal, monitoreo del PCC 1 (cero contaminación fecal visible), evisceración, inspección de vísceras, monitoreo del PCC 2 (desinfección con ácido peracético), monitoreo del PCC 3 (enfriamiento óptimo de las canales) y obligaciones en cámara de frío.

Por otro lado, el producto correspondiente al faenado y cosecha de carne porcina tiene una duración final de 25 minutos, describiendo las siguientes etapas del proceso: actividades preoperacionales, inspección *ante mortem*, aturdimiento, degüelle e izado, paso por la escaldadora, retiro automático y manual de vellos corporales, preparación de la cabeza, inspección de la cabeza, preparación de la canal, monitoreo del PCC 1 (cero contaminación fecal visible), evisceración, inspección de vísceras, trazabilidad de vísceras, trazabilidad de cabezas, monitoreo del PCC 2 (desinfección con ácido peracético), monitoreo del PCC 3 (enfriamiento óptimo de las canales) , causas de retención y obligaciones en cámara de frío.

Ambos materiales pertenecen a la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional y al Tecnológico de Costa Rica, y su uso didáctico y académico será responsabilidad de la tutora y asesor de este trabajo, los cuales harán posible la disposición de ambos productos, a través de medios digitales como el Aula Virtual, plataforma Teams, nubes de datos (Google Drive) con acceso limitado, entre otros. Estudiantes de grado y posgrado de diversas carreras del área de Ciencias de la Salud y Ciencias Agronómicas, así como profesionales y personal de plantas de cosecha podrán tener acceso de este material a través de capacitaciones de educación continua o en los cursos de Inspección e Higiene de los Alimentos, Salud Pública o Tecnología de Alimentos.

3.2 Caracterización bacteriana en leche pasteurizada en deterioro

3.2.1 Resultados de cultivos de muestras bacterianas en agar sangre

Se cultivaron un total de 209 muestras de bacterias de distintas especies en agar sangre. En el cuadro 5 se pueden observar los resultados por especie.

Cuadro 5. Resultados de cultivo en agar sangre de muestras de bacterias precandidatas para fase final del proyecto.

| Especie | Número de muestras | Número de muestras positivas | Número de muestras negativas | Porcentaje positividad por especie | Porcentaje positividad global |
|-----------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------------------|
| <i>Aeromonas hydrophila</i> | 1 | 1 | 0 | 100% | 0,5% |
| <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> | 1 | 1 | 0 | 100% | 0,5% |
| <i>Bacillus cereus</i> | 92 | 81 | 11 | 88% | 39% |
| <i>Bacillus circulans</i> | 1 | 1 | 0 | 100% | 0,5% |
| <i>Bacillus cytotoxicus</i> | 1 | 1 | 0 | 100% | 0,5% |
| <i>Bacillus licheniformis</i> | 45 | 40 | 5 | 88% | 19% |
| <i>Bacillus mycoides</i> | 3 | 3 | 0 | 100% | 1,4% |
| <i>Bacillus pumilus</i> | 4 | 3 | 1 | 75% | 1,4% |
| <i>Bacillus pseudomycoides</i> | 2 | 1 | 1 | 50% | 0,5% |
| <i>B. subtilis</i> | 6 | 6 | 0 | 100% | 2,8% |
| <i>Bacillus thuringiensis</i> | 47 | 39 | 8 | 83% | 19% |

| | | | | | |
|------------------------------------|------------|------------|-----------|----------|--------------|
| <i>Bacillus weihenstephanensis</i> | 1 | 1 | 0 | 100% | 0,5% |
| <i>Pseudomonas fluorescens</i> | 1 | 1 | 0 | 100% | 0,5% |
| <i>Serratia liquefaciens</i> | 4 | 3 | 1 | 75% | 1,4% |
| Total | 209 | 182 | 27 | - | 87,5% |

Fuente: Elaboración propia, 2024.

El porcentaje de positividad de crecimiento en el cultivo de agar sangre para todas las muestras de bacterias analizadas fue de un 87,5%. La mayoría de las especies bacterianas registró un 100% de positividad, sin embargo, el porcentaje para esas especies no es muy confiable ya que el número de muestras de las mismas no fue significativo (una muestra por especie en la mayoría de los casos). De las especies que también presentaron crecimientos negativos, las que presentaron mayor porcentaje de positividad fueron *Bacillus cereus* y *Bacillus licheniformis* con un 88% cada una. Por otro lado, la que presentó un menor porcentaje de positividad fue *Bacillus pseudomycoides* con un 50%.

3.2.2 Resultados de cultivos en medio caldo lisogenia y agar leche descremada

Las 182 muestras de bacterias que tuvieron un crecimiento positivo en Agar Sangre, fueron dispuestas a cultivar en el medio de cultivo LB. Todas las 182 muestras bacterianas evidenciaron un crecimiento en dicho medio, para un 100% de positividad.

Posteriormente, las 182 bacterias fueron cultivadas en agar leche descremada. Como se explicó en la sección de metodología, el criterio para reportar un crecimiento positivo en este agar fue un halo transparente alrededor de los hoyos que se hicieron en cada placa, el cual indica un consumo de los componentes del agar por parte de la bacteria. De esas 182 muestras de bacterias cultivadas en agar leche descremada, se reportó que 173 evidenciaron un crecimiento positivo en el mismo, para un porcentaje de positividad del 95%. Para esta prueba, se midió el diámetro del halo transparente de consumo en cada uno de los hoyos que se prepararon (tres por muestra bacteriana) y se calculó el promedio de los diámetros para cada una de las bacterias. La muestra bacteriana con los valores de diámetros más pequeños correspondía a la

especie de *Bacillus licheniformis*, con valores de 0,6 cm para cada uno de los hoyos y consecuentemente, igual valor para su promedio. Por otro lado, los diámetros con los valores más altos pertenecían a una muestra de bacteria de la especie *Bacillus cereus* con valores de 2,2 cm, 2,8 cm y 2,2 cm para los hoyos #1, #2 y #3 respectivamente, para un promedio de 2,4 cm.

En general, el promedio para cada uno de los hoyos de todas las muestras se puede observar en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Promedio de los diámetros de consumo bacteriano en agar leche descremada

| Muestras | Hoyo #1 (cm) | Hoyo #2 (cm) | Hoyo #3 (cm) | Promedio general (cm) |
|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|
| 173 | 1,53 | 1,56 | 1,55 | 1,56 |

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.2.3 Resultados del proyecto (inoculación bacteriana en muestras de leche para medición de sus efectos)

Los efectos observados según su concentración y temperatura, durante las cuatro evaluaciones se pueden observar en los Cuadros 7, 8, 9, 10 y 11, para los agentes *Pseudomonas fluorescens*, *Aeromonas hydrophila*, *Serratia liquefaciens*, *Bacillus thuringiensis* y *Bacillus cereus*, respectivamente.

Cuadro 7. Categorización de los efectos observados en cada una de las evaluaciones para *Pseudomonas fluorescens*, según su temperatura y concentración.

| N° Evaluación | Muestra | Microorganismo (concentración) | Temperatura (°C) | Categoría ¹ |
|---------------|---------|--|---------------------|------------------------|
| 1 | 1 | <i>Pseudomonas fluorescens</i> (10 ²) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | C |
| | 2 | <i>Pseudomonas fluorescens</i> (10 ⁶) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | C |
| 2 | 1 | <i>Pseudomonas fluorescens</i> (10 ²) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | D |
| | 2 | <i>Pseudomonas fluorescens</i> (10 ⁶) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | D |
| 3 | 1 | <i>Pseudomonas fluorescens</i> (10 ²) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | D |
| | 2 | <i>Pseudomonas fluorescens</i> (10 ⁶) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | D |
| 4 | 1 | <i>Pseudomonas fluorescens</i> (10 ²) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | E |
| | 2 | <i>Pseudomonas fluorescens</i> (10 ⁶) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | E |

Fuente: Elaboración propia, 2025.

¹Categoría corresponde a la siguiente clasificación: A) gelatinoso, consistencia a yogurt, sin cambios en color, B) más gelatinoso, grumos, sedimentación, cambio de color ligero a verde,

C) sedimentación fuerte, cambio de coloración fuerte a verde, capa en parte superior, olor agrio,
 D) coloración verde intensa, compactación, consumo severo de la leche, E) coloración verde
 muy intensa, olor agrio fuerte, consumo de leche casi total.

Cuadro 8. Categorización de los efectos observados en cada una de las evaluaciones para *Aeromonas hydrophila*, según su temperatura y concentración.

| N° Evaluación | Muestra | Microorganismo (concentración) | Temperatura (°C) | Categoría ¹ |
|---------------|---------|---|---------------------|------------------------|
| 1 | 3 | <i>Aeromonas hydrophila</i> (10 ²) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | C |
| | 4 | <i>Aeromonas hydrophila</i> (10 ⁶) | 4 | B |
| | | | 22 | C |
| | | | 40 | B |
| 2 | 3 | <i>Aeromonas hydrophila</i> (10 ²) | 4 | A |
| | | | 22 | A |
| | | | 40 | B |
| | 4 | <i>Aeromonas hydrophila</i> (10 ⁶) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | B |
| 3 | 3 | <i>Aeromonas hydrophila</i> (10 ²) | 4 | B |
| | | | 22 | C |
| | | | 40 | B |
| | 4 | <i>Aeromonas hydrophila</i> (10 ⁶) | 4 | B |
| | | | 22 | C |
| | | | 40 | B |
| 4 | 3 | <i>Aeromonas hydrophila</i> (10 ²) | 4 | B |
| | | | 22 | C |
| | | | 40 | C |
| | 4 | <i>Aeromonas hydrophila</i> (10 ⁶) | 4 | B |
| | | | 22 | C |

| | | | | |
|--|--|--|----|---|
| | | | 40 | C |
|--|--|--|----|---|

Fuente: Elaboración propia, 2025.

¹Categoría corresponde a la siguiente clasificación: A) sin cambios aparentes en textura, olor o color, B) sedimentación ligera, gelatinoso, consistencia a yogurt, C) sedimentación moderada a intensa, presencia de grumos, consistencia a natilla, capa superficial gelatinosa.

Cuadro 9. Categorización de los efectos observados en cada una de las evaluaciones para *Serratia liquefaciens*, según su temperatura y concentración.

| N° Evaluación | Muestra | Microorganismo (concentración) | Temperatura (°C) | Categoría ¹ |
|---------------|---------|--|---------------------|------------------------|
| 1 | 5 | <i>Serratia liquefaciens</i> (10 ²) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | A |
| | 6 | <i>Serratia liquefaciens</i> (10 ⁶) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | B |
| 2 | 5 | <i>Serratia liquefaciens</i> (10 ²) | 4 | B |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | B |
| | 6 | <i>Serratia liquefaciens</i> (10 ⁶) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | C |
| 3 | 5 | <i>Serratia liquefaciens</i> (10 ²) | 4 | B |
| | | | 22 | C |
| | | | 40 | C |
| | 6 | <i>Serratia liquefaciens</i> (10 ⁶) | 4 | B |
| | | | 22 | C |
| | | | 40 | C |
| 4 | 5 | <i>Serratia liquefaciens</i> (10 ²) | 4 | B |
| | | | 22 | D |
| | | | 40 | D |

| | | | | |
|--|---|--|----|---|
| | 6 | <i>Serratia liquefaciens</i> (10 ⁶) | 4 | C |
| | | | 22 | D |
| | | | 40 | C |

Fuente: Elaboración propia, 2025.

¹Categoría corresponde a la siguiente clasificación: A) gelatinoso, grumos ligeros, olor moderado a leche, B) gelatinoso moderado, grumos, sedimentación, leche compacta, olor fuerte a bacteria, C) gelatinoso fuerte, más grumos, sedimentación muy marcada, olor fuerte a queso, apariencia a queso crema D) sedimentación severa (separación de componentes en dos colores: transparente y blanco), leche compactada al fondo, olor muy fuerte a queso.

Cuadro 10. Categorización de los efectos observados en cada una de las evaluaciones para *Bacillus thuringiensis*, según su temperatura y concentración.

| N° Evaluación | Muestra | Microorganismo (concentración) | Temperatura (°C) | Categoría ¹ |
|---------------|---------|---|---------------------|------------------------|
| 1 | 7 | <i>Bacillus thuringiensis</i> (10 ²) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | C |
| | 8 | <i>Bacillus thuringiensis</i> (10 ⁶) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | C |
| 2 | 7 | <i>Bacillus thuringiensis</i> (10 ²) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | C |
| | 8 | <i>Bacillus thuringiensis</i> (10 ⁶) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | D |
| 3 | 7 | <i>Bacillus thuringiensis</i> (10 ²) | 4 | B |
| | | | 22 | C |
| | | | 40 | D |
| | 8 | <i>Bacillus thuringiensis</i> (10 ⁶) | 4 | B |
| | | | 22 | C |
| | | | 40 | E |
| 4 | 7 | <i>Bacillus thuringiensis</i> (10 ²) | 4 | B |
| | | | 22 | D |
| | | | 40 | E |
| | 8 | <i>Bacillus thuringiensis</i> (10 ⁶) | 4 | B |
| | | | 22 | D |
| | | | 40 | E |

Fuente: Elaboración propia, 2025.

¹Categoría corresponde a la siguiente clasificación: A) aro en superficie, gelatinoso ligero, olor normal, B) gelatinoso leve, sedimentación leve, olor ligero a queso, C) gelatinoso moderado,

sedimentación moderada, olor fuerte a queso, apariencia a yogurt, D) sedimentación fuerte (separación de componentes en dos colores: transparente y blanco), compactación moderada de leche al fondo), E) sedimentación muy fuerte (separación de componentes en dos colores: transparente y blanco), compactación muy fuerte de leche al fondo, presencia de grumos muy grandes, olor desagradable a queso.

Cuadro 11. Categorización de los efectos observados en cada una de las evaluaciones para *Bacillus cereus*, según su temperatura y concentración.

| N° Evaluación | Muestra | Microorganismo (concentración) | Temperatura (°C) | Categoría ¹ |
|---------------|---------|--|---------------------|------------------------|
| 1 | 9 | <i>Bacillus cereus</i> (10 ²) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | B |
| | 10 | <i>Bacillus cereus</i> (10 ⁶) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | B |
| 2 | 9 | <i>Bacillus cereus</i> (10 ²) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | C |
| | 10 | <i>Bacillus cereus</i> (10 ⁶) | 4 | A |
| | | | 22 | B |
| | | | 40 | C |
| 3 | 9 | <i>Bacillus cereus</i> (10 ²) | 4 | B |
| | | | 22 | C |
| | | | 40 | C |
| | 10 | <i>Bacillus cereus</i> (10 ⁶) | 4 | B |
| | | | 22 | C |
| | | | 40 | C |
| 4 | 9 | <i>Bacillus cereus</i> (10 ²) | 4 | B |
| | | | 22 | D |
| | | | 40 | D |

| | | | | |
|--|----|--|----|---|
| | 10 | <i>Bacillus cereus</i> (10 ⁶) | 4 | B |
| | | | 22 | D |
| | | | 40 | D |

Fuente: Elaboración propia, 2025.

¹Categoría corresponde a la siguiente clasificación: A) aro en superficie, sin cambios evidentes, olor leche normal, B) gelatinoso, pocos grumos, sedimentación, olor fuerte a queso, C) sedimentación más marcada, leche compactada al fondo, olor muy fuerte a queso, grumos más grandes, D) sedimentación muy fuerte (separación de componentes en dos colores: transparente y blanco), compactación muy intensa al fondo (restante de leche sólido), mismo olor fuerte.

El control negativo, es decir, las muestras de leche sin inoculación de agentes bacterianos, no presentaron cambio en textura, olor o color en ninguna de las cuatro evaluaciones.

4. DISCUSIÓN

4.1 Material audiovisual (bovinos y porcinos)

A nivel mundial, han sido varias las universidades cuyas Escuelas de Medicina Veterinaria han producido guías audiovisuales con fines académicos y de aprendizaje, investigativos o bien, administrativos e informativos sobre la carrera y sus extensiones. Incluso, a nivel nacional e institucional (Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional) ya se han generado vídeos informativos sobre distintas áreas de estudio de la carrera. La generación de estos vídeos como herramienta pedagógica, trae consigo muchas ventajas en el proceso de aprendizaje, ya que es una manera innovadora y dinámica para enseñar los contenidos que en los mismos se abordan, y también, son un recurso didáctico que permite comunicar y ejemplificar información a través de imágenes, texto y música, captando la atención, facilitando la comprensión y reteniendo dicha información más efectivamente por parte del público. Además, es importante mencionar que de esta manera, se estimula el aprendizaje auditivo y visual simultáneamente, lo que resulta beneficioso para muchos estudiantes que aprenden de manera visual, auditiva o ambas. Uno de los ejemplos de los videos realizados en nuestra institución, son los realizados por la Cátedra de Anatomía de la Escuela de Medicina Veterinaria. En dichos vídeos, se puede observar los procesos de disección de cabeza, cuello, miembros posteriores y anteriores de las principales especies domésticas (Passos, 2020).

Mundialmente, han sido varias las universidades que han empleado este método de enseñanza. La Universidad de Nebraska-Lincoln. El Instituto de Agricultura y Recursos Naturales de dicha universidad, cuenta con un apartado de miología bovina en su página en línea, en la cual se pueden encontrar vídeos explicativos de la fabricación de cortes de carne bovina para consumo humano (Fevold, 2015). Otro trabajo que ejemplifica esta herramienta educativa, son los vídeos generados por la Cátedra de Anatomía y Embriología Veterinaria de la Universidad de Murcia, en los cuales abordan la explicación de distintas regiones anatómicas tales como la región axial, el miembro torácico, y miembro pelviano en distintas especies (Lopez, 2012).

La generación de dos guías audiovisuales (una para cada especie estudiada en este proyecto de graduación, es decir, bovinos y porcinos), representa una herramienta de suma utilidad para los estudiantes de próximas generaciones de la carrera de Licenciatura en Medicina Veterinaria de la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional. Este componente pedagógico

es innovador y promueve un aprendizaje más interactivo y dinámico, en aquellos cursos directamente relacionados con la transformación y cosecha de carnes bovinas y porcinas, como lo son Inocuidad e Higiene de los Alimentos, Salud de Hato y entre otros.

El material permite un aprendizaje y/o repaso innovador y dinámico de los principales procesos relacionados al faenado, trazabilidad de la calidad, inocuidad e higiene y bienestar animal que se llevan a cabo en las plantas de cosecha de carne de estas especies. De esa manera, el estudiante u observador de dichas guías audiovisuales comprenderá de una manera más eficiente los temas abordados, ya que aprenderá escuchando y viendo al mismo tiempo, debido a que estas guías audiovisuales (como lo recalca su categoría), le permiten al observador ver la imagen o corto visual proyectado, y a su vez, escuchar la explicación de lo que está viendo en ese momento. Además, se refuerza el entendimiento de dichos temas con una descripción textual de la información más relevante que se está observando. La persona observadora también tendrá la oportunidad de detener, atrasar o adelantar el vídeo conforme así lo requiera, acción que no puede llevarse a cabo en una clase sincrónica presencial o virtual.

La elaboración de estas guías audiovisuales y descriptivas de los procesos que contemplan la cosecha de carne bovina y porcina es una base pionera de este tipo de pedagogía en esta rama de la carrera de Licenciatura en Medicina Veterinaria. Este proyecto allana el camino y abre la posibilidad para aquellos estudiantes que deseen darle continuidad a este trabajo, ya sea con otras especies o con datos actualizados de los procesos o la literatura general de las especies estudiadas en esta investigación, en un futuro a mediano o largo plazo.

4.2 Proyecto de pasantía: Deterioro de leche pasteurizada

La primera prueba de descarte o aptitud de muestras bacterianas para ser candidatas a la fase final del proyecto fue el cultivo de las mismas en agar sangre. El agar sangre está compuesto por varios nutrientes que lo hacen muy atractivo para la gran mayoría de bacterias de relevancia clínica, industrial o de investigación, excepto aquellas que requieren cultivos más especializados para su estudio. Los componentes de este agar son los siguientes: fuente de proteínas (peptonas o triptonas), digerido proteico de soya (contiene pequeña cantidad de hidrato de carbono), cloruro de sodio y sangre de carnero al 5%. La combinación de dichos elementos resulta una fuente de alimento muy rica para las bacterias que ahí se cultivan, dando como resultado un crecimiento óptimo y rápido, si se hace bajo la temperatura ideal (28°C a

32°C). Todas las muestras bacterianas en esta primera fase del proyecto, fueron cultivadas en Agar Sangre con componentes de alta calidad y a una temperatura de 32°C, por lo cual se obtuvo un porcentaje de positividad muy alto (87,5%). El crecimiento en un cultivo tan rico en nutrientes como este sería determinante para seguir avanzando en las siguientes pruebas del proyecto, las cuales requerirían el cultivo de dichas muestras en medios de crecimiento bacteriano más especializados, es decir, con una composición más limitada (Forbes et al., 2007).

La segunda prueba para determinar la capacidad de crecimiento de las distintas bacterias y así ser consideradas como las candidatas finales del proyecto, fue el cultivo de las mismas en el medio enriquecedor LB. El medio de cultivo LB, contiene los siguientes componentes: agar, triptona, extracto de levadura y Cloruro de Sodio (NaCl). El mismo es utilizado para el mantenimiento de las bacterias para estudios genéticos y moleculares, y además para la clasificación de colonias y cepas bacterianas. Debe mantenerse con un pH de 7 y a una temperatura óptima de 25°C y puede ser dispuesto en tubos de ensayo o platos (Atlas, 2004).

Del total de las muestras de bacterias que avanzaron a esta segunda fase de pruebas, el 100% reportó un crecimiento positivo en este medio. Eso indica la gran capacidad y adaptabilidad de dichas bacterias para crecer en distintos medios de cultivo con diferentes componentes y condiciones, haciéndolas aptas para avanzar a la tercera y última fase de pruebas antes de iniciar con el eje principal del proyecto.

La tercera y última prueba que definiría las bacterias más ideales para participar en el proyecto de deterioro de leche pasteurizada, sería el cultivo de las muestras bacterianas en agar de leche descremada. El principio de esta prueba se basó en evidenciar un halo transparente alrededor de la zona de cultivo de la bacteria, lo que indicaba el consumo de los componentes del agar por parte de los agentes bacterianos en estudio, es decir, la afinidad de las bacterias por matrices alimentarias de origen lácteo. Para esta tercera prueba, se reportó un 95% de positividad al consumo de las bacterias por los componentes de este agar. Además, también se evidenció que los cuatro géneros bacterianos en estudio reportaron un crecimiento y consumo positivo, es decir; *Aeromonas*, *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Serratia*.

Varios autores han descrito la capacidad de varios géneros y especies bacterianas en colonizar materias primas como la leche y sus derivados. Se ha evidenciado que *Staphylococcus aureus*

reporta un crecimiento óptimo en leche, generando efectos adversos en la composición de la misma tales como turbidez, presencia de gas, precipitación y sedimentación (Yupangui et al., 2024). Se ha evidenciado que *Pseudomonas* ha sido reconocido por mucho tiempo, como el género de bacterias psicotróficas predominante en aislamientos bacterianos realizado a muestras de leche refrigerada en mal estado. Entre las pseudomonas, se considera que *Pseudomonas fluorescens* es el principal agente asociado a la leche almacenada en deterioro, generando cambios de color en la misma (Braz, 2015). Se ha reportado que las distintas señales de deterioro en la leche están directamente relacionadas con géneros bacterianos específicos. Por ejemplo, la acidificación o formación de cuajada está asociada con organismos pertenecientes a los géneros de *Lactobacillus* y *Streptococcus*. Por su parte, la viscosidad es causada por la acción de bacterias pertenecientes a los géneros *Klebsiella* y *Enterobacter*. Y la decoloración, en la cual la leche pasa a obtener un color azul o amarillo, está directamente relacionada a bacterias del género *Pseudomonas* principalmente (Saha et al., 2024).

El proyecto de inoculación bacteriana en muestras de leche contaba como objetivo principal el observar los efectos que cada una de las especies elegidas producía en la leche y en cuanto tiempo se evidenciaban esos efectos. Los principales efectos reportados fueron: grumos, sedimentación, viscosidad, cambio de color, cambios de olor y compactación. Como se observó en los resultados, el paso del tiempo y la elevación en la temperatura de la leche fueron los dos principales factores para determinar la significancia de los efectos observados en las muestras. La diferencia de concentración bacteriana, por su parte, no representó cambios relevantes entre cada una de las cinco especies de bacterias estudiadas, tal y como se esperaba.

Uno de los mecanismos que utilizan las bacterias para la descomposición de la leche, es la generación de enzimas termorresistentes tales como las proteasas y las lipasas, producidas por bacterias psicotróficas. Las proteasas atacan preferiblemente a la caseína en vez de las proteínas del suero, con la β -caseína y la k-caseína reportadas como más susceptibles que la α -caseína. Por otro lado, las lipasas desnaturalizan a los triglicéridos presentes provocando defectos en el sabor de la leche (Chen et al., 2003).

El principal mecanismo que utilizan las bacterias del género *Aeromonas* para descomponer y consumir la leche como fuente de nutrientes, es la producción de enzimas como las proteasas. En este género, se han descrito al menos tres tipos de proteasas capaces de degradar diferentes compuestos como albúmina, fibrina, gelatina, elastina y la más importante en este contexto;

caseína. La caseinasa y gelatinasa son las proteasas mayormente reportadas como las responsables del consumo y degradación de los componentes de la leche, como la proteína caseína (Rincón et al., 2016).

Las bacterias del género *Bacillus*, son bacilos Gram-positivas y formadoras de esporas, productoras de toxinas y biopelículas (Sánchez, 2019). Los microorganismos bacterianos del género *Bacillus* cuentan con varios mecanismos para la descomposición de la leche pasteurizada, entre ellos, uno de los principales es la formación de enzimas. Estas bacterias secretan diferentes enzimas tales como proteasas y lipasas que como su nombre lo indica, desnaturalizan proteínas y grasas presentes en la leche. Estos procesos pueden explicar cambios en el sabor y textura de la leche, además de la formación de compuestos indeseables como los grumos descritos en los resultados (Granum & Lund, 1997). Se han descubierto que proteasas específicas secretadas por bacterias del género *Bacillus*, son responsables de diversos efectos físicos y químicos en la leche. Por ejemplo, la proteasa resistente al calor y producida por *Bacillus cereus*, HhoA, contribuye a la viscosidad y gelificación de la leche (Yang et al., 2021). Mientras que, una proteasa secretada por *Bacillus pumilus* fue identificada como responsable de la coagulación de la leche (Aoyama et al., 2000).

Otro de los mecanismos utilizados por las bacterias del género *Bacillus* para la descomposición de las proteínas y grasas de la leche es la formación de esporas. La capacidad de formación de esporas les permite a las bacterias sobrevivir a condiciones adversas y extremas, como el proceso de pasteurización. De esa manera colonizan ambientes ricos en nutrientes como la leche, favoreciendo su descomposición a largo plazo (Zhang, 2016). Algunas de las bacterias del género *Bacillus* completan fermentaciones anaeróbicas que producen ácido láctico, lo que altera el pH de la leche y favorece su descomposición. Por último, las relaciones simbióticas que establece *Bacillus* con otras bacterias, potencia la formación de comunidades bacterianas que aceleran la descomposición de la leche mediante la transferencia de nutrientes y la producción de metabolitos (Lechner & Müller, 2020).

Las bacterias del género *Pseudomonas*, son bacilos psicrotrofos, Gram-negativos, no formadores de esporas y que crecen a un pH neutro o básico. Son habitantes del suelo y el agua principalmente, con la capacidad de formar biopelículas. La bacteria de este género más comúnmente aislada en muestras de leche tanto cruda como pasteurizada, es la *Pseudomonas fluorescens*, es decir, la especie estudiada en este proyecto. Se estima que hasta un 91% de las

bacterias de esta especie tienen la habilidad de producir enzimas extracelulares como las lipasas y las proteasas; dichas enzimas cuentan con la capacidad de resistir a los tratamientos a altas temperaturas que se realizan en la leche. Estas enzimas son las responsables de consumir los componentes principales de la leche; proteínas y grasas, de manera que se incide directamente en la integridad y calidad del líquido, generando como consecuencia los efectos observados en las muestras de leche inoculadas con esta bacteria: grumos, sedimentación, compactación y cambios de color y de olor (Sánchez, 2019).

El cambio de color de la leche que fue inoculada con muestra de la bacteria de especie *Pseudomonas fluorescens* se debe a un pigmento producido por la misma. La fluoresceína es el pigmento responsable del cambio de color de las matrices alimentarias en la cual esta bacteria presenta su actividad o consumo, es por esto, que la leche cambió de color blanco a un tono de verde fosforescente, que se intensificó con el paso del tiempo, debido a la multiplicación bacteriana (Álvarez et al., 2015).

Por último, el género *Serratia* cuenta con la producción de enzimas como proteasas y lipasas extracelulares como su principal mecanismo para la descomposición de los componentes lácteos. La especie de bacteria *Serratia liquefaciens*, misma que se ha descrito como una bacteria psicrotrofica aislada de leche cruda, evidencia una alta actividad proteolítica relacionada a la descomposición de la leche. Además, se han evidenciado lipasas extracelulares como las responsables de la desnaturalización de las grasas presentes en la leche. Un ensayo ejecutado por Salgado et al. (2020), demostró que las lipasas extracelulares secretadas por la especie *Serratia liquefaciens* siguen presentando actividad lipolítica residual incluso después de haber sido sometidas a tratamientos de calor a temperaturas de hasta 70 °C por 15 minutos, lo que indica que muchas de estas enzimas que pueden estar presentes en los lácteos pueden sobrevivir a procesos de pasteurización. Incluso, el ensayo concluye que esta especie de bacteria es capaz de producir dichas lipasas a temperaturas muy bajas, lo que sugiere que las temperaturas de almacenamiento bajas (tres a siete grados centígrados) no son un impedimento para las habilidades de descomposición y consumo de leche por parte de esta especie bacteriana, lo que explicaría porque *Serratia liquefaciens* fue la bacteria con el reporte de los efectos observados más relevantes a la temperatura de 4°C.

La pasantía realizada en el marco del proyecto sobre el deterioro de leche pasteurizada representó una valiosa oportunidad de integración entre la teoría y la práctica, lo que fortaleció

significativamente el proceso de aprendizaje en la Medicina Veterinaria. Con la participación activa en el diseño experimental, el manejo de cultivos bacterianos y la interpretación de resultados microbiológicos, se adquirieron habilidades técnicas fundamentales en el campo de la microbiología aplicada y la inocuidad alimentaria. Asimismo, esta experiencia permitió desarrollar un pensamiento crítico y científico, comprender los mecanismos fisiopatológicos asociados con la descomposición de alimentos de origen animal y valorar el impacto sanitario y económico que estas alteraciones representan. En conjunto, esta pasantía no solo reforzó competencias clínicas y de laboratorio, sino que también preparó al futuro profesional para enfrentar retos reales en la industria alimentaria y en la protección de la salud pública.

5. CONCLUSIONES

1. Los contenidos generados en las guías audiovisuales me permitieron profundizar mis conocimientos sobre los procesos y consideraciones del faenado, trazabilidad, inocuidad y calidad y cumplimiento del bienestar animal que se deben cumplirse en una planta de cosecha de carne de bovinos y porcinos. Los contenidos y temas desarrollados en las guías, son de suma importancia para el médico veterinario y otros gremios directamente relacionados con esta industria alimentaria.
2. Las guías generadas le permitirán al estudiantado y profesorado contar con un material de apoyo para formarse, refrescar conocimientos y/o despejar dudas respecto a los procesos que se abordan en dichas herramientas didácticas. Además, le permitirá repasar a todas las personas implicadas, lo aprendido presencialmente si ese fue el caso.
3. La pasantía me permitió como estudiante adquirir destrezas y conocimientos en inoculación bacteriana en muestras alimentarias (leche y derivados), comprender los métodos fisiopatológicos de las bacterias para la descomposición de productos lácteos en condiciones establecidas y en determinar métodos laboratoriales para detectar agentes bacterianos causantes de mastitis, en muestras de leche. Dicha experiencia será una herramienta de gran valor en el mercado laboral para mi persona, como futuro profesional.
4. Este proyecto servirá de herramienta de aprendizaje a personas interesadas sobre las múltiples especies de bacterias que son capaces de producir efectos adversos en la leche o sus derivados. Tales como; cambios de color, olor y sabor, sedimentación, grumos, aumento de viscosidad y entre otros. Además, el público expuesto al proyecto podrá interiorizar y concientizar sobre como la severidad de dichos efectos, dependerá de factores como la temperatura de almacenamiento de dichos productos y el tiempo de exposición de los estos a la bacteria.

6. LIMITACIONES

Entre las limitaciones del proyecto de las guías audiovisuales se pueden mencionar varias de ellas. La primera y más significativa fue el programa de edición de los vídeos (CapCut). Aunque dicho programa tiene una interfaz fácil de usar y amigable con el usuario, no permite editar en varios dispositivos a la vez, eso quiere decir que solo se pudo editar en una computadora simultáneamente. La computadora utilizada para ejecutar la edición del material audiovisual en el programa, fue una de largo uso y con problemas técnicos tales como, suspenderse súbitamente, problemas para encender y una desincronización con el teclado. Todo esto, dificultó grandemente la edición de los vídeos. La lejanía de la planta de cosecha y que el estudiante no cuente con vehículo propio, también es considerado una limitación, ya que el mismo dependía del transporta brindado por la Universidad o de su círculo social para poder realizar nuevas visitas.

Con respecto a la pasantía, las limitaciones fueron casi nulas o no fueron relevantes. Las únicas limitaciones que se pueden mencionar, es que algunos aislamientos bacterianos fueron lo suficientemente antiguos como para no reportar crecimiento en ninguna de las pruebas iniciales, por lo cual debían descartarse del proyecto. Además, el laboratorio cerraba los fines de semana, limitando la evaluación diaria de los efectos de las muestras de leche inoculadas con bacteria.

7. FUENTE DE FINANCIAMIENTO

Ambos componentes del trabajo final de graduación contaron con fuentes de financiamiento mixtas. El proyecto del material audiovisual requirió transporte para las primeras dos visitas a planta de cosecha, el cual fue financiado por la Universidad Nacional. La tercera y última visita, así como la edición de los vídeos fue financiado por el estudiante.

Todos los costos y gastos generados en la pasantía, es decir, tiquetes aéreos, hospedaje, alimentación y transporte interno fue financiado por la Universidad Nacional, la Universidad de Medicina Veterinaria de Hannover y el estudiante, a través del Programa DAAD de intercambio académico y estudiantil entre ambas instituciones. La Universidad Nacional proporcionó una beca de movilidad estudiantil al estudiante por 875.000 colones, para gastos varios como alimentación, recreación, transporte interno y entre otros. La Universidad de Medicina Veterinaria de Hannover ofreció hospedaje gratis y descuentos en comedores al estudiante pasante. Mientras que los tiquetes aéreos y entre otros gastos, fueron asumidos por el estudiante.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alais, C. (2022). *Ciencia de la leche: principios de la técnica lechera*. Editorial Reverté.

https://www.google.co.cr/books/edition/Ciencia_de_la_leche/UNh0EAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=generalidades+de+la+leche&pg=PP10&printsec=frontcover

Álvarez, S., Ávila, G., Coto, O. & Echemendía, M. (2015). *Pseudomonas fluorescens* Migula, ¿control biológico o patógeno?. *Revista de Protección Ambiental*. Volumen 30 No. 3. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522015000300008#:~:text=Su%20pigmento%20fluorescente%20\(fluoresce%C3%ADna\)%20la,de%20varios%20cultivos%20de%20laboratorio](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522015000300008#:~:text=Su%20pigmento%20fluorescente%20(fluoresce%C3%ADna)%20la,de%20varios%20cultivos%20de%20laboratorio)

Aoyama, M., Kato, F., Kobamoto, N., Nakachi, K., Oku, H. & Yasuda, M. (2000). *Soybean-milk-coagulating activity of Bacillus pumilus derives from a serine proteinase*. *Applied Microbiology and Biotechnology*. Vol 53.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s002530051631>

Atlas, R. (2004). *Handbook of Microbiological Media*. Editorial CRC Press. 3^{ra} edición. https://www.google.co.cr/books/edition/Handbook_of_Microbiological_Media/aWsF-e8tPzIC?hl=es-419&gbpv=1&dq=luria+bertani&pg=PA942&printsec=frontcover

Braz, J. (2015). *Reseña: Bacterias psicotóxicas en la leche: ¿Cuánto sabemos realmente?*. *Revista Brasileña de Microbiología*.

<https://www.scielo.br/j/bjm/a/pMTWbsbkH4YWzc4bpp6B4dP/?lang=en>

Celis, M. & Juárez, D. (2009). *Seminarios de Procesos Fundamentales Físico-Químicos y Microbiológicos. Microbiología de la leche*. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional.

https://www.edutecne.utn.edu.ar/sem_fi_qui_micrb_09/microbiologia_leche.pdf

Chen, L., Coolbear, T. & Daniel, R. (2003). *Detection and impact of protease and lipase activities in milk and milk powders*. *International Dairy Journal*. Volumen 13.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694602001711>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2023). *Introduction to Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP). FAO Good Hygiene Practices (GHP) and Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) Toolbox for Food Safety.*

<https://openknowledge.fao.org/items/96c404d2-6e6a-49ed-be5f-64c12179b0dc>

Fevold, M. (2015). *Miología bovina: vídeos de fabricación.* Instituto de Agricultura y Recursos Naturales. Universidad de Nebraska-Lincoln.

<https://bovine.unl.edu/fabrication-videos>

Food Safety and Inspection Service. (2004). *Verificación de los procedimientos de control de material fecal, la ingesta y la leche en las operaciones de matadero.* Ministerio de Agricultura de Estados Unidos.

https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/comercio-exterior-ganadero/dir_6420_2_tcm30-698288.pdf

Food Safety and Inspection Service. (2019). *FSIS Directive: New Swine Slaughter Inspection System: Ante-Mortem and Post-Mortem Inspection and Verification of Food Safety and Ready-To-Cook Requirements.* Ministerio de Agricultura de Estados Unidos.

https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-07/6600.1.pdf

Forbes, B., Sahm, D. & Weissfeld, A. (2007). *Diagnóstico microbiológico.* Editorial Médica Panamericana. 12^{va} edición.

https://www.google.co.cr/books/edition/Diagnostico_Microbiologico/239cauKqSt0C?hl=es-419&gbpv=1&dq=agar+sangre&pg=PA98&printsec=frontcover

Grandin, T. (2003). *El bienestar de los cerdos durante su transporte y faena.* Departamento de Ciencia Animal. Universidad del Estado de Colorado. Volumen 24. No 3.

<https://www.grandin.com/spanish/bienestar.cerdos.transporte.faena.html>

Granum, E., Lund, T. (1997). *Bacillus cereus and its food poisoning toxins.* *International Journal of Food Microbiology.* Volumen 157.

<https://academic.oup.com/femsle/articleabstract/157/2/223/620090?redirectedFrom=fulltext>

Guerrero J. & Rodríguez, P. (2010). *Características físico-química de la leche y su variación. Estudio de caso, Empresa de lácteos El Colonial, León, Nicaragua*. Universidad Nacional Agraria.

<https://repositorio.una.edu.ni/1399/1/tnq04g934.pdf>

Gil, A. & Ruiz, M. (2010). *Tratado de Nutrición: Tomo II Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*. 2da edición. Editorial Médica Panamericana.

https://www.google.co.cr/books/edition/Tratado_de_Nutrici%C3%B3n/hcwBJ0FNvqYC?hl=es-419&gbpv=1&dq=propiedades+y+componentes+de+la+leche&pg=PA758&printsec=frontcover

Humane Slaughter Association. (2013). *Aturdimiento de animales por perno cautivo*. HSA, The Old School.

Humane Slaughter Association. (2016). *Aturdimiento eléctrico de animales de carne roja*. HSA, The Old School.

Jerez, N., Mendoza, E., Moreno, L. & Trompiz, J. (2020). *Evaluación del método de aturdimiento y tiempo de reposo corto sobre las características de la canal y la carne de cerdo*. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. Volumen 31. No 3.

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172020000300030#:~:text=En%20cerdos%2C%20los%20m%C3%A9todos%20de,2014;%20Acevedo%2DGiraldo%20et%20al

Lastra, F. (2020). *Evaluación del aturdimiento eléctrico en indicadores de bienestar animal durante el sacrificio de cerdos con diferentes categorías de peso vivo y las repercusiones en la canal porcina*. Universidad Autónoma de Baja California.

<https://repositorioinstitucional.uabc.mx/server/api/core/bitstreams/3633a21f-d7ea-46a6-997b-7f5c22399eba/content#:~:text=La%20Norma%20Oficial%20Mexicana%20NOM,Inspecci%C3%B3n%20Federal%20en%20Culiac%C3%A1n%20Sinaloa>.

Lechner, B. & Müller, A. (2016). *The role of Bacillus in milk spoilage and its potential in food safety*. Food Control Magazine. Volumen 110.

Lopez, O. (2012). *Área de Anatomía y Embriología Veterinarias: vídeos de anatomía*. Universidad de Murcia.

<https://www.um.es/web/anatvet/docencia/recursos-docentes/videos-anatomia>

Machado, S., Baglinière, F., Coillie, E., De Block, J., Heyndrickx, M., Marchand, S. & Vanetti, M. (2017). *The Biodiversity of the Microbiota Producing Heat-Resistant Enzymes Responsible for Spoilage in Processed Bovine Milk and Dairy Products*. Frontiers in Microbiology Magazine.

<https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2017.00302/full>

Medina, E., Bermúdez, N., Carranza, O., Espinoza, L., Figueroa, L., Rodas, R. & Urías, C. (2016). *Manual de inspección de carne de bovino*. Dirección Regional de Inocuidad de Alimentos. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria.

https://www.oirsa.org/contenido/biblioteca/oirsa_manual_inspeccion.pdf

Observatorio de la cadena láctea argentina (OCLA). (2016). *Consumo mundial de lácteos*.

<https://www.ocla.org.ar/noticias/10015011-consumo-mundial-per-capita-y-poblacion>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO). (2025). *Portal lácteo: producción lechera*.

<https://www.fao.org/dairy-production-products/production/es/>

Orús, A. (2024). *Consumo de carne a nivel mundial por tipo 1990-2023*. Revista Statista.

<https://es.statista.com/estadisticas/1330024/consumo-de-carne-a-nivel-mundial-por-tipo/>

Passos, A. (2020). *Anatomía Animal Fundamental: mamíferos domésticos*. Cátedra de Anatomía Animal. Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional.

<https://sites.google.com/una.cr/catedraanatomaaanimal-emv-unacr/anatom%C3%ADa-animal-fundamental/mam%C3%ADferos-dom%C3%A9sticos?authuser=0>

Polking, K. (2022). *Inspección Ante Mortem de animales de producción*. Manual de Medicina Veterinaria, MSD.

<https://www.msdevetmanual.com/es/pruebas-y-procedimientos-de-laboratorio/inspecci%C3%B3n-de-la-carne/inspecci%C3%B3n-ante-mortem-de-animales-de-producci%C3%B3n>

Rincón, G., Barrios, R., Colina, M., Castellano, M., Fuenmayor, A. & Nuñez, G. (2016). *Factores de virulencia en cepas de Aeromonas spp.* Revista Kasma. Volumen 44, No.2.

https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0075-52222016000200006

Saha, S., Hossain, S., Majumder, R. & Rout, P. (2024). *Unveiling the significance of psychrotrophic bacteria in milk and milk product spoilage: a review.* Volumen 2. Science Direct.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2950194624000013>

Salgado, C., Bagliniere, F. & Dantas, M. (2020). *Spoilage potential of a heat-stable lipase produced by Serratia liquefaciens isolated from cold raw milk.* LWT Food Science and Technology. Volumen 126.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643820302772>

Sánchez, M. (2019). *Incidencia de Pseudomonas spp. y grupo Bacillus cereus, en leche cruda y leche procesada por ultra alta temperatura.* Universidad de Puerto Rico.

<https://scholar.uprm.edu/server/api/core/bitstreams/b66fa165-440f-48ac-9a8d-dbcaef0c3482/content>

SENASA. (2022). Dirección de Inocuidad de Productos de Origen Animal (DIPOA). DIPOA-PG-003 (B). *Inspección ante y post mortem en bovinos*. Servicio Nacional de Salud Animal del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

<https://www.senasa.go.cr/informacion/centro-de-informacion/informacion/sgc/dipoa/dipoa-pg-003-inspeccion-ante-y-post-mortem-ovinos>

SENASAb. (2023). Dirección de Inocuidad de Productos de Origen Animal (DIPOA). DIPOA-PG-003 (P). *Inspección ante y post mortem porcinos*. Servicio Nacional de Salud Animal del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

<https://www.senasa.go.cr/informacion/centro-de-informacion/informacion/sgc/dipoa/dipoa-pg-003-inspeccion-ante-y-post-mortem-ovinos>

SENASAc. (2023). Dirección de Inocuidad de Productos de Origen Animal (DIPOA). DIPOA-PG-003-IN-001 (B). *Descripción de procesos patológicos y Criterios técnicos para el decomiso en bovinos*. Servicio Nacional de Salud Animal del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

<https://www.senasa.go.cr/informacion/centro-de-informacion/informacion/sgc/dipoa/dipoa-pg-003-inspeccion-ante-y-post-mortem-ovinos>

SENASAd. (2019). Dirección de Inocuidad de Productos de Origen Animal (DIPOA). DIPOA-PG-003-IN-001 (P). *Descripción de procesos patológicos y Criterios técnicos para el decomiso en porcinos*. Servicio Nacional de Salud Animal del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

<https://www.senasa.go.cr/informacion/centro-de-informacion/informacion/sgc/dipoa/dipoa-pg-003-inspeccion-ante-y-post-mortem-ovinos>

Sistema Costarricense de Información Jurídica (SCIJ). (2001). Decreto 29588-MAG-S: *Reglamento Sanitario de Inspección Veterinaria de Mataderos, Producción y Procesamiento de Carnes*. Ministerio de Agricultura y Ganadería.

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=46546&nValor3=49201&strTipM=TC

Sistema Costarricense de Información Jurídica (SCIJ). (2008). Decreto 34669-MAG: *Lista de enfermedades animales de declaración obligatoria*. Ministerio de Agricultura y Ganadería.

https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=63731&nValor3=84777&strTipM=TC

United States Department of Agriculture (USDA). (2020). *Guidebook for the*

Preparation of HACCP Plans.

https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-03

United States Department of Agriculture (USDA). (2021). *HACCP Model for Beef Slaughter.*

https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-07/FSIS-GD-2021-0009.pdf

Thornton, A. (2019). *World Economic Forum: this is how many animals we eat each year.*

<https://www.weforum.org/stories/2019/02/chart-of-the-day-this-is-how-many-animals-we-eat-each-year/>

Yang, M., Man, C., Pang, L., Wang, L., Wang, Z., Yiang, Y., Zhang, C. & Zhang, D. 2021. *Assessment of the production of Bacillus cereus protease and its effect on the quality of ultra-high temperature-sterilized whole milk.* *J. Dairy Sci.* 104 (6).

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33741157/>

Yupangui, S., Flores, A., Manzanares, S., Moran, J., Silverio, C. & Zúñiga, L. (2024). *Identificación de Bacterias Gram positivas en muestras de leche cruda, obtenida por ordeño manual.* *Revista Scielo.* Universidad Técnica de Machala.

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2664-09022024000100069#f2

Zang, Y. (2016). *Bacillus species as probiotics in fermented foods.* *Food Science and Nutrition Magazine.* Volumen 4, No. 6.

9. ANEXOS

Anexo 1. Consentimiento informado sobre aparición física de sus caras y cuerpos en la grabación.

AUTORIZACIÓN DE USO DE DERECHOS DE IMAGEN PERSONAL

El(la) suscrito _____(indicar nombre completo), mayor, _____(indicar estado civil), vecino(a) de _____(indicar domicilio exacto), portador(a) de la cédula de identidad número _____, en mi condición de titular de mis datos personales / en mi condición de padre/madre o tutor de _____, quien es menor de edad; confiero mi consentimiento previo informado mediante el cual autorizo a la Universidad Nacional de Costa Rica (en adelante UNA) y al Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITEC), para el uso de mi imagen personal con fines de carácter académico como parte del Trabajo Final de Graduación titulado ***“Guía audiovisual descriptiva del proceso de faenado y trazabilidad a nivel de planta de cosecha de las especies bovina, porcina y aviar en Costa Rica”*** a cargo del estudiante Luis Fernando Robles Mora, de conformidad con los siguientes considerandos, términos y condiciones:

CONSIDERACIONES

1. Que el estudiante Luis Fernando Robles Mora, portador de la cédula de identidad número _____, actualmente se encuentra realizando su Trabajo Final de Graduación titulado ***“Guía audiovisual descriptiva del proceso de faenado y trazabilidad a nivel de planta de cosecha de las especies bovina, porcina y aviar en Costa Rica”***, para optar por el título de Licenciatura en Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional cuyo propósito es elaborar una guía didáctica audiovisual dirigida a la población de medicina veterinaria y a otras ciencias de interés, sobre los procesos y consideraciones relacionadas al bienestar animal, buenas prácticas, trazabilidad y análisis de peligros aplicadas en una planta de cosecha de productos para consumo humano derivados de bovinos, porcinos y aves en Costa Rica.

2. Que previo a conceder mi consentimiento, he sido debidamente informado por parte de la Universidad Nacional de los siguientes aspectos:

- Los fines que se persiguen con la recolección de mis datos e imagen personal tienen un carácter estrictamente académico sin fines de lucro, ya que tienen como propósito fundamental coadyuvar con material didáctico audiovisual como parte del Trabajo Final de Graduación indicado en el punto anterior.
- Mi imagen personal podrá ser utilizada por la UNA en el marco de los fines anteriormente descritos, y podrá ser consultada por cualquier miembro de la comunidad universitaria (académicos, administrativos y estudiantes), así como el público en general, nacional e internacional, interesado en conocer el material académico divulgado por la UNA a través de los Trabajos Finales de Graduación de sus estudiantes.
- Mi imagen estará debidamente resguardada bajo medidas de seguridad tecnológicas en una base de datos electrónica de carácter personal propiedad de _____ (indicar nombre de unidad académica o administrativa responsable de la custodia de la base de datos) de la UNA bajo la responsabilidad de _____ (indicar nombre de funcionario responsable de la administración de la base de datos), cargo _____, quien podrá ser contactado al siguiente correo electrónico: _____.
- Mi participación es voluntaria y puedo negarme a participar, o a responder cualquier pregunta de la que no me sienta a gusto. He sido informado de mis derechos de acceso a mis datos personales, modificación, rectificación y actualización de estos y a consentir la cesión de mis datos. Igualmente tengo derecho a revocar mi consentimiento en cualquier momento, en el entendido, de que este no podrá tener carácter retroactivo.

3. Una vez debidamente informado sobre el consentimiento otorgado y atendidas mis consultas, acepto en otorgar mis datos e imagen personal bajo los siguientes términos y condiciones.

TÉRMINOS Y CONDICIONES

1. Autorizo a la UNA para que utilice total o parcialmente la imagen, voz y/o reacciones corporales de mi persona registradas en soportes fotográficos, videos, audios, audiovisuales,

así como cualquier otra forma de grabación física o digital conocida o por conocerse en el futuro, a fin de que la misma sea divulgada y/o reproducida con fines de carácter académico sin fines de lucro, ya que tienen como propósito fundamental coadyuvar con material didáctico audiovisual como parte del Trabajo Final de Graduación del estudiante Luis Fernando Robles Mora.

2. Autorizo que la imagen, voz y/o reacciones corporales de mi persona, puedan ser divulgadas en medios de comunicación audiovisuales, gráficos, radiales, digitales, redes sociales u otras formas en internet, y/o cualquier otro medio físico o digital propiedad de la UNA conocido o por conocerse en el futuro, única y exclusivamente para efectos de la estrategia de comunicación institucional del quehacer académico de la UNA como parte de su acción sustantiva.

3. Autorizo a la UNA para que, durante la divulgación con fines de carácter académico, incluya y edite la imagen, voz y/o reacciones corporales de mi persona y ejecute todo acto encaminado a la divulgación del contenido, sin restricciones ni límites temporales, así como de medios para su reproducción y/o difusión.

4. Autorizo a la UNA para que resguarde y custodie en los archivos y registros respectivos de _____(indicar instancia universitaria responsable de la base de datos y su ubicación), mi imagen personal, bajo la responsabilidad de _____ (indicar nombre funcionario responsable administración de la base de datos), _____ (indicar su cargo), correo electrónico _____; única y exclusivamente para los propósitos mencionados en este documento, prohibiéndose su tratamiento posterior para cualquier otro fin distinto al aquí autorizado.

6. La autorización concedida mediante el presente consentimiento previo e informado es de carácter gratuita, global y por tiempo indefinido, según los términos consignados en el presente documento.

Es todo. Heredia, __ de _____ 202__

Firma del titular de la imagen o de su representante en caso de ser menor de edad

Cédula:

Anexo 2. Guiones utilizados para la elaboración del material audiovisual en ambas especies.

Anexo 2.1 Guion utilizado para la elaboración del material audiovisual bovinos

Clip 1 – Sala o Cuarto pre operacional (19s) 0294

Primeramente iniciamos con esta sala de procesos, la cual es utilizada para el correcto lavado de manos y desinfección de botas. Antes de ingresar a esta sala, se deben portar las botas y otro equipo tales como la gabacha, casco de seguridad, cofias y otros.

Clip 2 – Lavado y desinfección de botas (49s) 0296

Una vez dentro de la sala, y con las botas previamente lavadas con agua y jabón y limpias de cualquier material orgánico, se procede a hacer el correcto lavado y desinfección de las mismas con amonios cuaternarios. La desinfección se hace en una pila, primero se rocía agua sobre las mismas con una manguera, y posteriormente se procede a cepillarlas con una mezcla de amonios cuaternarios y agua, para finalmente enjuagar de nuevo.

Clip 3 – Lavado y desinfección de manos (36s) 0298

En esta misma sala, se realiza el proceso de lavado y desinfección de manos. El proceso a seguir es el mismo indicado por el Ministerio de Salud, el cual tiene una duración de 30s y explica cada paso a realizar. El procedimiento se lleva a cabo con agua, jabón desinfectante y algunas veces se coloca sanitizador de manos. El paso final antes de ingresar a la planta, es desinfectar las botas una última vez en el pediluvio encontrado justo antes de entrar.

Clip 4- Imágenes ilustrativas de Inspección Ante Mortem

La inspección *ante mortem* se realiza con el objetivo de detectar aquellos animales que por su sintomatología, signos fisiológicos, situaciones posturales u otros trastornos de diferentes sistemas, pueden resultar sospechosos de padecer alguna enfermedad, alteración del bienestar animal o causas que determinen tomar acciones especiales. Es obligación del establecimiento y del personal de este, verificar que, al momento del ingreso de los animales, los mismos cuenten con la “*Guía oficial de la movilización de ganado bovino*”, y reportar al SENASA cualquier anomalía en la documentación.

Los animales que deben ser aislados son aquellos positivos a brucelosis y tuberculosis, animales postrados, en condición de no ambulatorios, sintomatología nerviosa, comportamiento anormal, tumoraciones y cambios en el color de piel. Los mismos deben ser ubicados en el corral de aislamiento, identificarlos y documentar la información relevante para su reporte. Además, los individuos que no porten la guía anteriormente mencionada, deberán ser retenidos hasta que se presente su respectiva documentación. El corral de aislamiento debe ser de un espacio apto para el movimiento de todos los animales que ahí se dispongan, debe contar con el equipo necesario para una evaluación general de los mismos, un área adecuada para la toma de muestras que se necesiten, y además contar con un desagüe independiente para evitar la propagación de enfermedades con otros corrales.

El Médico Veterinario Inspector (MVI) o Inspector Auxiliar deben verificar que la documentación cumpla con la siguiente información como mínimo:

1. Número de corral / lote.
2. El número y la clase de sacrificio del ganado en el corral/ lote que se ofreció.
3. Espacio para observaciones.
4. Fecha y hora en la que se realiza la inspección.
5. Firma del MVI o IA que realizó la inspección.

La inspección debe realizarse con los animales en reposo (echados y/o de pie) y en movimiento. Se debe evaluar su marcha, conducta, estado de alerta, condición corporal y evaluación general de la cabeza, cuerpo y miembros anteriores y posteriores. Además de evaluar la presencia de

abscesos, tumores, artritis, úlceras, fístulas y la buena funcionalidad del sistema nervioso, urinario, cardiorespiratorio, y digestivo. También, si hay signos compatibles con las enfermedades de reporte obligatorio por la OIE, descritas en el decreto del MAG: “*Lista de enfermedades animales de declaración obligatoria.*”

Los animales que hayan parido en el transporte o en el corral, deberán ser sacrificados lo antes posible. De lo contrario, se deben brindar las condiciones necesarias para procurar su lactancia y bienestar, o ser devueltos a su establecimiento de origen con la documentación respectiva. Animales postrados, no ambulatorios o con sintomatología nerviosa son condenados, considerados MER (Material Específico de Riesgo) y clasificados como no aptos para el consumo humano o animal. Se les deberá tomar muestras de acuerdo al “*Instructivo para toma y envío de muestras para EEB*” del SENASA, y destruir el resto del cuerpo mediante enterramiento, incineración o cualquier otro método aprobado por SENASA.

Clip 5 – Corral y pasadizo de espera (50s) 0299

Los animales que aprueben la Inspección *Ante Mortem* sin ningún problema, pasarán al corral de espera. Los corrales de espera o descanso deberán estar enumerados, independientes por especie y albergar un número de animales proporcional a la capacidad de sacrificio de la planta y respetando la densidad animal por metro cuadrado (que los animales se pueden poner de pie, sentar y caminar sin dificultad). En algunas ocasiones, podrán contar con regaderas de agua para ayudar a los animales a regular su temperatura y para ahuyentar a insectos y vectores.

Clip 6 – Aturdimiento (138s) 0300

El animal ingresa a la zona de aturcido, se abre la compuerta y se presiona al mismo a colocar su cabeza en posición para cerrar la compuerta nuevamente e imposibilitar el movimiento. Se levanta la cabeza con una paleta mecánica y de metal. Una vez que el animal está en la posición correcta e imposibilitado de movimiento, se trazan dos líneas imaginarias entre la comisura óptica y los cuernos, el punto en el que se cruzan ambas líneas es donde se dispara con el perno para aturdir al bovino. El perno penetrante se dispara a una presión de 185 libras de presión. Para saber si el animal se aturdió de manera exitosa, se verifican algunos signos como el reflejo de parpadeo (no tiene que parpadear), que no haya respiración y que no haya actividad motora. Se puede disparar dos veces en caso de que no se haya aturcido de manera efectiva.

Clip 7 – Elevación y degollado (119s) 0301

Una vez que el animal se aturdió efectivamente, se procede a abrir las compuertas laterales del cubículo de aturdimiento para que el mismo caiga a la zona de lavado. En esta zona se liga con una cadena metálica su pata izquierda para su elevación, se procede a lavar para eliminar rastros de contaminación fecal en su cuerpo, y por último, se procede al degollamiento, y es en ese momento en el que se da la muerte inminente del animal por paro cardiorespiratorio. Se procura utilizar la mayor cantidad de sangre posible para la elaboración de harina de sangre.

Clip 8 – Descorne y retiro piel de la cabeza (87s) 0302

Una vez degollado, se procede al descorne del animal con una sierra mecánica. También se retira la piel de la cabeza de manera manual.

Clip 9 – Ligado de esófago (45s) 0303

Se realiza la ruptura de la articulación atlantooccipital para la decapitación de la cabeza. El operario procede a ubicar el esófago para amarrarlo (ligarlo) con un hilo blanco, y así evitar que cualquier regurgitación contamine la cabeza o el cuello. Luego de ligar el esófago, se procede a realizar la decapitación de la cabeza.

Clip 10 – Retiro piel (140s) 0304

En esta sección del procedimiento, podemos observar como el operador procede a realizar la remoción de la piel (o cuero) de distintas partes del cuerpo del animal, tales como los miembros anteriores y posteriores, el lomo, la zona ventral y entre otras. Además de la piel, el operario también realiza la extracción de tejido adiposo y de fascia. Dichos procedimientos los realiza con una navaja la cual esteriliza varias veces durante el proceso. Por último, el colaborador procede a amputar la parte distal de las cuatro patas, justo en la articulación carpo-metacarpiana (tarso-metatarsiana en su defecto).

Clip 11 – Más remoción de piel y amputaciones (84s) 0307

En este vídeo, podemos observar como el operario retira más piel y otros tejidos en otras zonas del cuerpo. Además, también se evidencia la amputación de las partes distales de las patas (lado izquierdo).

Clip 12 – Ligado recto y amputación cola (88s) 0308

Como última parte del retiro de pieles, el operario procede a retirar la piel de la zona perianal y a realizar un corte en la parte medial de la cola. Se puede observar como el mismo realiza la amputación de cola a un nivel aproximado de la décima vértebra coccígea. Por último el operario procede a ligar el recto, realizando un corte alrededor del mismo para exponerlo y colocando una bolsa que cubre a este, para finalizar colocando un hilo alrededor de la bolsa de manera que se sujete firmemente e impida la salida de cualquier material o fluido proveniente del recto. Esto se realiza para procurar la cero contaminación fecal visible en la canal.

Clip 13 – Extracción automatizada de piel (57s) 0309

En estas imágenes podemos observar como los bordes de piel y fascia que permanecen sujetos al cuerpo, son colocados a unos ganchos que se sostienen por unas cadenas, las mismas se anexan a una máquina automatizada que termina de hacer el retiro total del cuero, desde las partes anteriores hasta la cola. Dicha máquina es manejada por uno de los operarios y realiza la remoción de la piel de manera gradual y lenta.

Clip 14 – Lavado pre inspección de cabeza (118s) 0312

En esta sección, se observa como el operario procede a preparar la cabeza para su próxima inspección. Dicha preparación corresponde a remover músculos, grasa y otros tejidos presentes en la cabeza, además de revisar si hay signos o lesiones compatibles con patologías propias de la cabeza, como enfermedades oculares, sinusitis, osteopatías y entre otras. También, el colaborador realiza lavados externos de la estructura con una manguera, y además lavados internos desde la cavidad oral y también desde los orificios nasales.

Clip 15 - Inspección de la cabeza (161s – hasta 60s) 0314

El operario procede a realizar la inspección de los ganglios linfáticos. Primeramente, procede a revisar los retrofaríngeos laterales, seguido de los submandibulares. Es importante mencionar que el corte realizado es foliado y se sugiere completar de 4 a 5 cortes. Lo considerado normal es una apariencia lisa y un color café claro, similar a hongos champiñones. Si el operario siente al realizar los cortes algo distinto a lo normal, por ejemplo, una consistencia arenosa debe reportarlo de inmediato, ya que es sospechoso de tuberculosis. También es importante descartar la presencia de patologías oculares o de cavidad oral, como la estomatitis vesicular o fiebre aftosa. Es relevante mencionar que el operario debe realizar una verificación visual de la ausencia de Material Específico de Riesgo (MER) en la materia encefálica.

Clip 16 – Inspección músculo masetero (41s) 0316

Para la inspección del músculo masetero, el operario realiza dos cortes: el primero de ellos es superficial y el segundo de ellos más profundo, cerca de su unión al hueso con el objetivo de evaluar la apariencia del tejido conectivo. La evaluación de este músculo es sumamente importante, ya que su inspección comprueba o descarta la presencia de cisticercosis. La presencia de este parásito se observa como una “pelotilla similar a la granadilla”. Es importante la evaluación de otros músculos como la lengua, para descartar la patología conocida como “lengua de madera”, que se da por la presencia de *Actinobacillus*.

Clip 17 – Evisceración (307s) 0319

En la evisceración, las vísceras se clasifican en rojas (comestibles) y verdes (no comestibles). Las vísceras rojas al ser comestibles, requieren una revisión profunda. Es de suma importancia mencionar, que uno de los colaboradores se encuentra identificando a las canales con tinta azul, para su trazabilidad. El operario inicia realizando la remoción de los testículos, incidiendo dentro de ellos con un cuchillo para una revisión general, y después colocándolos en la mesa para una revisión más profunda. Posterior a ello, continua con la remoción de las capas de grasa abdominal y a realizar una incisión grande en la línea media de la cavidad abdominal, para encontrarse con los ganglios linfáticos precurales e iniciar su respectiva revisión. Seguidamente, el colaborador procede con el corte de otros tejidos como grasa, fascia y ciertos músculos para empezar a desplegar las vísceras de la canal. Como se observa en el vídeo, toma el tracto rectal (cubierto por una bolsa como se mencionó anteriormente), y lo separa. Luego, el operario realiza la remoción de los riñones y los coloca en la mesa de revisión. Finalmente,

se realiza la separación completa de la bolsa visceral (digestivas, tales como rumen, retículo, hígado, intestinos y entre otras) mediante el corte de fascia y de ligamentos, para su posterior inspección.

Clip 18 – Revisión general de la canal (69s) 0326

Después de la evisceración, la canal pasa a una revisión general. Esta revisión comprende la evaluación de la misma para el descarte de patologías o condiciones tales como abscesos, hematomas, contaminación fecal, cuerpos extraños y entre otros. Además, los colaboradores también realizan la remoción de más tejido adiposo (grasa), fascia, y otros. La evaluación del Punto Crítico de Control 1 (cero contaminación fecal visible) en esta fase es indispensable.

Clip 19 – Separación de vísceras para su inspección (166s) 0327

Primeramente, el operario inicia con la separación del bazo del rumen para su futura inspección. Seguidamente, procede a la separación del hígado procurando mantener los ganglios linfáticos hepáticos unidos al mismo. Una vez puesto el hígado en la mesa de inspección, procede a separar la vesícula biliar. Luego, el colaborador se dispone a separar el esófago, con el fin de colocar los pulmones y la tráquea en la mesa de inspección, procurando dejar unidos los ganglios linfáticos mediastínicos. Por último, se procede a la revisión de los ganglios linfáticos mesentéricos.

Clip 20 – Inspección de las vísceras (234s) 0328

El operario inicia su inspección con la evaluación del sistema respiratorio. Se puede observar como realiza la inspección de los ganglios linfáticos mediastínicos mediales y laterales, realizando como en todos los demás, un total de 4-5 cortes. Seguidamente, realiza una evaluación general del parénquima pulmonar y del lumen traqueal, realizando una incisión en la misma, esto con el objetivo de descartar patologías respiratorias. Después, realiza una inspección general del corazón y del miocardio, realizando dos cortes en ambos ventrículos, esto con el objetivo de buscar a la patología más relevante en este órgano: gusano del corazón (*Dirofilaria immitis*). Luego, el colaborador procede a hacer un lavado de los órganos restantes para remover sangre adherida a ellos y facilitar su inspección. En la evaluación del hígado, se inspecciona primeramente la cara visceral, más específicamente en el paso del conducto

colédoco, con el objetivo de descartar *Fasciola hepática*, y además se inspecciona el parénquima de los lóbulos hepáticos para descartar otras patologías hepáticas. Finalmente, el operario realiza la inspección de los riñones, en la cual realiza una inspección general de los lóbulos renales, para descartar la presencia de patologías o parásitos renales (nefritis, leptospirosis, etc). En este caso, podemos observar la presencia de pequeños granulomas renales, producto de posibles procesos inflamatorios.

Clip 21 – Separación de las canales a la mitad (39s) 0334

Retomando el proceso de cosecha, en estas imágenes se puede observar como el operario procede a realizar el corte de las canales a su mitad, esto lo logra con una sierra industrial. La sierra también cuenta con un chorro de agua a propulsión, para limpiar y facilitar la separación.

Clip 22 – Preparación final de la canal (123s) 0335

El operario procede a realizar la remoción de otros tejidos indeseables que aún permanecen adheridos a la canal, tales como fascia, grasa y músculos no deseados como producto final. Además, realiza una evaluación de los ganglios linfáticos intercostales. Por último, el colaborador procede a completar la remoción de la médula espinal.

Clip 23 – Lavado final con agua de la canal (61s) 0336

En estas imágenes, se puede observar como el colaborador procede a realizar un último lavado con agua de la canal. Este lavado final se completa con el objetivo de asegurar la limpieza total de la canal, garantizando que no haya ningún tipo de contaminación visible o cuerpo extraño, antes de proceder a la desinfección con ácido peracético.

Clip 24 – Desinfección con ácido peracético (14s) 0337

En esta sección, el operario procede a realizar la desinfección con ácido peracético de cada mitad de la canal. El ácido debe encontrarse a una concentración de 180 a 220 ppm. Es de suma importancia mencionar que este es el Punto Crítico de Control 2, y que su realización debe ser completada de manera estricta y eficaz.

Clip 25 – Almacenamiento de las canales en cámaras de frío (47s) 0342

Finalmente, las mitades de las canales son desplazadas a la cámara de frío. Es importante mencionar ciertos aspectos que deben ser cumplidos de manera obligatoria para mantener la inocuidad de los productos: que las canales no se toquen entre ellas, que las mismas en sus porciones más distales no toquen el suelo y que se encuentren debidamente identificadas (lote, hora de sacrificio, número en el proceso diario). Las canales deben alcanzar una temperatura de -1 a 7 grados centígrados como máximo en menos de 24 horas, y además es de vital importancia recordar que las puertas de la cámara deben mantenerse cerradas y ser abiertas la menor cantidad de veces posible para cumplir los siguientes objetivos: evitar la entrada de insectos y la pérdida de temperatura. La temperatura óptima mencionada anteriormente es el Punto Crítico de Control 3, y debe ser cumplido de manera responsable y obligatoria. Cualquier falla o incumplimiento en cualquiera de los PCC de este proceso, debe ser corregido con acciones inmediatas.

Anexo 2.2 Guion utilizado para la elaboración del material audiovisual porcinos

Clip 1 – Inspección ante mortem cerdos

En la inspección *ante mortem* de cerdos, es de vital importancia que el personal del establecimiento se aseguren de que toda la piara tenga un ingreso lícito a la planta de cosecha, es decir, que cuenten con la documentación oficial de ingreso, tal como lo es la Guía Oficial de Movilización de Ganado Porcino. Además, de separar a los animales que presenten comportamiento anormal, tumoraciones, cambios en el color de la piel entre otros y ubicarlos en el corral de aislamiento, identificarlos, documentar la información pertinente de los mismos, y suministrar al médico veterinario o inspector auxiliar.

El Médico Veterinario Inspector (MVI) o Inspector Auxiliar deben verificar que la documentación cumpla con la siguiente información como mínimo:

1. Número de corral / lote.
2. El número y la clase de sacrificio del ganado en el corral/ lote que se ofreció.
3. Espacio para observaciones.

4. Fecha y hora en la que se realiza la inspección.
5. Firma del MVI o IA que realizó la inspección.

El MVI debe realizar la inspección sistemática de todos los porcinos a la espera de sacrificio, acompañado del corralero que tiene la función de estimular a los cerdos para su movimiento o marcha. Debe evaluar a los animales en movimiento y reposo (echados y de pie), además de observar su conducta y condición corporal por ambos lados. El mismo debe evaluar las condiciones generales de cada animal, con énfasis en su cabeza (ojo, morro, hocico), los miembros anteriores y posteriores y el cuerpo (mucosas, piel, vulva y ubre), grado de alerta, movilidad, olor y respiración del animal.

Seguidamente, debe prestar especial atención a la detección de signos clínicos que puedan presentar las enfermedades comunes en el país y de declaración obligatoria de la OIE, descritas en el Decreto: “*Listado de enfermedades animales de declaración obligatoria*”, que se detallan en el instructivo “*Descripción de procesos patológicos y criterios técnicos para el decomiso de porcinos*”.

Como parte de algunos de los dictámenes *ante mortem* más frecuentes, se tienen los siguientes:

- a) Animales cuyo estado y comportamiento son satisfactorios: aptos para sacrificio normal.
- b) Animales fatigados o excitados: aptos para el sacrificio después de un período de espera.
- c) Animales que presenten alteraciones en su bienestar (accidentados, moribundos): sacrificio de urgencia en lugar separado.
- d) Animales enfermos con sospecha de enfermedades que pueden contagiarse al ser humano o a otros animales, o de procesos no patológicos que afecten la calidad de la carne: excluir de matanza normal y sacrificar al final del proceso con previa aprobación del MVI.
- e) Animales encontrados muertos: rendering.
- f) Animales sin documentación requerida: no aptos para sacrificio hasta que se presente su documentación.
- g) Animales que hayan parido durante su transporte o en el corral: deben ser sacrificados lo antes posible, o brindar las condiciones necesarias para la lactancia y su bienestar.

Clip 2 – Aturdimiento de los cerdos (Imágenes ilustrativas + 5s) 0354

Los animales que hayan aprobado la inspección *ante mortem* con normalidad, se consideran aptos para su sacrificio y proceden al ingreso del proceso. En estas imágenes se observa como el operario procede a realizar el aturdimiento del animal. Lo realiza con un aturridor de pinzas bilaterales, mismas que generan descargas eléctricas de 240 voltios y 1.3 amperios. El dispositivo se coloca a ambos lados de la cabeza, inferior a las orejas y dorsal al músculo masetero.

Clip 3 – Degolle del animal (22s) 0355

En estas imágenes, se observa que el colaborador procede a realizar el degolle del animal, para provocar su muerte por paro cardiorespiratorio. Dicho proceso lo realiza con una cuchilla y en el suelo. Es importante evaluar que el animal no cuente con el reflejo palpebral y funciones vitales como la respiración luego de ello. En algunas ocasiones, se pueden presentar movimientos involuntarios o vocalizaciones, lo cual es normal.

Clip 4 – Levantamiento y introducción a la escaldadora (20s) 0356

El operario procede a colocar una cadena en el MPI del animal para comenzar con su elevación, mientras rocía con agua al mismo para eliminar sangre y otras contaminaciones. Posteriormente, el cuerpo del animal es introducido a la escaldadora (temperatura de 60 grados centígrados), para facilitar la remoción de los vellos del individuo y reducir la contaminación de los cuerpos.

Clip 5 – Remoción automática de vellos corporales (20s) 0357

En esta sección del proceso, el cuerpo del animal es colocado en la “peladora”. Esta máquina cuenta con hojas filosas entrecruzadas que realizan la función de remover los vellos presentes en el cuerpo. Mientras se realiza este proceso, los operarios rocían agua para facilitarlos.

Clip 6 – Remoción manual del resto de vellos corporales (32s) 0358

Luego del proceso anterior, los operarios proceden a remover de manera manual y con una cuchilla, el resto de vellos que la peladora no alcanzó a remover por sí sola, debido a su localización o tamaño. Es importante recalcar que el cuerpo debe ingresar al proceso completamente libre de vellos y limpio. Por último, los colaboradores realizan el corte del tejido córneo presente en las pezuñas del cuerpo.

Clip 7– Remoción de la cabeza (17s) 0360

En esta sección, el operario procede a realizar la remoción de la cabeza. Dicha acción la ejecuta con un único corte directo y completo, realizado detrás de las orejas y con una cuchilla.

Clip 8 - Evisceración (167s) 0359

En estas imágenes, se puede observar como el operario procede a terminar de remover vellos aún existentes en el cuerpo. Luego de haber removido la cabeza y las partes distales de los miembros, el colaborador procede a incidir en la región perianal con el propósito de encontrar el recto y ligarlo, colocando una bolsa a su alrededor y amarrando la bolsa con un cable, de manera que se evite futura contaminación fecal de la canal. Seguidamente, procede a realizar una incisión en la línea media de la cavidad abdominal para empezar la evisceración. Después de quitar piel, grasa y otros tejidos, procede a separar las vísceras de la cavidad abdominal. Empezando con el tracto digestivo, continuando con bazo, riñones y terminado con el tracto cardiorrespiratorio. Todas las vísceras paran a ser colocadas en la mesa de inspección para su posterior evaluación. En esta sección, se evalúa el cumplimiento del Punto Crítico de Control #1, el cual es la cero contaminación fecal visible. El cumplimiento de este PCC debe ser estricto, serio y responsable, y cualquier irregularidad deberá ser corregida de manera inmediata. Es de vital importancia mencionar que todas las plantas de cosecha y transformación deben contar con un plan de acción y medidas correctivas para cualquiera de los PCC presentes en todo el proceso.

Clip 9 – Preparación de la cabeza (78s) 036

Como parte de la preparación de la cabeza, el colaborador procede a realizar la remoción de vellos presentes en la cabeza, restos de sangre y otras contaminaciones. Dicho proceso lo realiza con una cuchilla y con mucha precaución para no cortar la piel.

Clip 10 – Remoción de piel (47s) 0362

El operario procede a realizar la remoción de las orejas, ejecutando un corte parcial que las separa de la cabeza y después, removiendo cualquier vello u otra contaminación que aún se encuentre presente. Seguidamente, procede a realizar la remoción de la piel del rostro, comenzando con los pliegues ubicados alrededor de los ojos y en las partes rostrales laterales.

Clip 11 – Inspección de la cabeza (97s) 0363

En estas imágenes se puede observar como el operario procede a realizar la inspección de la cabeza. Primeramente, evalúa los ganglios linfáticos submandibulares. El proceso es bastante similar al de bovinos, en el cual se realizan aproximadamente 5 cortes en los mismos y se revisa la morfología normal de los mismos (consistencia lisa y color amarillo cafezusco). También evalúa los ganglios linfáticos retrofaríngeos laterales. Además, procede a realizar la evaluación del músculo masetero, ejecutando en el mismo dos cortes (superficial y profundo), esto para evaluar su integridad y descartar cisticercos. Por último, el colaborador procede a realizar la separación de la lengua, retirando primeramente el aparato hioideo y después de un lavado de la misma, corta la lengua para su extracción. La inspección de la lengua se realiza de manera visual, por palpación y de ser necesario, también se debe incidir. La inspección de la lengua adquiere especial importancia ante la sospecha de procesos de gran relevancia sanitaria como la fiebre aftosa, pleuroneumonía contagiosa, estomatitis vesicular, entre otras.

Clip 12 – Inspección de vísceras (117s) 0364

En esta sección es posible evidenciar como el operario inicia la inspección visceral con la evaluación de los pulmones, tranquea y sus respectivos ganglios linfáticos. La inspección de los ganglios linfáticos mediastínicos se realiza para descartar la presencia de tuberculosis. Además, realiza una inspección general del parénquima pulmonar y del lumen traqueal. Posteriormente, procede a realizar una inspección del miocardio para descartar la presencia de cisticercosis. Seguido, realiza la evaluación del hígado en ambas de sus caras, esto para confirmar la no presencia de manchas de leche, causadas por *Ascaris suum*. Después, procede a ejecutar la inspección de los riñones, tanto la integridad de la corteza y médula como de la

pelvis, para así descartar la presencia del parásito renal *Stephanurus dentatus*. Por último, realiza una inspección general de la integridad del bazo.

Clip 13 – Trazabilidad de vísceras (26s) 0367

Como parte de su distribución, comercialización y consumo, es importante mantener una correcta identificación y trazabilidad de las vísceras en caso de que se presenten irregularidades durante el proceso. Es por ello, que el operario agrupa las vísceras de cada animal, debidamente identificadas. Las mismas son: riñones, bazo, corazón, lengua e hígado.

Clip 14 – Trazabilidad de cabezas (11s) 0369

Siguiendo el mismo principio de la importancia de la identificación y trazabilidad de las cabezas, debido a su comercialización y consumo, las mismas son colocadas de manera individual y debidamente identificadas.

Clip 15 – Desinfección con ácido peracético (46s) 0370

Al casi finalizar el proceso, en esta sección se puede observar cómo se lleva a cabo uno de los puntos más importantes del mismo: la desinfección con ácido peracético. Primeramente, el colaborador procede a rociar con agua la canal para eliminar cualquier rastro de contaminación que siga presente, y después, procede a desinfectar rociando con el ácido (mismo que debe tener una concentración de 80-120 ppm). Es importante mencionar que este es el Punto Crítico de Control #2, por lo cual debe ser cumplido de manera estricta, eficiente y responsable, y cualquier irregularidad en este punto debe ser corregida de manera inmediata. Por último, procede a colocar la etiqueta de trazabilidad en la canal.

Clip 16 – Enfriamiento de las canales (53s) 0368

Finalmente, las canales proceden a ser almacenadas en la cámara de refrigeración, en la cual tendrán que llegar a alcanzar una temperatura de -1 a 7 grados centígrados en menos de 24 horas (PCC3). Cualquier irregularidad que se presente en este Punto Crítico de Control, deberá contar con una acción correctiva inmediata. Hay casos en los cuales las canales deberán ser retenidas por la planta, por ejemplo este cerdo criptorquideo, el cual su canal tendrá que estar

3 días retenida. Es importante recalcar algunas acciones que deben ser cumplidas en este punto del proceso: que las canales no toquen el piso, que las mismas no se toquen entre ellas, evitar la entrada de insectos y evitar la pérdida de temperatura de la cámara al abrir la puerta de la misma muy frecuentemente.