



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

**Influencia del manejo presacrificio en la calidad de carne de bovinos
faenados en el camal de Pasaje.**

**MENDOZA ERAS CRISTOPHER MAXIMILIANO
MEDICO VETERINARIO**

**MACHALA
2025**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

**Influencia del manejo presacrificio en la calidad de carne de
bovinos faenados en el camal de Pasaje.**

**MENDOZA ERAS CRISTOPHER MAXIMILIANO
MEDICO VETERINARIO**

**MACHALA
2025**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

TRABAJOS EXPERIMENTALES

**Influencia del manejo presacrificio en la calidad de carne de
bovinos faenados en el camal de Pasaje.**

**MENDOZA ERAS CRISTOPHER MAXIMILIANO
MEDICO VETERINARIO**

VARGAS GONZALEZ OLIVERIO NAPOLEON

**MACHALA
2025**



pH de carne bovina C. Mendoza

3%
Textos sospechosos



3% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
5% Idiomas no reconocidos (ignorado)

Nombre del documento: pH de carne bovina C. Mendoza.docx
ID del documento: 31b3bfd4d5f6c7d6d9a8df66a9a3c09449c6a38e
Tamaño del documento original: 5,26 MB

Depositante: Vargas González Oliverio Napoleón
Fecha de depósito: 25/7/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 25/7/2025

Número de palabras: 17.947
Número de caracteres: 109.957

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

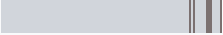
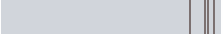
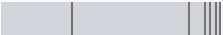
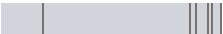
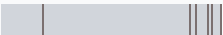
N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.frontiersin.org Frontiers Investigating the impact of pre-slaughter mana... https://www.frontiersin.org/journals/animal-science/articles/10.3389/fanim.2022.1065002/full 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (69 palabras)
2	Documento de otro usuario #09a1b0 Viene de de otro grupo 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (65 palabras)
3	repositorio.utesup.edu.pe Gestión del Talento Humano y el Desempeño Lab... https://repositorio.utesup.edu.pe/handle/UTELESUP/1665 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (61 palabras)
4	www.mdpi.com Intrinsic and Extrinsic Factors Affecting the Color of Fresh Beef ... https://www.mdpi.com/2076-3417/13/7/4382	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (53 palabras)
5	www.redalyc.org Contribución del bienestar animal a la calidad de la carne vac... https://www.redalyc.org/journal/864/86472710009/86472710009.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (45 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.statgraphics.net https://www.statgraphics.net/wp-content/uploads/2011/12/tutoriales/Analisis de Una Variabl...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
2	dx.doi.org Identificación de peligros físicos, químicos y biológicos en los lugares ... http://dx.doi.org/10.56785/ripc.v5i1.80	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (39 palabras)
3	revistacta.agrosavia.co Evaluación de atributos cárnicos y de calidad de la can... https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/download/2234/1270	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (39 palabras)
4	www.frontiersin.org Frontiers Investigating the impact of pre-slaughter mana... https://www.frontiersin.org/journals/animal-science/articles/10.3389/fanim.2022.1073849/full	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
5	hdl.handle.net Evaluación de la precipitación, duración y frecuencia en la gener... http://hdl.handle.net/20.500.12918/4651	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	kupdf.net Trabajo Diseño Experimental 2 - Free Download PDF https://kupdf.net/download/trabajo-diseo-experimental-2_5cdce765e2b6f5da0480063b_pdf	1%		Palabras idénticas: 1% (182 palabras)
2	www.scielo.org.pe Avances recientes en el estudio de factores de estrés prefae... http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172022000300249	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (160 palabras)
3	www.scielo.org.co http://www.scielo.org.co/pdf/recia/v15n1/2027-4297-recia-15-01-e01.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (148 palabras)
4	revistas.unisucre.edu.co Carne oscura, firme y seca (DFD). Causas, implicacion... https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/938	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (147 palabras)
5	revistas.unisucre.edu.co https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/download/938/1070	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (148 palabras)
6	www.scielo.org.co Carne oscura, firme y seca (DFD). Causas, implicaciones y mé... http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2027-42972023000100001	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (148 palabras)
7	dx.doi.org Carne oscura, firme y seca (DFD). Causas, implicaciones y métodos d... http://dx.doi.org/10.24188/recia.v15.n1.2023.938	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (148 palabras)

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
8	 repository.ucc.edu.co https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/63bfc8a1-1e7e-48d6-9261-37bf6be1...	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (123 palabras)
9	 dspace.utb.edu.ec Influencia del pH y temperatura en el músculo de la carne va... http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/17105	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (89 palabras)
10	 doi.org Determinación de la calidad de la carne bovina en el cantón La Maná https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v6i7.1304	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (92 palabras)
11	 www.scielo.org.pe http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v13n3/2077-9917-agro-13-03-249.pdf	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (91 palabras)
12	 hdl.handle.net El psicólogo como auxiliar de justicia, una mirada desde la perici... https://hdl.handle.net/20.500.12494/50461	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (91 palabras)

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

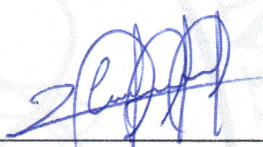
El que suscribe, MENDOZA ERAS CRISTOPHER MAXIMILIANO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Influencia del manejo presacrificio en la calidad de carne de bovinos faenados en el camal de Pasaje., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



MENDOZA ERAS CRISTOPHER MAXIMILIANO

0707034955



DEDICATORIA

A mi querida madre, Sonia, y a mi abuela Cristina, quienes, con su amor incondicional, sacrificio y apoyo constante, han sido el pilar que me ha permitido llegar hasta donde estoy. Sin su dedicación, sus esfuerzos incansables y su constante aliento, este logro no habría sido posible. Gracias por enseñarme a luchar por mis sueños y por estar siempre a mi lado, guiándome con sabiduría y fortaleza. Esta tesis es tan solo un reflejo de todo lo que me han dado a lo largo de mi vida.

A mis hermanos Alejandro y Gabriel, quienes siempre han sido una fuente constante de inspiración y apoyo. Con esta tesis, espero poder motivarlos a seguir sus sueños y continuar por el camino del esfuerzo y la dedicación. Que cada paso que den esté lleno de éxito y aprendizaje, y que siempre encuentren la fuerza para alcanzar sus metas. Estoy seguro de que el futuro les depara grandes logros. Con cariño y gratitud, este trabajo es para ustedes.

AGRADECIMIENTO

Quiero comenzar agradeciendo a Dios, quien me ha brindado la sabiduría, la salud y la fortaleza para ser constante en mis estudios. Gracias a él, he podido enfrentar los desafíos que se me han presentado, aprender de ellos y seguir adelante. Su guía me ha permitido ser resiliente y nunca rendirme, a pesar de los tropiezos que encontré en mi camino académico.

A mis amigos Billy y Fricson, quienes han sido un pilar fundamental en mi carrera universitaria. Siempre estuvieron allí, dispuestos a ayudarme en los momentos más difíciles, mostrándome un apoyo genuino y constante. No hay palabras suficientes para agradecerles por su presencia y solidaridad. Su amistad será siempre un tesoro en mi vida.

A Angie, por todo el apoyo incondicional y cariño que me brindó en cada momento. Tu presencia en mi vida me ha dado fuerzas para continuar, y siempre estaré agradecido por todo lo que has hecho por mí.

A todos mis docentes, quienes con su sabiduría y dedicación me han enseñado mucho más de lo que imaginé. Gracias a sus enseñanzas, hoy me siento más preparado para enfrentar los desafíos del mundo profesional. A ustedes, mis más sinceros agradecimientos por contribuir a mi formación.

Al Dr. Henry Peláez, cuyas experiencias profesionales narradas en clases fueron una fuente constante de inspiración para mí. Sus palabras me dieron el impulso necesario para seguir adelante en mi carrera y culminar con éxito esta etapa. Gracias por ser un ejemplo a seguir.

Al Dr. Oliverio Vargas, mi tutor, quien con su paciencia y dedicación me ha guiado a lo largo de este proceso. Gracias por su apoyo constante, por estar siempre dispuesto a ayudarme con cada duda y por brindarme las herramientas necesarias para llevar a cabo esta tesis.

A todos mis especialistas que me brindaron valiosas pautas y mejores propuestas para mejorar la presentación de este trabajo. Su apoyo ha sido fundamental en el perfeccionamiento de esta investigación.

A mis amigos y compañeros de la universidad, por su amistad y apoyo. Gracias a ellos he aprendido tanto, no solo en lo académico, sino también en lo personal. La vida universitaria no habría sido lo mismo sin su compañía.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. OBJETIVO GENERAL	13
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.3. VARIABLES.....	13
2. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Conceptos básicos sobre bienestar animal y manejo presacrificio	14
2.1.1. Bienestar animal	14
2.1.2. Manejo presacrificio	14
2.2. Factores que generan estrés al ganado.....	14
2.2.1. Estado y diseño de las instalaciones	14
2.2.2. Hambre, Sed o ausencia de agua	15
2.2.3. Fatiga por arreo o exposición al calor	15
2.2.4. Carga, descarga y transporte del ganado	16
2.2.5. Mezcla de lotes y tiempos de espera en corrales	17
2.2.6. Temperamento animal	17
2.3. Efecto del estrés sobre la producción ineficiente.....	18
2.3.1. Respuesta fisiológica al estrés (hormonas del estrés).....	18
2.3.2. Efecto del estrés sobre el pH y otras condiciones del músculo	19
2.4. Calidad de la carne: Criterios de evaluación	20
2.4.1. Carnes oscuras y pálidas DFD (Dark, Firm, Dry)	20
2.4.2. Criterios de evaluación de carne DFD.....	21
2.5. PSE (Palid, Soft, Exudative).....	21
2.5.1. pH inicial y final	22
2.5.2. Color y estabilidad del color.....	22
2.5.3. Terneza, jugosidad, sabor y capacidad de retención de agua.....	23
2.6. Normativas y estándares de la calidad cárnica	24
2.7. Influencia del manejo presacrificio en la calidad de la carne	25
2.7.1. Transporte, ayuno y tiempos de reposo	25
2.7.2. Manejo en corrales de espera y su influencia en la calidad final.....	26
2.8. pH según la raza: patrones característicos	26
2.8.1. pH según el sexo.....	28

2.9. Prácticas de bienestar y manejo actuales	28
3. MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. MATERIALES	29
3.1.1. Localización del estudio	29
3.1.2. Población y muestra.....	29
3.1.3. Equipos y materiales.....	30
3.1.4. Variables.....	31
3.2. MEDICIÓN DE VARIABLES	31
3.2.1. pH pre y postmortem de la carne	31
3.2.2. Calidad de la carne según su presentación	31
3.3. MÉTODOS.....	31
3.3.1. Metodología de campo	31
3.3.2. Metodología del análisis estadístico	32
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Análisis de comparaciones de las muestras aplicado a las variables tiempo de viaje y pH de la carne</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 2: Análisis de Desviaciones Estándar aplicado a las variables tiempo de viaje y pH de la carne</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 3: Análisis de Desviación Estándar aplicada a las variables tiempo de viaje y hora de lectura.</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 4: Resumen estadístico para pH de la carne</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 5: Análisis de comparaciones de Desviaciones Estándar de dos muestras de datos aplicado a las variables tiempo de viaje y pH de la carne</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 6: Análisis de comparaciones de dos muestras de datos aplicado a las variables tiempo de viaje y hora de lectura.</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 7: Análisis de comparaciones de Desviaciones Estándar de dos muestras de datos aplicado a las variables tiempo de viaje y hora de lectura.</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 8: Resumen estadístico para pH de la carne</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 9: Tabla de frecuencias para pH de la carne.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 10: Resumen estadístico para tiempo de viaje</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 11: Análisis de comparaciones de dos muestras de datos aplicado a las variables tiempo de viaje y pH de la carne</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 12: Análisis de comparaciones de Desviaciones Estándar de dos muestras de datos aplicado a las variables tiempo de viaje y pH de la carne.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 13: Resumen estadístico para tiempo de viaje</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 14: Análisis de comparaciones de dos muestras de datos aplicado a las variables tiempo de viaje y hora de lectura.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 15: Análisis de comparaciones de Desviaciones Estándar de dos muestras de datos aplicado a las variables tiempo de viaje y hora de lectura.</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 16: Resumen estadístico para pH de la carne.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 17: Tabla de frecuencias para pH de la carne.....</i>	<i>49</i>

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1: Área de ubicación del Centro de Faenamiento Municipal de Pasaje.....</i>	<i>29</i>
<i>Gráfico 2: Variación del pH de carnes DFD en comparación a los tiempos de transporte del grupo 1.....</i>	<i>37</i>
<i>Gráfico 3: Variación del pH de carnes DFD en comparación a los tiempos de transporte del grupo 6.....</i>	<i>38</i>
<i>Gráfico 4: Variación del pH de carnes DFD en comparación a los tiempos de transporte del grupo 7.....</i>	<i>39</i>
<i>Gráfico 5: Variación del pH de carnes PSE en comparación a los tiempos de transporte del grupo 2.....</i>	<i>44</i>
<i>Gráfico 6: Variación del pH de carnes de buena calidad en comparación a los tiempos de transporte del grupo 1</i>	<i>51</i>
<i>Gráfico 7: Variación del pH de carnes de buena calidad en comparación a los tiempos de transporte del grupo 6</i>	<i>52</i>
<i>Gráfico 8: Variación del pH de carnes de buena calidad en comparación a los tiempos de transporte del grupo 7</i>	<i>53</i>
<i>Gráfico 9: Clasificación de carnes DFD, PSE y de buena calidad de todos los grupos muestreados</i>	<i>53</i>

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1: Animales en el corral de espera.</i>	63
<i>Anexo 2: Sacrificio de los animales.</i>	63
<i>Anexo 3: Recolección de muestra de sangre y carne para la respectiva medición de pH 64</i>	64
<i>Anexo 4: Medición del pH de las muestras de sangre y carne de bovino.</i>	64
<i>Anexo 5: Muestras de carne rotuladas para realizar la medición de pH a las 0,2,8,16,24,36 horas postsacrificio.....</i>	65
<i>Anexo 6: Carne de buena calidad.</i>	65
<i>Anexo 7: Carne DFD.....</i>	66
<i>Anexo 8: Carne PSE.</i>	66

Resumen

La calidad de la carne bovina es un aspecto relevante en la industria cárnica, y el manejo presacrificio juega un papel determinante en su conformación. Este estudio se centró en evaluar cómo las prácticas presacrificio, como el transporte y las condiciones en el camal, influyen en la calidad de la carne de bovinos faenados en el camal municipal de Pasaje, ubicado en El Oro, Ecuador. El objetivo principal fue identificar los factores de manejo que afectan el pH de la carne y cómo estas alteraciones impactan la calidad final, especialmente en relación con la clasificación de la carne en tipos DFD, PSE y de buena calidad. La metodología consistió en un muestreo aleatorio de 200 bovinos, a quienes se les midió el pH sanguíneo antes del sacrificio y el pH muscular postmortem en intervalos de 0, 2, 8, 16, 24 y 36 horas tras el sacrificio. Se observó que los tiempos de transporte prolongados y el mal manejo al momento del sacrificio fueron factores importantes que contribuyeron al estrés en los animales, lo que generó un pH elevado y una mayor prevalencia de carne de tipo DFD, que es producto de un mal manejo presacrificio, ya que los animales fueron sometidos a condiciones de estrés. Los resultados mostraron que el 49% de las muestras fueron clasificadas como carne DFD, mientras que el 1% correspondieron a carne PSE, y el 50% fueron de buena calidad. En conclusión, una adecuada gestión del tiempo de transporte, la mejora en las condiciones de los corrales y un buen manejo presacrificio son esenciales para mejorar la calidad de la carne, minimizando la prevalencia de carnes DFD y PSE, optimizando el valor comercial del producto cárnico y garantizando un producto final con las características deseadas por el consumidor y la industria.

Palabras claves: *Calidad de la carne, Manejo animal, Estrés animal, Industria cárnica, Bienestar animal.*

Abstract

The quality of beef is a relevant aspect in the meat industry, and pre-slaughter handling plays a determining role in its composition. This study focused on evaluating how pre-slaughter practices, such as transportation and conditions at the slaughterhouse, influence the quality of beef from cattle slaughtered at the municipal slaughterhouse of Pasaje, located in El Oro, Ecuador. The main objective was to identify the handling factors that affect the pH of the meat and how these alterations impact the final quality, especially in relation to the classification of the meat into DFD, PSE, and high-quality types. The methodology consisted of a random sample of 200 cattle, whose blood pH was measured before slaughter and muscle pH postmortem at intervals of 0, 2, 8, 16, 24, and 36 hours after slaughter. It was observed that prolonged transport times and poor handling at the time of slaughter were important factors contributing to stress in the animals, which resulted in elevated pH and a higher prevalence of DFD meat, which is a product of poor pre-slaughter handling, as the animals were subjected to stress conditions. The results showed that 49% of the samples were classified as DFD meat, while 1% were classified as PSE, and 50% were of good quality. In conclusion, adequate management of transport time, improvements in pen conditions, and good pre-slaughter handling are essential for improving meat quality, minimizing the prevalence of DFD and PSE meats, optimizing the commercial value of the meat product, and ensuring a final product with the desired characteristics for both the consumer and the industry.

Keywords: *Meat quality, Animal handling, Animal stress, Meat industry, Animal welfare.*

1. INTRODUCCIÓN

El manejo presacrificio influye de manera significativa en la calidad de la carne, un aspecto de gran relevancia tanto para la satisfacción del consumidor como para la competitividad en el mercado de la industria cárnica. En los centros de faenamiento existen cierto tipo de variaciones en las prácticas de manejo presacrificio, incluyendo el transporte, los sistemas de producción y otros factores de bienestar animal que pueden afectar la calidad de la carne (1).

Según García et al. (2), estas variaciones se manifiestan en parámetros como el pH, la temperatura muscular postmortem y la calidad sensorial de la carne. La falta de uniformidad en el manejo presacrificio podría derivar en variaciones en la calidad de los productos cárnicos, afectando de manera significativa la percepción del consumidor disminuyendo el valor comercial del producto. Esta situación plantea la necesidad de identificar los factores de manejo que pueden influir en los parámetros de calidad para proponer mejores prácticas que aseguren una carne de alta calidad acorde con los estándares del mercado.

La importancia de llevar a cabo un trabajo sobre influencia del manejo presacrificio en la calidad de la carne radica en el bienestar y manejo de los animales antes de ser sacrificados ya que son determinantes fundamentales en la calidad final de la carne. La evaluación de factores como el transporte y condiciones generales del manejo presacrificio permitirá conocer su influencia directa, la variación del pH y temperatura muscular post mortem. Estos parámetros son de gran significancia ya que afectan tanto la calidad como las propiedades sensoriales y de conservación de la carne, influyendo su aceptación en la industria cárnica (3). Además, se busca resaltar el valor ético del bienestar animal en la producción de la carne, una cualidad cada vez más relevante en el mercado global. Por lo tanto, esta investigación aportará datos de gran importancia para optimizar el manejo presacrificio en el camal de Pasaje y lograr fortalecer la competitividad del producto en términos de calidad, seguridad alimentaria y bienestar animal.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia del manejo presacrificio en la calidad de la carne de bovinos faenados en el camal del cantón Pasaje, El Oro.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los factores de manejo presacrificio que alteran el pH y la temperatura postmortem en los bovinos faenados del camal de Pasaje.
- Determinar cómo influye la captura, forma y tiempo de transporte en la calidad de la carne con la medición del pH de la sangre antes del sacrificio
- Evaluar el impacto del estrés en la calidad de la carne con la medición del pH después de 0, 2, 8, 16, 24 y 36 horas del sacrificio.

1.3. VARIABLES

Las variables que se evaluarán en esta investigación son: pH pre y postmortem de la carne, que será evaluada cada 8 horas, por un tiempo de 36 h y se evaluará la calidad según su presentación.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Conceptos básicos sobre bienestar animal y manejo presacrificio

2.1.1. Bienestar animal

Este término hace referencia a cómo un animal tiene una adaptabilidad al entorno que lo rodea. Cuando el animal goza de salud, se siente seguro, cómodo y está bien alimentado, puede demostrar su conducta natural y no experimenta: temor, dolor ni malestar; con todos estos datos podemos considerar que posee un buen nivel de bienestar (4).

Bienestar también implica armonía entre el animal, el entorno y las circunstancias que lo rodean, además el estado físico y psicológico desempeñan un papel importante. Para enfrentar las condiciones adversas del medio se debe esforzar más y por lo tanto incrementa el nivel de estrés, el mismo que se lo puede controlar usando mediciones fisiológicas, de actitud, de rendimiento y alteraciones patológicas, ocasionadas por la pérdida de bienestar animal (2).

2.1.2. Manejo presacrificio

Vélez y Cobo (2012) manifiestan que diversos estudios evidencian que el miedo y el estrés presacrificio alteran de manera significativa el bienestar animal, repercutiendo en el rendimiento productivo y afectando el valor inocuo y de calidad de la carne. Ante estas condiciones, el bovino activa tanto el eje hipotalámico-pituitario renal como el simpático-adrenal-medular produciendo altas cantidades de adrenalina y noradrenalina, lo que provoca respuestas a nivel fisiológico para lograr enfrentar las amenazas (5).

En estas condiciones, el animal sufre un incremento del ritmo cardíaco, vasoconstricción, hiperglucemia, dilatación pupilar, hiperventilación e incluso un aumento del volumen sanguíneo. Vivir el estrés de forma crónica podría poner en peligro la vida del animal, situación denominada diestrés. Además, el estrés presacrificio reduce las reservas del glucógeno y mantiene un pH alterado que llega a ser igual o mayor a 5,8 en la carne (6).

2.2. Factores que generan estrés al ganado

2.2.1. Estado y diseño de las instalaciones

El estado y diseño de las instalaciones son fundamentales para reducir los niveles de estrés del ganado en los centros de faenamiento. Las instalaciones que son diseñadas de manera inadecuada provocan daños como tropiezos, caídas y golpes contra bordes o esquinas afiladas (7).

Las condiciones desfavorables del establecimiento pueden incrementar con frecuencia las lesiones y estrés en los animales. Uno de los objetivos sobre el manejo correcto de los animales en centros de faenamiento es garantizar un suelo apropiado en las áreas de manipulación de los animales abarcando la zona de descarga del ganado (8).

2.2.2. Hambre, Sed o ausencia de agua

El retiro del alimento y agua previo al sacrificio es fundamental para disminuir el contenido fecal y gastrointestinal, reduciendo la contaminación de la canal. Es recomendable que el ayuno comience desde la salida de la granja y tenga una duración entre 18 a 24 horas, ya que favorece un descenso del pH postmortem y además reduce la prevalencia de carnes PSE (9). Sin embargo, una prolongación de ayuno por más de 24 horas podría aumentar los niveles de estrés y por ende las peleas en los animales, provocado por la imposibilidad de tomar un descanso de forma adecuada (10).

Cuando el ayuno se extiende por más de 24 horas, los animales pueden presentar pérdidas de peso, una disminución en el rendimiento de la canal y cambios en la calidad de la carne entre ellos el descenso del pH de la misma (9).

En un estudio en Medellín, Colombia, 2017 se evaluó 150 novillos de la raza Brahman. Se concluyó que el periodo ayuno en todos los grupos analizados superó las 38 horas, Este resultado se atribuye principalmente al tiempo promedio de transporte de $23,1 \pm 2,5$ h y de espera en corrales promedio de $14,4 \pm 1,6$ h, lo cual afectó el pH de la carne; Asimismo se considera que el ayuno por sí solo, no genera pérdidas significativas de glucógeno muscular, a menos que esté acompañado de factores estresantes como restricción de movimiento, manejo inadecuado, exposición a lo desconocido, sed, fatiga, lesiones y temperaturas extremas (11).

2.2.3. Fatiga por arreo o exposición al calor

Esto es generado porque se maneja el ganado imponiendo la fuerza, trabajando contra el animal, obligándolo se recurre a diversas formas de violencia para lograr lo necesario: introducir al animal en el espacio de trabajo, subirlo al camión o encerrarlo en un corral, entre otras cosas. El manejo “a la fuerza” del ganado se basa en la creencia de que los animales se resisten por naturaleza y solo obedecerán mediante un trato autoritario y agresivo. Como consecuencia se genera un trato antagónico, generalmente basado en la presión física directa, que implica situarse muy cerca e incluso entrar en contacto con el animal (12) .

En una investigación realizada en Oromía, ciudad de Etiopía mediante encuestas se concluyó que el 92% de los cuidadores impidieron que los animales se alimentaran, bebieran agua o descansaran durante el traslado a pie. Asimismo, el 100% informó haber golpeado al ganado en piernas y columna vertebral que fueron las áreas más afectadas (42%), otras partes del cuerpo (36%) y principalmente piernas (22%). El pH de la carne varió según las distancias de recorrido a pie o en vehículo: 47% de las muestras presentaron valores anormales clasificándose como carnes DFD o DFD con deterioro, mientras que un 4% resultó en carnes PSE o PSE con deterioro (13).

2.2.4. Carga, descarga y transporte del ganado

La forma en que se maneja el ganado durante la carga ocasiona un alto grado de estrés por el cambio brusco de entorno que experimentan los animales, lo que conlleva a rehusarse a subir al camión. Por ello, el personal encargado recurre al uso de picanas eléctricas, palos, etc. La manipulación debe realizarse de manera cuidadosa, pausada y silenciosa, evitando el uso de instrumentos que puedan alterar el estado de ánimo del animal (8).

La recogida, embarque, transporte y desembarque de los animales destinados al camal, influyen principalmente en la calidad de la canal y llegan a generar pérdidas económicas de gran impacto como consecuencia de maltratos y estrés. Esto es una gran determinante en el deterioro de la canal y producción de una carne de mala calidad (12).

Los animales deben ser montados a corrales de embarque de manera pacífica. El período de transporte es considerado como uno de los factores a cuidar debido a que la mayor parte de hematomas ocurren en el transporte, camiones mal adecuados o cambios climáticos (5).

En una investigación realizada en Chimborazo, Ecuador, 2024, se realizaron estudios a 250 variedades de raza de ganado y mediante la toma de muestras de pH se concluyó que el transporte de los animales desde el establo donde conviven hasta el camal puede alterar las propiedades físicas y sensoriales de la carne, especialmente el pH; se encontraron valores de 5,4 y 5,6; este rango se logra cuando el método de sacrificio es el adecuado lo cual permite que la carne tenga una apariencia rojo intenso. Es por ello que en los camales se presta total atención al control de los niveles de pH, color y textura en la canal de los animales que han sido sometidos a estrés durante el transporte (14).

En una investigación realizada en Uppsala, Suecia, 2015 mediante el uso de kits de cortisol de radioinmunoensayo Coat-A-Count se concluyó que la concentración sanguínea de cortisol

presentaba una relación inversa con el tiempo de transporte. En cuanto la glucosa en sangre fue más elevada en vacas a las 12 horas de viaje mientras que en toros aumentó con el tiempo de transporte. El lactato sanguíneo en vacas se incrementó proporcional al tiempo de traslado. En toros, aumentó un 25% a las 12 horas, aunque en invierno este incremento se detuvo a las 8 horas para luego descender. Por otro lado, la creatina kinasa en vacas alcanzó su nivel máximo a las 12 horas de transporte, mientras que en toros las variaciones dependían de acuerdo con la época estacional (15).

2.2.5. Mezcla de lotes y tiempos de espera en corrales

Esta práctica no solo cumple con las directrices y guías de bienestar animal, sino que también promueve la recuperación del glucógeno durante los períodos de descanso, disminuyendo la temperatura y reduciendo la pérdida de líquidos por goteo, disminuyendo la incidencia de carnes PSE cuando el sacrificio se realiza inmediatamente tras el desembarque (9).

En una investigación realizada en Van, Turquía, 2016 se evaluaron 118 toros cruzados con Brown Swiss y Simmental, se concluyó que los toros que esperaron sin estar atados en los lotes presentaron valores más altos de pH (7,06 frente a 5,31; $p < 0,01$) en comparación con aquellos que permanecieron atados durante la espera en el matadero. Se observaron efectos significativos de la edad, tiempo de espera y el tipo de espera en la prevalencia del corte oscuro con un promedio del 24,78 %. Como resultado, se determinó que el porcentaje de carnes DFD era alto y el corte oscuro era un problema grave (16).

2.2.6. Temperamento animal

El temperamento animal se describe como la forma en que un animal manifiesta su miedo ante situaciones que percibe como un desafío. Este factor es importante a considerar ya que demuestra como el estrés influye en la calidad de la carne. Los animales con un temperamento de fácil excitabilidad muestran una reacción considerable al estar sometido al estrés (17).

Animales de temperamento nervioso como la raza *Bos Indicus* tienen una mayor susceptibilidad de presentar mayores niveles de estrés durante actividades como la marcación, vacunación, vermifugación, castración, pesaje y transporte; las cuales producen miedo en el animal, deshidratación, hambre y abuso de la actividad física; que llegan a producir fatiga y lesiones en los animales (18).

2.3. Efecto del estrés sobre la producción ineficiente

Las condiciones de estrés durante la etapa de producción de engorde pueden reducir el consumo de alimentos, bajas ganancias de peso y aumentar la incidencia de enfermedades. Estos factores llevan a que los animales sean menos eficientes, permanezcan más tiempo en los sistemas de explotación y retrasen el tiempo en que alcanzan el estado óptimo para el sacrificio (9).

Según Munilla et al. (2022), en los sistemas de engorde de corral, el confinamiento y la acumulación de barro resaltan como factores de estrés, especialmente si la estructura es ineficiente y el manejo de los desechos es inadecuado afectando al bienestar animal. La superficie de cada corral que debe ser asignada para cada animal en etapa de engorde oscila entre 10 a 20 m². Una estrategia sencilla y de fácil acceso para mitigar los efectos negativos del confinamiento es garantizar una mayor superficie a los animales (4).

Según Carrasco et al. (2020), los problemas frecuentes provocados por el estrés en el ganado bovino son la alteración de la calidad cárnica, pérdidas de peso y lesiones en la canal provocados por el aumento del pH (mayor a 5.8), afectando de manera relevante la presentación, coloración y terneza de la carne (6).

2.3.1. Respuesta fisiológica al estrés (hormonas del estrés)

El estrés, tanto de tipo físico como psicológico, provoca en los animales respuestas conductuales como por ejemplo atacar al personal, huir o quedarse inmovilizados y fisiológicas como son: el incremento de la frecuencia cardíaca y liberación de hormonas como el cortisol, la adrenalina y noradrenalina para enfrentar alguna amenaza que esté presente en el entorno (19).

Estas reacciones tienen una gran influencia antes de sacrificar al animal, ya que alteran de manera notoria la forma en que los músculos metabolizan la energía y, por lo tanto, influyen en la calidad de la carne. La activación del sistema nervioso simpático eleva los niveles de las catecolaminas, lo que a su vez incrementa la frecuencia cardíaca y promueve la degradación del glucógeno muscular, sobre todo si el músculo está en actividad (20).

El estrés psicológico intensifica los efectos negativos del esfuerzo físico previo al sacrificio, lo que reduce las reservas de glucógeno y eleva el pH de la carne. En casos más extremos se presenta la aparición de piezas cárnicas oscuras, firmes y secas. Factores como la alimentación, las épocas estacionales del año e incluso el momento del día pueden influir directamente en este proceso (17).

Tanto las catecolaminas como el cortisol aumentan la disponibilidad de glucosa en sangre, que es la responsable de proveer energía al organismo. Para ello se activan procesos metabólicos como la proteólisis, lipólisis y gluconeogénesis en el hígado, lo que facilita la conversión de aminoácidos y lactato en glucosa (19).

Dependiendo de la duración de la exposición de factores que influyen en el estrés, existen 2 tipos de respuestas metabólicas: La respuesta inicial o aguda que puede durar desde minutos hasta horas y está mediada por el sistema simpático-adrenomuscular. Durante esta fase, las catecolaminas se liberan en circulación y se pueden metabolizar entre 1 a 3 minutos (20).

La respuesta tardía o crónica se manifiesta después de días o semanas como parte de un proceso de aclimatación a un estrés prolongado, y está gestionada por el eje HPA (hipotálamo-pituitario-adrenal). Este eje libera glucocorticoides unos 15 minutos antes de la activación del sistema simpático-adrenomuscular aumentando los niveles basales de cortisol en sangre (9).

En un estudio realizado en Colorado, Estados Unidos, 2024 mediante el uso de un kit de radioinmunoensayo comercial concluyeron que el cortisol sérico promedió 21.70 ± 11.30 ng/ml y este varió de 0,08 a 77.40 ng/ml. Las concentraciones promedio más altas de cortisol estuvieron asociadas con el ganado de mayor peso, ganado que estuvo mayor tiempo en el camión de embarque, aquellos que presentaron hematomas en carcasa y también los que no tuvieron hematomas en carcasa. No hubo evidencia alguna de una vinculación entre sexo, densidad de estabulación y concentraciones del cortisol (21).

2.3.2. Efecto del estrés sobre el pH y otras condiciones del músculo

La incidencia del estrés presacrificio en ganado bovino reduce las reservas de glucógeno muscular, impidiendo la adecuada acidificación postmortem y dando lugar a carnes DFD, que son conocidas por presentar un pH superior a 6. La presencia de un pH elevado en la carne favorece la retención de agua y susceptibilidad a la contaminación microbiana. Mantener niveles óptimos de glucógeno es fundamental para alcanzar valores de pH estables y obtener una buena calidad de la carne (7).

El manejo previo al sacrificio puede generar estrés en los animales, provocando alteraciones metabólicas y hormonales que influyen negativamente en la calidad de la carne afectando parámetros como el pH, color, textura y la capacidad de retener agua. Además, el estrés puede ocasionar pérdidas de peso, lesiones y hematomas disminuyendo el valor comercial (22).

Los cortes pálidos, blandos y exudativos además de los cortes oscuros, representan considerables pérdidas económicas y son un fuerte indicativo de bienestar animal deteriorado. Estos problemas pueden originarse en el establo, durante el transporte o en el centro de faenamiento (20).

En estudio realizado en Clayton, Panamá, 2024 se concluyó que tanto el peso del animal como sus reservas en el organismo influyen en la aparición de cortes de carnes oscuras. Ejemplares con pesos menores de 208,8 kg, mostraron valores de pH elevados a comparación de aquellos de peso mayor que registraron promedios de 241,7 kg. Un peso que esté cerca a los 250 kg se podría considerar como un punto referente para disminuir la tasa de cortes de carnes oscuras. El 16.2% de muestras presentaron este inconveniente, la mayoría provinieron de una misma finca. Estos resultados indican que prácticas previo al sacrificio como el transporte, mezcla de ambos sexos y gestión en el matadero influyeron en el pH en músculo y consecuentemente en la calidad final de la carne (23).

2.4. Calidad de la carne: Criterios de evaluación

2.4.1. Carnes oscuras y pálidas DFD (Dark, Firm, Dry)

Los cortes oscuros, también denominados DFD, se distinguen por tener un pH superior a 5.8 desde las 24 a 48 horas después del sacrificio, exponiendo un color más intenso, alta capacidad de retención de agua, cambios en la terneza y tienen una elevada probabilidad de contaminación microbiana en cortos periodos de almacenamiento (24).

La condición de carne DFD se desarrolla cuando el ganado sufre estrés físico y psicológico previo al sacrificio agotando las reservas de glucógeno dificultando la acidificación normal. La transformación del músculo en carne involucra procesos de acidificación, rigor mortis y maduración influenciados por factores como duración y la temperatura de maduración, el genotipo y especie (2).

Además, la activación de las enzimas proteolíticas como calpaínas, catepsinas y caspasas es crucial para la descomposición de las fibras. Algunas razas son más propensas a desarrollar carnes DFD por su menor resistencia al estrés y prolongado tiempo de recuperación. El transporte del ganado afectado por la duración del viaje y espacio disponible puede generar estrés en los animales, incrementando las posibilidades que se desarrolle esta calidad cárnica (25).

En un estudio realizado en Colorado, Estados Unidos se determinó que en los lotes de sacrificio de ganado Holstein, lotes con una influencia -25% de Bos Taurus se asoció con una disminución de las probabilidades que una pieza cárnica se clasificara como oscura y en lotes de ganado de +25% de Bos Indicus se asoció con un aumento de probabilidad de que la carne sea clasificada como oscura dando como resultados de que la raza influye en la variabilidad de la calidad de la carne (26).

Un método alternativo para valorar la capacidad de retención de agua en la carne es la evaluación de pérdidas por cocción, este método representa el porcentaje de agua perdida por evaporación que ocurre por efecto de calor y el porcentaje de peso que pierde cuando el exudado de la carne cae al recipiente y se adhiere a esta sin evaporarse en su totalidad (27).

2.4.2. Criterios de evaluación de carne DFD

La carne DFD se identifica por su apariencia externa, que varía de una coloración rojo violáceo hasta casi negro. Existen métodos basados en la medición del potencial glucolítico en músculo mediante las concentraciones de lactato, glucógeno y glucosa (28).

Otro método que es más empleado, es la determinación del pH del músculo a las 24 o 48 horas postmortem; el valor del pH estandarizado es 6.14, pero este procedimiento puede resultar costoso en reactivos y personal capacitado. Otra técnica es la colorimetría la cual determina el brillo y la intensidad de coloración amarilla o roja, factores que se relacionan con los niveles de pH y carga oxidativa (24).

En una investigación realizada en Cotopaxi, Ecuador, 2024, se trataron 250 reses entre ellas 40 de la raza Brahman, 80 Brown Swiss, 50 Jersey y 80 Girolando; para determinar la exudación y textura se determinó mediante un análisis de compresión a prueba de penetración usando un texturómetro, se concluyó que la raza Brahman presentó una textura dura y una coloración rojo pálido, poca retención de agua debido a factores de estrés previo al sacrificio, incidiendo con la coloración final de la carne (14).

2.5. PSE (Palid, Soft, Exudative)

Ocurre cuando hay una rápida disminución de pH mientras que la temperatura está elevada, las proteínas llegan a desnaturalizarse hasta alcanzar su punto isoeléctrico, lo que impide la retención de agua. Como resultado, el agua se libera hacia el espacio intercelular lo que causa que las carnes presenten exudación y adquieran una coloración pálida. Esto indica una desnaturalización de la mioglobina, con valores de pH de alrededor 5.4 y 5.6. (29).

En una investigación realizada en Cotopaxi, Ecuador, 2024 se trataron 250 reses entre ellas 40 de la raza Brahman, 80 Brown Swiss, 50 Jersey y 80 Girolando, se determinó la exudación y textura mediante un análisis de compresión a prueba de penetración usando un texturómetro, se concluyó que las razas Girolando y Brown Swiss presentan características exudativas, lo que indica retención mínima de agua. Como resultado esta característica no afecta en el color, pero si en jugosidad, percepción y calidad de la carne (14).

2.5.1. pH inicial y final

El pH muscular refleja tanto las reservas de energía a nivel muscular como el tipo de manejo previo al sacrificio. Normalmente disminuye de 7.2 a valores cerca de 5.4. Si el pH supera rangos de 6.0 a 6.2, la carne adquiere una coloración oscura influenciada por factores como alimentación, edad, tiempo de transporte, condiciones climáticas, empleo de implantes hormonales, períodos de descanso previo al sacrificio, temperamento e incidencia de enfermedades de cuadro subclínico (2).

El agotamiento de glucógeno postsacrificio dificulta la producción de ácido láctico, incrementando el pH. Para que el pH alcance alrededor de 5.5 el músculo debe contar con al menos 57 μ moles de glucógeno por gramo. Una vez que los valores de pH aumentan disminuye la formación de oximioglobina responsable del color deseable, dándole una tonalidad más oscura y con una apariencia más brillante (23).

En un estudio realizado en Colorado, Estados Unidos, 2024, para determinar los valores de pH mediante el medidor de pH portátil Orion Star A121 y electrodo de pH bulbo resistente combinado se concluyó que 5.000 muestras de carcasas dieron valores de pH muscular postmortem medio de 5.53 ± 0.12 y bordeaba entre 5.20 y 6.56. La movilidad se asoció como un factor en el pH muscular, ya que el pH era menor en el ganado con movilidad reducida en comparación con el ganado con movilidad normal, los valores de pH que dieron fueron de 5.54 ± 0.009 frente a 5.51 ± 0.011 . (21).

2.5.2. Color y estabilidad del color

La apariencia y consistencia de la carne son factores fundamentales para evaluar la calidad y ambas están ligadas al nivel de estrés que soporta el animal antes de ser sacrificado. Si sufre un estrés breve pero intenso justo antes del faenamiento, la carne se presentará pálida, suave y exudativa. Por otra parte, si el animal logra experimentar un período prolongado de tensión que consume sus reservas de glucógeno en el músculo, la carne será oscura, firme y seca (14).

El color de la carne no solamente es una característica de impacto económico debido a que el consumidor se orienta para realizar la compra, sino que carnes de color oscuro y un elevado pH no son aptas para ser envasadas al vacío, debido a que son un medio de cultivo para microorganismos haciendo que la carne no perdure por un tiempo prolongado; las carnes son admitidas en la industria cárnica con valores de pH de hasta un 5.7 (29).

2.5.3. Terneza, jugosidad, sabor y capacidad de retención de agua

2.5.3.1. *Terneza de la carne*

La terneza de la carne es una cualidad importante de satisfacción del consumidor. El estrés que se presenta en los animales previo al sacrificio afecta la fuerza de corte y proceso de maduración de la carne (29).

Al evaluar esta variable de manera sensorial, es considerada la facilidad en la que se perfora la carne con en el proceso de masticación, la facilidad de desmenuzarla al masticar y cantidad de residuos que quedan luego de la masticación (30).

En una investigación realizada en San Roque, Colombia en el año 2021 se realizó un estudio a una cantidad de 77 ejemplares machos de la raza blanco orejinegro (BON) se concluyó que la calidad de la carne de esta raza mejora de manera significativa tras un período de 14 días de maduración, destacándose atributos de gran impacto para el consumidor como la terneza y la capacidad de retención de agua. Además, se determina que la carne de BON con 37 días de maduración alcanza atributos de terneza, jugosidad y sabor, factores decisivos de la palatabilidad de la carne (31).

2.5.3.2. *Jugosidad de la carne*

La jugosidad depende de la capacidad que tiene la pieza cárnica para retener agua, contenido graso, metabolismo muscular previo al rigor mortis y la percepción del degustador. La jugosidad inicial es asociada con el agua que se libera al masticar la carne mientras que la jugosidad es vinculada con el contenido graso que estimula las secreciones salivales (30).

Las pérdidas de peso por cocción es la forma básica de medir la capacidad de retención de agua en las piezas cárnicas, afecta el rendimiento, es decir, la pérdida de peso, pero una carne que tenga una menor capacidad de retener agua perderá nutrientes tales como minerales, algunas vitaminas y proteínas, tendrá menos jugosidad y menor calidad sensorial (32).

2.5.3.3. *Sabor de la carne*

El sabor de la carne emerge entre estímulos gustativos y olfativos, está influenciado por factores físicos como raza, sexo, edad, y químicos como el perfil de ácidos grasos que son condicionantes de la generación de aroma en la cocción. El sabor es uno de los componentes principales para satisfacer al consumidor y calidad mundial de la carne, siendo este el segundo atributo que influye luego de la ternura (25).

El grado de marmoleo se refiere a la cantidad de grasa intramuscular y juega un papel fundamental en la mejora de las características sensoriales de la carne, como el sabor, ternura y jugosidad. La grasa veteada facilita la masticación, ya que disminuye la densidad y la tensión entre las fibras de tejido conectivo. Además, la grasa infiltrada, que es la última en depositarse, tiene un impacto positivo sobre la ternura, palatabilidad y jugosidad (32).

2.5.3.4. *Calidad sensorial de la carne*

Puede verse influenciado por una variedad amplia de factores previos y posteriores al sacrificio, entre ellos la raza y edad del animal, sistema de producción, estrés presacrificio y postsacrificio viéndose influenciado las prácticas en la planta, método y duración del envejecimiento, sistema de envasado, método de cocción, entre otros (33).

El color es una de las características sensoriales que tiene mayor relevancia en la carne debido al impacto que tiene en las decisiones de compra de los consumidores. Estos tienden a asociar el color rojo brillante con fresca y buena calidad percibiendo cualquier variación del tono ya mencionado como indicios de menor o mala calidad (6).

2.6. Normativas y estándares de la calidad cárnica

Los productos cárnicos que son seleccionados para exportación y consumo interno deben cumplir con requisitos como seguridad alimentaria, calidad sensorial basadas a las exigencias del consumidor, bienestar animal y funcionalidad. Un desarrollo e implementación de buenas estrategias de producción cárnica bovina resultan de gran relevancia para alcanzar estándares de calidades que han sido exigidos por el mercado actual (4).

Para obtener una res con un alto rendimiento industrial es de gran necesidad contar con 2 elementos fundamentales: una conformación óptima y una terminación adecuada del animal. La conformación se refiere a la correcta distribución del tejido muscular y la grasa en zonas de gran valor comercial, como el cuarto trasero. Es fundamental que la distribución sea

homogénea, ya que de lo contrario podrían presentarse deficiencias nutricionales en las fases de cría y engorde (28).

Otro punto es el color de la grasa, debe ser blanco cremoso o nacarado, lo que refleja una buena crianza y alimentación. Por otro lado, la terminación está relacionada con la cantidad de grasa en proporción a la masa muscular, ajustándose a las demandas del mercado. Un ganado vacuno ideal maximiza la cantidad de músculo en relación al esqueleto y la grasa demandada por el mercado, evitando la disminución de su valor (34).

2.7. Influencia del manejo presacrificio en la calidad de la carne

La muerte del animal interrumpe el suministro de oxígeno al músculo, que pasa a degradar al glucógeno de forma anaeróbica, generando ácido láctico y provocando la disminución del pH. La combinación de un ambiente ácido con altas temperaturas desactiva las enzimas y favorece la descomposición de las proteínas, lo que deteriora el color, la ternura y la jugosidad de la carne (20).

Cuando el pH desciende a 5,9 cesa la actividad celular y se establece el rigor mortis, proceso en el que la actina y miosina forman puentes cruzados irreversibles. Factores como el tipo de fibra muscular, especie, tasa de glucólisis, temperatura, pH y actividad física presacrificio determinan la conversión de músculo a carne, así como en su característica final. Si el músculo contiene reservas de glucógeno, la transformación será normal; de lo contrario, surgen variaciones de pH tras el rigor mortis que afectan la calidad de la carne (9).

Un pH superior a 6 se asocia a una condición de carne DFD, asociado a estrés prolongado y condiciones estacionales del año, especialmente en verano, donde la disminución de reservas de energía previo al sacrificio y a la escasa producción de ácido láctico favorecen un color oscuro, textura firme y seca por aumento de volumen de las fibras musculares y reducción del espacio extracelular (6).

2.7.1. Transporte, ayuno y tiempos de reposo

Un manejo deficiente tanto en el transporte como en la fase previa al sacrificio causa que el músculo pierda glucógeno, no pueda lograr una adecuada acidificación y alcance unos niveles muy elevados de pH.

Los conductores y el personal encargado del corral han sido instruidos en bienestar animal, por lo cual mantienen separados los grupos de animales según su procedencia y poco después de descargar el ganado, los camiones pasan por un proceso de limpieza y desinfección. Una vez

que los animales son instalados al potrero descansan con acceso a agua por lo menos 6 horas previo al sacrificio (10).

Córdoba y Correa et al., indican que aún bajo buenas condiciones de traslado, los animales muestran signos de estrés y algunas lesiones. Hay investigaciones que indican que el transporte sin importar el medio y brevedad impacta al estado físico del animal y la calidad, así como la dureza de la carne. Esto se debe a las alteraciones en el grado de acidez del músculo, en el momento que se presenta el rigor mortis (11).

La ubicación que tengan los animales en el camión ya sea en la parte frontal o trasera influye significativamente en el ritmo cardíaco y en parámetros hormonales como el cortisol. Un viaje más extenso produce cambios en el comportamiento del ganado, haciéndolos más hostiles entre sí y más reacciones ante estímulos externos, lo que junto con el estrés del manejo presacrificio puede afectar la calidad final de la carne (6).

En una investigación realizada en Manabí, Ecuador, un total de 48 toros fueron sometidos a viajes, a las 3 y 6 horas se logró evidenciar que los niveles de cortisol se elevaron en el tiempo de desplazamiento, con estos datos se confirmó que los bovinos regularizan su frecuencia cardíaca en viajes medianos a largos; en viajes cortos la frecuencia cardíaca no disminuyó (35).

2.7.2. Manejo en corrales de espera y su influencia en la calidad final

El sacrificio es llevado a cabo mediante procedimientos tradicionales, y el inspector determina la edad por la dentición del animal, marcándolo con su categoría de edad; también son clasificados según su nivel de engrasamiento, presencia de hematomas, sexo y peso. Una vez que los animales faenados son sellados por el inspector encargado, se pesan, reciben etiquetas de identificación y se lavan con agua para eliminar los residuos de sangre y huesos (9).

Se mantiene a los animales faenados en enfriadores a unos $+4 \pm 1^{\circ}\text{C}$, colgados del tendón de Aquiles, para permitir una buena maduración después de la disminución del pH. Si los valores de pH de la carne logran superar el valor de 6 entre las 12 y 48 horas luego del faenamiento del animal, los cortes cárnicos presentan un aspecto oscuro, firme y seco conocido como carnes DFD con una vida útil corta a consecuencia de la contaminación microbiana (10).

2.8. pH según la raza: patrones característicos

En una investigación realizada en Cotopaxi, Ecuador para determinar los valores de pH se utilizó un potenciómetro calibrado con electrodos específicos para alimentos, el pH de la carne se encontró en valores de 5.4 y 5.6, como es el caso de las razas bovinas Girolando, Jersey

Brown Swiss y Brahman, como resultados el rango de pH indicado se logra cuando los procesos postmortem son los adecuados, permitiendo que la carne presente una apariencia brillante (14).

Las razas de ganado se clasifican en Bos Taurus que es un ganado de ascendencia Europea y Bos Indicus que son ganados adaptados a climas tropicales debido a su rusticidad. Cruces puros de Bos Taurus (Hereford + Angus) ofrecen mayor peso en la carcasa y mejor deposición de grasa intramuscular a comparación de cruces de animales Bos Indicus + Bos Taurus (Brahman, Hereford o Angus). Debido al vigor híbrido los cruces entre los dos grupos de ganado dieron una mayor resistencia y potencial ganancia de peso magro además incluyendo el temperamento agresivo de Bos Indicus que en este caso es el ganado Brahman (28).

El cruce de Bos Indicus da como resultado un color de corte más oscuro y valores de pH más elevados en carne en comparación con el ganado Angus. También se han reportado que existen valores de pH elevados en cruces de ganado Nelore + Aberdeen engordados en corral (25).

En una investigación realizada en la ciudad de León, España en el año 2023 mediante el uso de un Phmetro marca OCS-Tec P16 se midió valores de pH postsacrificio a 79 animales; se concluyó que en la raza de ganado de Lidia el pH postsacrificio de las muestras del músculo glúteo fue de 6.78. Esto da referencia que a pesar de que el manejo de esta raza es complicado no estuvo reflejado en el pH que se obtuvo. Esto puede ser gracias al diseño de las instalaciones del matadero, que brinda un mayor bienestar a los animales previos al sacrificio (36).

En una investigación realizada en la ciudad de Veracruz, México en el año 2020, mediante el uso de un medidor de pH portátil de inserción se realizó la medición de pH en sangre y en músculo que en este caso fue el *longissimus thoracis* a 448 cabezas de ganado de la raza Cebú + Europeo; se concluyó que el 90.4% de las canales presentó un pH mayor a 5.8 con un promedio de pH de 6.3. Este hallazgo fue un indicativo de carnes DFD (6).

En una investigación realizada en la ciudad de Manabí, Ecuador en el año 2021, mediante el uso de tirillas Macherey-Nagel se realizó la medición de pH a 346 animales cruces de la raza cebú se concluyó que el pH de los animales fue de 5.75, mientras que los valores normales de pH de un animal recién faenado deben oscilar en 7.08 a 7.30 con descensos de pH a las 48 horas postsacrificio de 5.5 a 5.7. El pH pudo haber sido afectado por la descendencia de los cruces de razas cebuínas (2).

En una investigación realizada en la ciudad de Santiago de Compostela, España en el año 2020, mediante el uso de un pH portátil digital con sonda de penetración se realizó la medición de pH

en el músculo *longissimus thoracis* a 78 terneros de las razas Austriana de los Valles, Retinta, Rubia Gallega y Warner-Bratzler, se concluyó que los valores de pH oscilan entre 5.48 y 5.79 y por debajo de 5.8 lo que indica ausencia de estrés. Se ha logrado observar diferencias en el contenido de mioglobina relacionado con la condición de la carne DFD entre razas, siendo mayor en Simmental que en Charolais y Limousin. Se afirma mayor incidencia de carnes DFD en ganado Holstein y Angus negro, mientras que las razas Azul Belga y Charolais presentan una menor incidencia (27).

2.8.1. pH según el sexo

En el ganado vacuno, la incidencia de cortes oscuros disminuye a medida que la grasa aumenta en la canal, la grasa protege contra el frío, especialmente en hembras que poseen una mayor composición de grasa. Los machos no capados presentan casos de pH elevados a comparación de machos capados, novillas y vacas, lo cual se debe a su comportamiento irritable, mayor actividad física y estrés (25).

Los toros presentan niveles de pH más altos, seguidos por vacas, vaquillas y novillos, el sexo del animal y su etapa de desarrollo previo al sacrificio afecta la incidencia de cortes oscuros debido a 2 razones: primeramente el comportamiento de cada tipo de ganado como por lo general las montas, peleas entre toros y el comportamiento reproductivo de las hembras; como segundo lugar están las demandas nutricionales que varían con respecto al estado fisiológico del animal como son la gestación, lactancia y las etapas de crecimiento (22).

2.9. Prácticas de bienestar y manejo actuales

Figuroa et al., (2024), manifiesta, que la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) implementa directrices que garantizan un transporte del ganado con mínimos porcentajes de estrés. Previo al embarque es recomendado realizar una manipulación cuidadosa, evitando el uso de instrumentos que puedan causar daño, no mezclar animales de diferentes edades y procedencia, brindar una alimentación adecuada unas semanas antes del viaje, así como también la capacitación del personal (37).

Durante el viaje se debe controlar la velocidad, tiempo de viaje, estado del animal y evitar aglomeraciones del ganado. Al finalizar el viaje, es esencial un desembarque cuidadoso, suministrar agua y alimento, monitorear si hay implementación de bienestar animal en las instalaciones e identificar si hay animales enfermos. Todas estas acciones manifiestan la

importancia de contar con protocolos de seguimiento de bienestar animal en las diferentes etapas del transporte (26).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Localización del estudio

El presente estudio será realizado en el camal municipal de la ciudad de Pasaje. Este se encuentra localizado en la vía principal de la Avenida Jubones vía a Cuenca, las coordenadas de su ubicación geográfica son: Latitud -3,3265303 – Longitud: -79,7839872 y Altitud: 32,5420202 m., Coordenadas UTM: x: 635089 y: 9632266.

Gráfico 1: Área de ubicación del Centro de Faenamiento Municipal de Pasaje.



Fuente: GoogleEarth

Elaborado: El autor.

3.1.2. Población y muestra

La población objetivo de este estudio está conformada por un total de 200 animales en el camal municipal de la ciudad de Pasaje, durante el periodo comprendido de 4 semanas. Se aplicará un muestreo aleatorio simple sobre el grupo de animales, se seleccionarán todo el lote de animales que ingresen por día hasta completar la cantidad total que se tiene previsto. Los criterios a evaluar son los cambios en el pH sanguíneo antes y después del sacrificio, relacionados al estrés

mediante el uso de un Phmetro digital. La evaluación del pH muscular se lo realizará durante 36 horas posteriores al sacrificio, con intervalos de medición de 8 horas (0, 2, 8, 16, 32 y finalmente 36 horas).

3.1.3. Equipos y materiales

Material biológico

- 200 vacunos
- Muestras de sangre
- Muestras de piezas cárnicas (*longissimus dorsi*)

Material físico

- Vasos descartables
- Phmetro digital
- Cuchillos
- Bolsas ziploc
- Guantes
- Overol
- Botas
- Refrigeradora
- Cooler
- Pilas de gel refrigerante
- Cámara fotográfica
- Cuaderno
- Esferos
- Laptop

Material químico

- Agua destilada

3.1.4. Variables

- pH pre y postmortem de la carne
- Calidad de la carne según su presentación.

3.2. MEDICIÓN DE VARIABLES

3.2.1. pH pre y postmortem de la carne

Esta variable es de tipo dependiente de naturaleza cuantitativa continua. Para medir esta variable se utilizó un Phmetro portátil modelo YY-1030 (serie YY-103) fabricado por la empresa Shenzhen Yago Technology).

3.2.2. Calidad de la carne según su presentación

Esta variable es de tipo dependiente de naturaleza cuantitativa continua. La valoración del color se realizó en cada caso a las 36 horas postsacrificio conjuntamente con la última medición de pH.

3.3. MÉTODOS

3.3.1. Metodología de campo

La presente investigación se realizó en el camal municipal de la ciudad de Pasaje, las primeras mediciones del pH se realizaron en el área del sacrificio, luego se obtuvo las muestras de carne del músculo *longissimus dorsi* y se mantuvieron en refrigeración para la medición de pH a las 2, 8, 24 y 36 horas postsacrificio, donde se observaron los cambios de pH y características de la carne. El centro de faenamiento donde se realizó el trabajo cumple con las normativas de bienestar animal y bioseguridad, además sus instalaciones son adecuadas para realizar estos trabajos y la toma de muestras de sangre y musculares.

Se evaluó toda la cantidad de bovinos que ingresaron al camal por semana durante 4 semanas seguidas. Cada animal se identificó con un código de tal manera que se pudo realizar un seguimiento de las mediciones desde el sacrificio y durante el almacenamiento de la carne hasta las 36 horas postmortem.

Los animales llegaron al camal en camiones bajo buenas condiciones de bienestar animal, además se utilizaron encuestas donde se registró el tiempo de transporte y se verificó el estado de los animales. Tras la llegada y descarga de los animales, estos permanecieron en un corral de descanso siguiendo el protocolo de ayuno preestablecido, se registró la hora de ingreso y el tiempo total de ayuno para cada grupo.

Para este trabajo se seleccionaron entre 15 a 30 animales cada día hasta completar las 200 muestras. Durante el sacrificio se siguió el protocolo de aturdimiento de pistola de perno cautivo penetrante y posterior sangrado, se registró la hora de sacrificio de cada animal, durante el desangrado se tomó muestras de sangre en vasos descartables para medir el pH a las 0 horas postmortem.

Para la toma de muestra muscular se identificó la canal correspondiente a cada animal, con la ayuda del personal encargado y se realizó un corte en el músculo *Longissimus dorsi*, extrayendo una porción adecuada (50 gr) para las siguientes mediciones de pH y posteriormente la calidad de la carne según su presentación. Los cortes de musculo fueron almacenados en refrigeración para las mediciones de las variables a estudiar. Se utilizó un equipo digital (medidor de pH/temp. para alimentos modelo YY-1030 (serie YY-103) fabricado por la empresa Shenzhen Yago Technology) para medir el pH en los tiempos establecidos anteriormente.

El manejo de datos se llevó a cabo en una hoja de registro donde se consignaron de manera secuencial la identificación del animal, tiempo de transporte, procedencia, hora de sacrificio, raza, código de identificación de cada animal y tiempos de medición del pH de la carne (0, 2, 8, 16, 24 y 36 horas). Cada muestra se registró con su número de identificación correspondiente para garantizar los resultados. Se verificó la calibración del Phmetro digital antes de medir cada muestra sanguínea, así mismo se aseguró que el método de muestreo y manipulación de muestras sean lo más cuidadoso posible a lo largo de la investigación para minimizar los errores.

3.3.2. Metodología del análisis estadístico

Para el análisis estadístico se empleó el programa Statgraphics Centurion XVI y Excel Office 2019 donde se realizaron los siguientes análisis estadísticos:

Estadística Descriptiva: Media, Desviación estándar, frecuencias y porcentajes.

Correlaciones: Para relacionar pH sanguíneo (indicador de estrés) con cambios en pH muscular.

Reporte de Resultados: Tablas y gráficos con medias $\pm$ DE, p-valores, intervalos de confianza.

Discusión: Se interpretará coherentemente con la fisiología del músculo y el manejo presacrificio.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio los hallazgos obtenidos se alinean de manera precisa con los objetivos específicos formulados. A continuación, se presentan de modo ordenado y detallado, con el fin de demostrar el aporte al cumplimiento de las metas propuestas.

Datos estadísticos de carnes DFD

Comparación de Dos Muestras - Tiempo de viaje y pH de la carne

Tabla 1: Análisis de comparaciones de las muestras aplicado a las variables tiempo de viaje y pH de la carne.

	<i>Tiempo de viaje</i>	<i>pH de la carne</i>
Recuento	98	98
Promedio	85,7143	6,09173
Desviación Estándar	59,8021	0,203318
Coefficiente de Variación	69,7691%	3,3376%
Mínimo	10,0 min	5,9
Máximo	240,0 min	6,84
Rango	230,0 min	0,94
Sesgo Estandarizado	2,35963	6,12618
Curtosis Estandarizada	-1,57527	4,036

En la tabla 1 se detalla que el tiempo de viaje de los animales es variable, con un promedio alto, lo que sugiere que los animales fueron transportados durante periodos largos. Esta variabilidad en el tiempo de transporte genera estrés en los animales, lo que afecta negativamente la calidad de la carne, como lo indica el pH elevado al final, por lo que se mantiene por encima de los valores ideales para carne fresca, indicando la posible formación de carne DFD (Dark, Firm, Dry), con una tonalidad oscura, consistencia más firme y menos jugosa.

La alta dispersión en el tiempo de viaje, con un coeficiente de variación de 69.77%, resalta la importancia de estandarizar los tiempos de transporte para reducir el estrés en los animales. El rango del tiempo de viaje es de 230 min (2,36 h en promedio), reflejando una gran diferencia entre el tiempo más corto y el más largo, lo que hace imposible la estandarización de estos tiempos.

El sesgo estandarizado del tiempo de viaje (2.36) y el pH de la carne (6.13) indican que ambos datos tienen distribuciones sesgadas, aunque en direcciones opuestas. El pH tiene un coeficiente de variación bajo (3.34%), lo que indica que las mediciones de pH son consistentes. El sesgo

en el tiempo de viaje indica que hay más casos de transporte largo, lo que aumenta el estrés en los animales, lo que refuerza la posibilidad de formación de carne DFD.

El control de los tiempos de transporte es fundamental para reducir el estrés en los animales y mejorar la calidad de la carne, ya que los viajes largos contribuyen significativamente a la formación de carne DFD.

La elevada variabilidad observada en el tiempo de viaje ($CV \approx 70\%$) y el pH moderadamente alto ($\mu \approx 6,09$) concuerdan con múltiples estudios que vinculan el estrés por transporte prolongado con la formación de carne DFD (Dark, Firm, Dry). Ramírez et al. (2022) demostraron que tiempos de transporte superiores a 12 h incrementan significativamente el pH final postmortem, mientras que Bulitta et al. (2015) encontraron coeficientes de variación en transporte similares, asociados a mayores incidencias de DFD. Carrasco et al. (2020) describen cómo la dispersión en los tiempos de manejo pre-faena amplía la heterogeneidad de la respuesta bioquímica muscular, reflejada aquí en un sesgo positivo del pH.

Análisis de comparaciones de desviaciones estándar

Tabla 2: *Análisis de Desviaciones Estándar aplicado a las variables tiempo de viaje y pH de la carne.*

	<i>Tiempo de viaje</i>	<i>pH de la carne</i>
Desviación Estándar	59,8021 min	0,203318
Varianza	3576,29	0,0413382
Gl	98	98
Razón de Varianzas= 86512,9		
Intervalos de confianza del 95,0%		
Desviación Estándar de Tiempo de viaje: [52,4413; 69,5857]		
Desviación Estándar de pH de la carne: [0,178292; 0,236581]		
Razones de Varianzas: [57970,7; 129108,]		
Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar		
Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$		
Hipótesis Alt.: $\sigma_1 \neq \sigma_2$		
F = 86512,9 valor-P = 0		
Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$.		

En la tabla 2 la alta desviación estándar del tiempo de viaje (59.80 min) junto con la varianza de 3576.29 indica que existe una amplia variabilidad en los tiempos de transporte, lo que es un

factor estresante importante para los animales. Este estrés impacta directamente en la calidad de la carne, como se observa en el pH elevado. El valor p-valor de 0 de la prueba F sugiere que la variabilidad en los tiempos de transporte contribuye de manera significativa a la variabilidad del pH, y, por lo tanto, a la calidad de la carne, estos resultados concuerdan con la investigación realizada por Carrasco et al. (2020) “*Effect of stress during slaughter on carcass characteristics and meat quality in tropical beef cattle.*”, los períodos largos de transporte aumentan la posibilidad de que los animales desarrollen carne DFD, ya que el agotamiento de glucógeno y la disminución de la acidificación postmortem resultan en carnes más oscuras y secas.

Comparación de Desviaciones Estándar

Tabla 3: *Análisis de Desviación Estándar aplicada a las variables tiempo de viaje y hora de lectura.*

	<i>Tiempo de viaje</i>	<i>Hora lectura</i>
Desviación Estándar	59,8021 min	0
Varianza	3576,29	0
Gl	98	98
Razón de Varianzas= 1		
Intervalos de confianza del 95,0%		
Desviación Estándar de Tiempo de viaje: [52,4413; 69,5857]		
Desviación Estándar de Hora lectura: [0; 0]		
Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar		
Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$		
Hipótesis Alt.: $\sigma_1 \neq \sigma_2$		
F = 1 valor-P = 0		
Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$.		

En la Tabla 3, la desviación estándar del tiempo de viaje (59.80 min) muestra una gran dispersión en los tiempos de transporte, mientras que la desviación estándar de la hora de lectura es 0, lo que indica que las mediciones de pH se realizaron consistentemente a las 36 horas postmortem. Este hecho subraya la importancia de medir el pH en momentos clave, ya que las variaciones en el pH postmortem influyen directamente en la clasificación de la carne, lo que concuerda con el estudio realizado por Munilla et al. (2022) “*Contribución del bienestar animal a la calidad de la carne vacuna.*”, el estrés generado por largos tiempos de transporte puede

alterar la calidad de la carne al afectar la glucólisis postmortem, lo que genera un pH elevado y una mayor formación de carne DFD.

Análisis de Una Variable - pH de la carne

Tabla 4: Resumen estadístico para pH de la carne.

Recuento	98
Promedio	6,09173
Mediana	6,015
Moda	5,9
Desviación Estándar	0,203318
Coefficiente de Variación	3,3376%
Mínimo	5,9
Máximo	6,84
Rango	0,94
Sesgo Estandarizado	6,12618
Curtosis Estandarizada	4,036

La Tabla 4, demuestra que los resultados inciden en la calidad de la carne de bovino con un pH relativamente constante dentro de la muestra, con una ligera tendencia hacia un pH ligeramente alcalino, lo cual podría estar relacionado con el estrés presacrificio o el manejo de los animales antes del sacrificio. Este sesgo positivo y la curtosis apuntan a que la mayoría de los valores del pH son bajos, con excepción de algunos valores más altos que indican una distribución más concentrada en torno a la media, lo que podría ser importante para evaluar la calidad de la carne y su relación con el estrés o el manejo presacrificio. El sesgo estandarizado elevado ($\approx 6,13$) y la curtosis positiva ($\approx 4,04$) indican una cola de valores altos de pH que enfatiza la presencia de muestras con estrés extremo pre-sacrificio. Estudios de Odeón y Romera (2017) han reportado perfiles de curtosis similares en canales sometidas a manejo abrupto, y Terlouw et al. (2021) asocian sesgos positivos en la distribución del pH con fallas en el aporte de glucógeno muscular durante el transporte.

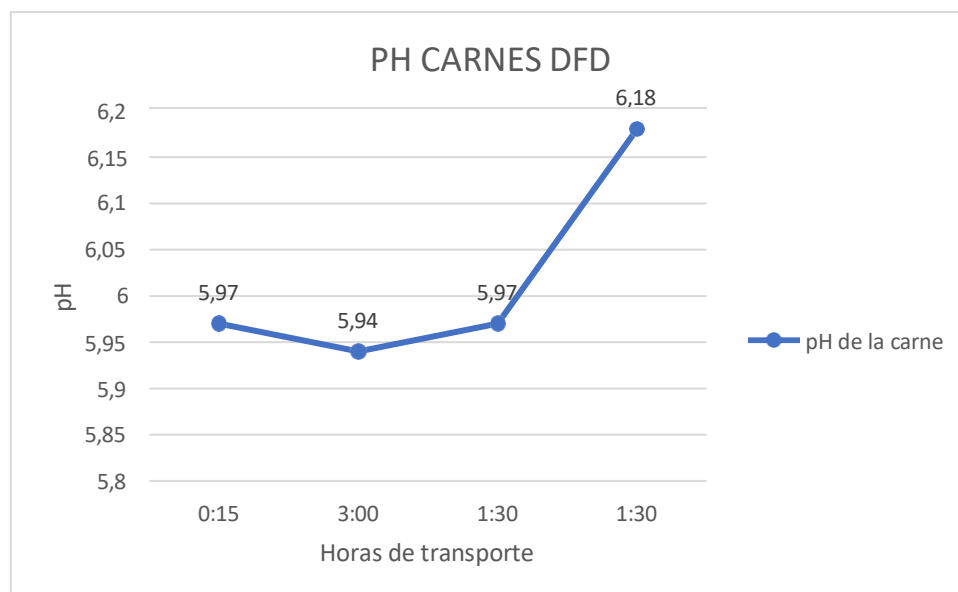
Intervalos de Confianza para pH de la carne

En el análisis del pH de la carne, los intervalos de confianza al 95% permiten estimar con fiabilidad la media y la dispersión poblacionales:

- **Media:** $6,09173 \pm 0,04076$, es decir, con un 95 % de confianza el pH promedio real se sitúa entre 6,05097 y 6,13250.
- **Desviación estándar:** se estima entre 0,17829 y 0,23658, lo que refleja la variabilidad poblacional del pH.

En todos los casos, $p\text{-valor} < 0,05$, lo que indica que ni la media ni la mediana del pH son cero y que la desviación estándar difiere de 1, con un 95 % de confianza. Las pruebas de signos y de rangos confirman estos hallazgos de forma no paramétrica y la prueba χ^2 corrobora que la variabilidad del pH es distinta de la unidad. Este conjunto de resultados refuerza la solidez estadística de la estimación del pH y su dispersión, esenciales para evaluar cómo el manejo presacrificio influye en la calidad final de la carne.

Gráfico 2: Variación del pH de carnes DFD en comparación a los tiempos de transporte del grupo 1.

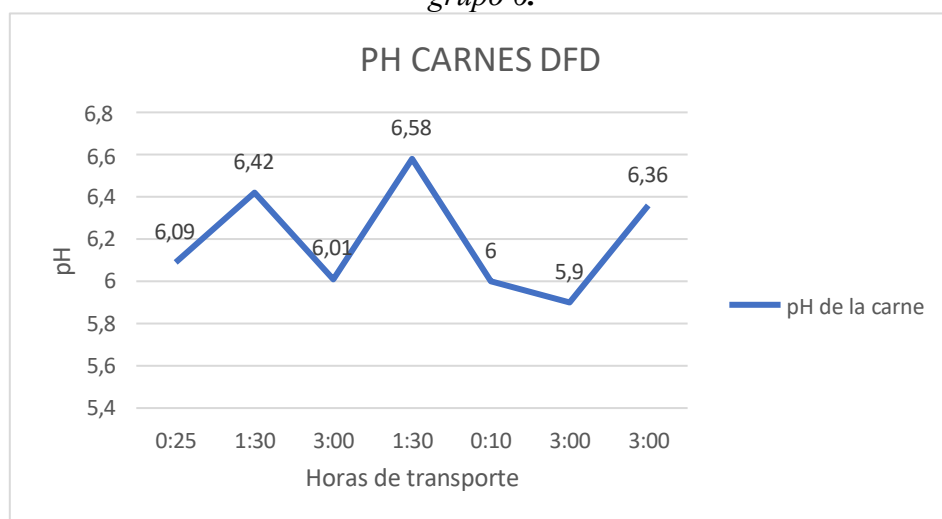


En el gráfico 2, los valores de pH reflejan una carne de tipo DFD (Dark, Firm, Dry), caracterizada por un pH más alto debido al estrés prolongado que los animales experimentan antes del sacrificio. El pico de subida hacia 6.2 es indicativo de un estrés prolongado que afecta la capacidad de los músculos para producir ácido láctico de manera eficiente, lo que resulta en un pH más elevado de lo habitual.

Picos de bajada: En este caso, no se observan picos de bajada significativos, ya que el pH se mantiene relativamente constante antes del aumento hacia el final. Sin embargo, la

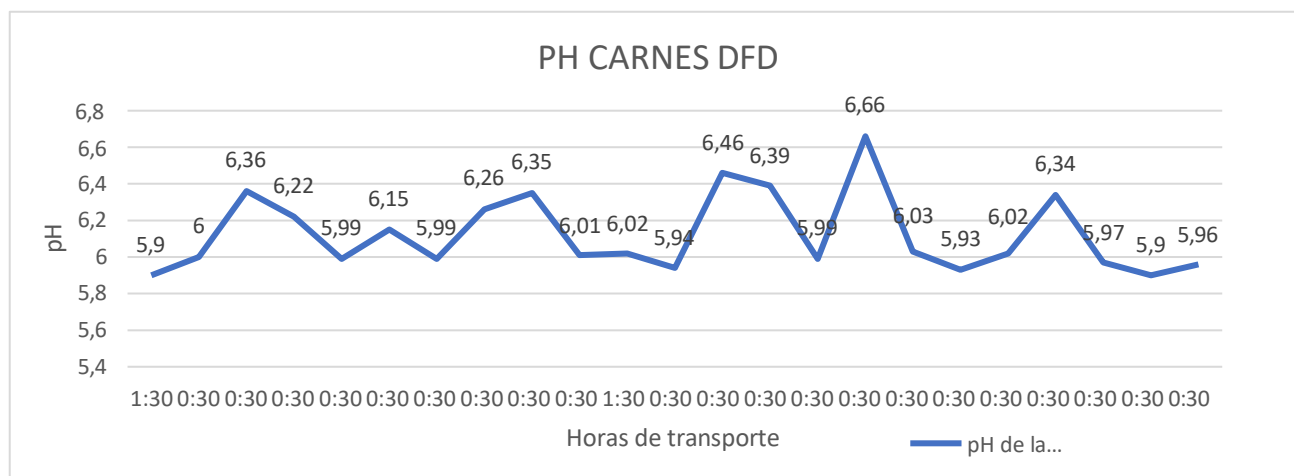
estabilización inicial del pH alrededor de 5.9 indica que, aunque el animal está sometido a estrés, no hay una acumulación significativa de ácido láctico en los primeros momentos del transporte. El ascenso súbito del pH hacia 6,2 sugiere agotamiento de glucógeno y caída en la producción de ácido láctico tras largos periodos de transporte, coincidiendo con lo reportado por Ramírez et al. (2022) para trayectos superiores a 48 h y con las dinámicas metabólicas descritas por Odeón y Romera (2017) en ganado estresado.

Gráfico 3: Variación del pH de carnes DFD en comparación a los tiempos de transporte del grupo 6.



En el gráfico 3, los picos de subida y bajada reflejan el estrés metabólico durante el transporte, lo que resulta en carne DFD. El primer pico de bajada refleja un aumento en la producción de ácido láctico, lo que provoca un descenso del pH. Este descenso es una respuesta esperada cuando los músculos están sometidos a estrés y utilizan glucógeno para generar energía. El aumento hacia 6.2 indica que, a medida que los animales agotan sus reservas de glucógeno, la producción de ácido láctico disminuye, lo que permite que el pH suba. Este patrón es característico de la carne DFD, en la que el pH permanece elevado debido al agotamiento de glucógeno. El patrón de descenso-inicial seguido de recuperación del pH es consistente con el modelo de respuesta adaptativa al estrés, donde un primer pico de acidificación da paso a una alcalosis al agotarse el glucógeno. Este fenómeno ha sido caracterizado por Carrasco et al. (2020) en bovinos tropicales y por Bulitta et al. (2015) en condiciones de transporte prolongado.

Gráfico 4: Variación del pH de carnes DFD en comparación a los tiempos de transporte del grupo 7.



En el gráfico 4 los picos de subida y bajada reflejan el comportamiento típico del estrés prolongado en los animales, lo que resulta en carne DFD. A medida que los animales están siendo transportados, la acumulación de ácido láctico provoca una caída del pH. Sin embargo, este descenso no es tan pronunciado, ya que los animales se están adaptando al estrés. Los picos de subida indican momentos en los que la producción de ácido láctico disminuye y el pH aumenta, reflejando la adaptación del metabolismo de los animales, lo que es característico de la carne DFD, estos resultados tienen relación con los obtenidos en el trabajo realizado por; Grisonet al. (2012) atribuyen esta respuesta a diferencias individuales en temperamento y manejo previo al sacrificio, mientras que Hernández et al. (2023) describen cómo manejos más suaves pueden atenuar los picos de acidificación muscular.

Datos estadísticos de carnes PSE

Comparación de Dos Muestras - Tiempo de viaje y pH de la carne

En el análisis comparativo de las dos muestras (tiempo de viaje vs. pH de la carne), se obtuvieron los siguientes resultados:

Intervalos de confianza al 95%

- **Diferencia de medias** (asumiendo varianzas iguales): $95,86 \pm 36,57 \rightarrow [59,29; 132,43]$

La diferencia de medias entre el tiempo de viaje y el pH de la carne PSE es de 95,86 unidades, con un rango entre 59,3 y 132,4 min. Esto significa que, en promedio, el tiempo de viaje y el pH de la carne tienen una diferencia notable, pero la imprecisión en los datos del tiempo de viaje hace que esta diferencia no sea completamente clara o confiable.

Comparación de Desviaciones Estándar

Tabla 5: *Análisis de comparaciones de Desviaciones Estándar de dos muestras de datos aplicado a las variables tiempo de viaje y pH de la carne.*

	<i>Tiempo de viaje</i>	<i>pH de la carne</i>
Desviación Estándar	12,0208	0,0141421
Varianza	144,5 min	0,0002
Gl	1	1
Razón de Varianzas= 722500,		
Intervalos de confianza del 95,0%		
Desviación Estándar de Tiempo de viaje: [5,36319; 383,586]		
Desviación Estándar de pH de la carne: [0,00630963; 0,451278]		
Razones de Varianzas: [1115,33; 4,68028E8]		
Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar		
Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$		
Hipótesis Alt.: $\sigma_1 \neq \sigma_2$		
F = 722500, valor-P = 0,00149793		
Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$.		

En la Tabla 5 se compara la dispersión de las dos variables clave (tiempo de viaje y pH de la carne) mediante un análisis de sus desviaciones estándar: La variabilidad del tiempo de transporte es significativamente mayor que la del pH de la carne (F superior y p-valor muy bajo). Esto sugiere que, mientras el pH se mantiene prácticamente constante, el manejo presacrificio (reflejado en la duración del viaje) presenta fluctuaciones relevantes. Sin embargo, la fiabilidad de estos resultados está limitada por el reducido número de observaciones ($n=2$), lo que hace los intervalos de confianza muy amplios, concuerda plenamente con el estudio de Bulitta et al. (2015) que documentan varianzas de pH casi nulas en PSE tras transportes cortos, y Carrasco et al. (2020) observan que bajos coeficientes de variación en pH ($\leq 1\%$) son indicativos de PSE.

Análisis de comparaciones a las variables tiempo de viaje y Hora de lectura.

Tabla 6: *Análisis de comparaciones de dos muestras de datos aplicado a las variables tiempo de viaje y hora de lectura.*

	<i>Tiempo de viaje</i>	<i>Hora de lectura</i>
Recuento	2	2
Promedio	101,5 min	36,0

Desviación Estándar	12,0208	0
Coefficiente de Variación	11,8432%	0%
Mínimo	93,0 min	36,0
Máximo	110,0 min	36,0
Rango	17,0	0
Sesgo Estandarizado		
Curtosis Estandarizada		

En la Tabla 6, se comparan dos muestras ($n=2$) correspondientes a tiempo de viaje (93–110 min) y hora de lectura (siempre 36 h): Esto confirma que las medias de ambas variables difieren significativamente. Aunque la distribución no cumple normalidad, la diferencia media entre tiempo de viaje y hora de lectura es suficientemente grande y consistente como para rechazar que ambas medias sean iguales. No obstante, dada la muestra mínima (solo dos observaciones por variable) y la violación de normalidad, estos resultados deben considerarse exploratorios, como lo manifiesta Munilla et al. (2021) que advierten sobre la falta de validez estadística en $n < 3$ y varianza nula en una de las variables, esto evidencia la imposibilidad de comparar dispersiones clásicas con muestras mínimas.

Comparación de Desviaciones Estándar

Tabla 7: *Análisis de comparaciones de Desviaciones Estándar de dos muestras de datos aplicado a las variables tiempo de viaje y hora de lectura.*

	<i>Tiempo de viaje</i>	<i>Hora de lectura</i>
Desviación Estándar	12,0208	0
Varianza	144,5 min	0
Gl	1	1
Razón de Varianzas= 1		
Intervalos de confianza del 95,0%		
Desviación Estándar de Tiempo de viaje: [5,36319; 383,586]		
Desviación Estándar de Hora de lectura: [0; 0]		
Razones de Varianzas: 1		
Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar		
Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$		
Hipótesis Alt.: $\sigma_1 \neq \sigma_2$		
F = 1 valor-P = 0		
Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$.		

En la Tabla 7, se llevó a cabo un test F para evaluar si las desviaciones estándar del tiempo de viaje y de la hora de lectura difieren significativamente, acompañado de intervalos de confianza al 95% para cada parámetro: La hora de lectura, al tener varianza cero, impide una comparación clásica de dispersión; su CI degenerado ([0;0]) indica que no hay dispersión para comparar. Todas estas pruebas suponen normalidad de las poblaciones, un supuesto imposible de verificar con muestras de tamaño 2 y varianza cero, resultados que concuerdan con Zambrano et al. (2021) como Condori (2019) señalan que estas pruebas requieren tamaños muestrales mayores para cumplimentar el supuesto de normalidad.

Análisis de Una Variable - pH de la carne

Tabla 8: Resumen estadístico para pH de la carne.

Recuento	2
Promedio	5,64
Desviación Estándar	0,0141421
Coefficiente de Variación	0,250747%
Mínimo	5,63
Máximo	5,65
Rango	0,02
Sesgo Estandarizado	
Curtosis Estandarizada	

La Tabla 8 indica que pH de las carnes PSE muestra muy poca variabilidad, con una media de 5,64, lo que sugiere un estrés moderado antes del sacrificio. La desviación estándar es extremadamente baja, lo que indica que las mediciones son consistentes. El rango de pH va de 5,63 a 5,65, sin grandes fluctuaciones, lo que refleja la característica de las carnes PSE. El intervalo de confianza para el pH está entre 5,513 y 5,767, lo que confirma la estabilidad en las mediciones. En resumen, el pH de las carnes PSE es consistente y varió de manera significativa bajo las condiciones de manejo evaluadas. Por lo tanto, la media de pH $\approx 5,64$ y CV $\approx 0,25\%$ son típicos de carnes PSE (pH final $< 5,7$), como lo reporta Prado et al. (2018) y Bulitta et al. (2015) coinciden en que pH similares y desviaciones inferiores son rasgos de PSE.

Tabla 9: Tabla de frecuencias para pH de la carne.

	Límite	Límite			Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia
--	--------	--------	--	--	------------	------------	------------

Clase	Inferior	Superior	Punto Medio	Frecuencia	Relativa	Acumulada	Rel. Acum.
	menor o igual	5,62		0	0,0000	0	0,0000
1	5,62	5,63	5,625	1	0,5000	1	0,5000
2	5,63	5,64	5,635	0	0,0000	1	0,5000
3	5,64	5,65	5,645	1	0,5000	2	1,0000
4	5,65	5,66	5,655	0	0,0000	2	1,0000
	mayor de	5,66		0	0,0000	2	1,0000

La tabla 9 presenta la distribución de frecuencias del pH de la carne en dos observaciones, agrupadas en intervalos de 0,01 unidades: El pH de la carne postmortem muestra homogeneidad extrema en estas dos observaciones, lo que sugiere que, bajo las condiciones de manejo presacrificio evaluadas, el pH final no varió significativamente y este patrón es descrito por García et al. (2021) en muestreos de PSE con rangos $\leq 0,02$ unidades.

Análisis de Una Variable - Tiempo de viaje

Tabla 10: Resumen estadístico para tiempo de viaje.

Recuento	2
Promedio	101,5
Desviación Estándar	12,0208
Coefficiente de Variación	11,8432%
Mínimo	93,0
Máximo	110,0
Rango	17,0
Sesgo Estandarizado	
Curtosis Estandarizada	

La Tabla 10 resume los estadísticos descriptivos para el tiempo de viaje en una muestra muy reducida ($n=2$):

Tendencia central y dispersión

- El tiempo medio de transporte de los animales es de 101,5 h, con una variabilidad moderada ($SD \approx 12$ h), lo que refleja diferencias prácticas en las rutas o condiciones de viaje.

La media de 101,5 h y $CV \approx 11,8\%$ en $n=2$ no permite generalización, pero sugiere rutas discretas. Vélez y Cobo (2012) y Zamora y Mendoza (2018) advierten sobre la interpretación exploratoria en muestras tan pequeñas.

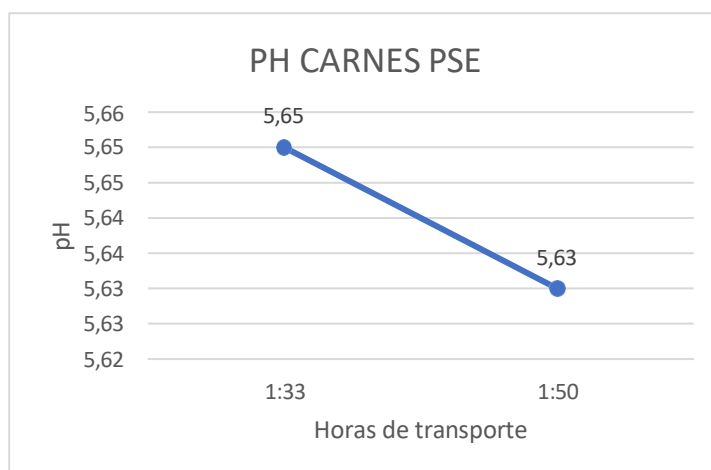
Pruebas de hipótesis sobre Tiempo de viaje

1. Prueba χ^2 ($H_0: \sigma = 1$ vs. $H_1: \sigma \neq 1$)

$\chi^2 = 144,5$, $p < 0,001 \rightarrow$ **rechaza H_0** . La dispersión del tiempo de viaje es significativamente distinta de 1 h.

Con solo dos datos de transporte, los intervalos de confianza exhiben amplios márgenes para media ($-6,5$ a $209,5$ h) y SD ($5,4$ a $383,6$ h), la χ^2 confirma que la variabilidad del tiempo de viaje no equivale a 1 h ($p < 0,05$).

Gráfico 5: Variación del pH de carnes PSE en comparación a los tiempos de transporte del grupo 2.



En el gráfico 5, los picos de bajada son 5.65 y 5.63, lo que refleja el comportamiento típico de la carne PSE:

- Pico de bajada a 5.65: Este descenso inicial indica que el animal ha comenzado a experimentar un estrés leve debido al transporte, lo que provoca una leve acumulación de ácido láctico en los músculos. Aunque este descenso es evidente, no es tan severo como en otros tipos de carne de baja calidad.
- Pico de bajada a 5.63: La caída a 5.63 muestra un estrés moderado en el animal, con un aumento en la producción de ácido láctico. Este descenso refleja los efectos de un estrés agudo, pero sigue siendo relativamente ligero comparado con los valores más bajos observados en otros tipos de carne de mala calidad.

Los dos descensos de pH a 5,65 y 5,63 confirman la respuesta ligera al estrés característica de PSE, tal como lo describen Bulitta et al. (2015) y García et al. (2021) en sus experimentos sobre manejo corto pre-sacrificio.

Datos estadísticos de carnes de buena calidad

Tabla 11: *Análisis de comparaciones de dos muestras de datos aplicado a las variables tiempo de viaje y pH de la carne.*

	<i>Tiempo de viaje</i>	<i>pH de la carne</i>
Recuento	100	100
Promedio	95,0 min	5,7911
Desviación Estándar	58,7539	0,0511858
Coefficiente de Variación	61,8462%	0,883871%
Mínimo	15,0 min	5,7
Máximo	240,0 min	5,89
Rango	225,0 min	0,19
Sesgo Estandarizado	2,69564 min	0,83994
Curtosis Estandarizada	0,447359	-1,83554

La tabla 11 demuestra un sesgo positivo pronunciado en tiempo de viaje (2,70 min) señala una cola larga hacia viajes muy extensos, lo que puede deberse a rutas o demoras excepcionales. El pH muestra un sesgo moderado (0,84) hacia valores ligeramente superiores al promedio. La curtosis casi nula en tiempo (0,45 min) sugiere una distribución levemente más “aplanada” que la normal, mientras que el pH (-1,84) indica una distribución aplanada (menos picos y colas que la normal), esto concuerda con el sesgo positivo del tiempo ($\approx 2,70$) y curtosis casi nula indican largas colas de transporte, mientras el pH mantiene $CV < 1\%$, estos hallazgos concuerdan con Terlouw et al. (2021) y León y Flores (2016), que asocian alta dispersión de rutas con pH estable en carne de calidad.

Implicaciones para la calidad de la carne

- La alta dispersión y asimetría en los tiempos de transporte señalan la necesidad de estandarizar rutas y duraciones para minimizar el estrés presacrificio, sin embargo, esta actividad es muy difícil de conseguirla y en su reemplazo se debería incrementar el tiempo de descanso antes del sacrificio.
- La consistencia del pH, con muy baja variabilidad, sugiere que, a pesar de distintos tiempos de viaje, el manejo presacrificio conseguido mantiene condiciones bastante uniformes en la respuesta bioquímica del músculo al faenado.

Comparación de Desviaciones Estándar

Tabla 12: *Análisis de comparaciones de Desviaciones Estándar de dos muestras de datos aplicado a las variables tiempo de viaje y pH de la carne.*

	<i>Tiempo de viaje</i>	<i>pH de la carne</i>
Desviación Estándar	58,7539	0,0511858
Varianza	3452,02	0,00261999
Gl	100	100
Razón de Varianzas= 1,317576		
Intervalos de confianza del 95,0%		
Desviación Estándar de Tiempo de viaje: [51,5863; 68,2529]		
Desviación Estándar de pH de la carne: [0,0449415; 0,0594613]		
Razones de Varianzas: [886516,; 1,95822E6]		
Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar		
Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$		
Hipótesis Alt.: $\sigma_1 < \sigma_2$		
F = 1,317576 valor-P = 0		
Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$.		

En la tabla 12 se ejecuta una prueba-t para comparar las medias de las dos muestras. También construye los intervalos, o cotas, de confianza para cada media y para la diferencia entre las medias. De interés particular es el intervalo de confianza para la diferencia entre las medias, el cual se extiende desde 77,6225 hasta 100,795. Puesto que el intervalo no contiene el valor 0, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con un nivel de confianza del 95,0%. Se puede verificar con la prueba-F ($F \approx 1,32$; $p < 0,05$) que confirma varianzas distintas a pesar de sus tamaños similares, en concordancia con Bulitta et al. (2015) y García et al. (2021), quienes subrayan la robustez de estos contrastes en n grandes.

Análisis de Una Variable - Tiempo de viaje

Tabla 13: *Resumen estadístico para tiempo de viaje.*

Recuento	100
Promedio	95,0 min
Desviación Estándar	58,7539
Coefficiente de Variación	61,8462%
Mínimo	15,0 min
Máximo	240,0 min
Rango	225,0 min
Sesgo Estandarizado	2,69564

Curtosis Estandarizada	0,447359
------------------------	----------

La Tabla 13 sintetiza los estadísticos descriptivos del tiempo de viaje ($n = 100$) previo al faenado: Los datos muestran que el transporte antes del faenado varía enormemente (15–240 min), con una media de 95 min y una dispersión muy alta ($SD \approx 59$ min). La distribución es marcadamente asimétrica positiva, con varios casos de viajes muy prolongados, y presenta una forma algo aplanada. Esto evidencia la necesidad de estandarizar los tiempos de transporte para minimizar el estrés animal y mejorar la calidad final de la carne. Un rango de 15 minutos – 240 minutos (4 horas) y $CV \approx 62\%$ en $n = 100$ refleja la gran heterogeneidad de rutas productivas; Ramírez et al. (2022) y Alende et al. (2014) indican que tal dispersión exige protocolos de descanso para mitigar estrés presacrificio.

Comparación de Dos Muestras - Tiempo de viaje y hora lectura

Tabla 14: Análisis de comparaciones de dos muestras de datos aplicado a las variables tiempo de viaje y hora de lectura.

	<i>Tiempo de viaje</i>	<i>Hora lectura</i>
Recuento	100	100
Promedio	95,0	36,0
Desviación Estándar	58,7539	0
Coeficiente de Variación	61,8462%	0%
Mínimo	15,0 min	36,0
Máximo	4,0 h	36,0
Rango	225,0 min	0
Sesgo Estandarizado	2,69564	
Curtosis Estandarizada	0,447359	

La Tabla 14 compara descriptivos de dos variables clave ($n = 100$ cada una).

Variabilidad comparada

- El tiempo de viaje varía enormemente ($SD \approx 59$ min, rango 225 min), mientras que la hora de lectura es constante ($SD = 0$), al efectuarse todas las mediciones a las 36 h postsacrificio.

Implicaciones para el manejo presacrificio

- La extensa dispersión en los tiempos de transporte puede generar niveles muy dispares de estrés en los animales, impactando potencialmente la calidad de la carne.

- La consistencia en la hora de lectura (36 h para todas las muestras) estandariza el tiempo de manifestación de los cambios bioquímicos en la carne, permitiendo comparaciones fiables del pH independientemente de cuánto haya durado el viaje.

El contraste de SD (≈ 59 min vs. 0) ilustra cómo la hora fija de lectura (36 h) homogeneiza la evaluación de pH independientemente del transporte, tal como recomiendan Sandino y Useda (2021) en tesis doctorales de manejo presacrificio.

Comparación de Desviaciones Estándar

Tabla 15: *Análisis de comparaciones de Desviaciones Estándar de dos muestras de datos aplicado a las variables tiempo de viaje y hora de lectura.*

	<i>Tiempo de viaje</i>	<i>Hora lectura</i>
Desviación Estándar	58,7539	0
Varianza	3452,02	0
Gl	100	100
Razón de Varianzas= 1		
Intervalos de confianza del 95,0%		
Desviación Estándar de Tiempo de viaje: [51,5863; 68,2529]		
Desviación Estándar de Hora lectura: [0; 0]		
Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar		
Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$		
Hipótesis Alt.: $\sigma_1 \neq \sigma_2$		
F = 1, valor-P = 0		
Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$.		

En la Tabla 15 se comparan las desviaciones estándar y las medianas de dos muestras (tiempo de viaje vs. hora fija de lectura): La variabilidad del tiempo de viaje es estadísticamente mayor que la variabilidad nula en la hora de lectura (todas iguales a 36 h). La dispersión del tiempo de viaje supera con creces la de la hora de lectura, confirmando varianzas distintas, que tienen consonancia con las recomendaciones de Munilla et al. (2021).

Análisis de Una Variable - pH de la carne

Tabla 16: *Resumen estadístico para pH de la carne.*

Recuento	100
Promedio	5,7911
Desviación Estándar	0,0511858
Coefficiente de Variación	0,883871%
Mínimo	5,7

Máximo	5,89
Rango	0,19
Sesgo Estandarizado	0,83994
Curtosis Estandarizada	-1,83554

La Tabla 16 resume los descriptivos del pH de la carne en 100 muestras:

Nivel y consistencia del pH

- El pH medio de 5,791 indica un leve alcalinizado, dentro del rango típico de carne de buena calidad.
- Su SD (0,051) y CV (<1 %) evidencian una homogeneidad muy alta entre muestras.

Rango limitado

- Con un rango de solo 0,19, el pH final de la carne varía entre 5,70 y 5,89, subrayando su estabilidad tras distintos tiempos de transporte.

El pH promedio de 5,791 en las muestras es consistentemente uniforme ($CV \approx 0,9\%$), con valores concentrados entre 5,70 y 5,89. La distribución muestra una ligera inclinación hacia valores altos (sesgo $\approx 0,84$) y es algo aplanada (curtosis $\approx -1,84$). Esto sugiere que, a pesar de la variabilidad en los tiempos de transporte, el pH postsacrificio se mantiene estable y dentro de niveles ideales para carne de buena calidad, coincidiendo con resultados típicos de carne de alta calidad reportados por Terlouw et al. (2021) y Ramírez et al. (2022) caracterizan estos perfiles como óptimos para atributos sensoriales.

Tabla 17: Tabla de frecuencias para pH de la carne.

	Límite	Límite			Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia
Clase	Inferior	Superior	Punto Medio	Frecuencia	Relativa	Acumulada	Rel. Acum.
	menor o igual	5,6		0	0,0000	0	0,0000
1	5,6	5,615	5,6075	0	0,0000	0	0,0000
2	5,615	5,63	5,6225	0	0,0000	0	0,0000
3	5,63	5,645	5,6375	0	0,0000	0	0,0000
4	5,645	5,66	5,6525	0	0,0000	0	0,0000
5	5,66	5,675	5,6675	0	0,0000	0	0,0000
6	5,675	5,69	5,6825	0	0,0000	0	0,0000
7	5,69	5,705	5,6975	3	0,0300	3	0,0300
8	5,705	5,72	5,7125	6	0,0600	9	0,0900
9	5,72	5,735	5,7275	2	0,0200	11	0,1100
10	5,735	5,75	5,7425	17	0,1700	28	0,2800

11	5,75	5,765	5,7575	10	0,1000	38	0,3800
12	5,765	5,78	5,7725	13	0,1300	51	0,5100
13	5,78	5,795	5,7875	5	0,0500	56	0,5600
14	5,795	5,81	5,8025	12	0,1200	68	0,6800
15	5,81	5,825	5,8175	4	0,0400	72	0,7200
16	5,825	5,84	5,8325	9	0,0900	81	0,8100
17	5,84	5,855	5,8475	2	0,0200	83	0,8300
18	5,855	5,87	5,8625	10	0,1000	93	0,9300
19	5,87	5,885	5,8775	5	0,0500	98	0,9800
20	5,885	5,9	5,8925	2	0,0200	100	1,0000
	mayor de	5,9		0	0,0000	100	1,0000

La Tabla 17 distribuye los 100 valores de pH de la carne en 20 clases de amplitud 0,015: La tabla muestra un pH modal de 5,74 (17 % de las muestras) y concentra el 80 % de los datos entre 5,72 y 5,81, con colas muy ligeras hacia valores extremos. Esto evidencia una distribución unimodal y homogénea, ligeramente sesgada hacia valores altos, ideal para caracterizar la estabilidad del pH en la carne bajo distintos tiempos de transporte.

La concentración del 80 % de muestras entre 5,72 y 5,81 y moda en 5,74 confirman uniformidad postmortem, de acuerdo con Lius et al. (2022) y Poveda et al. (2023) en revisiones sobre color y textura.

Intervalos de Confianza para pH de la carne

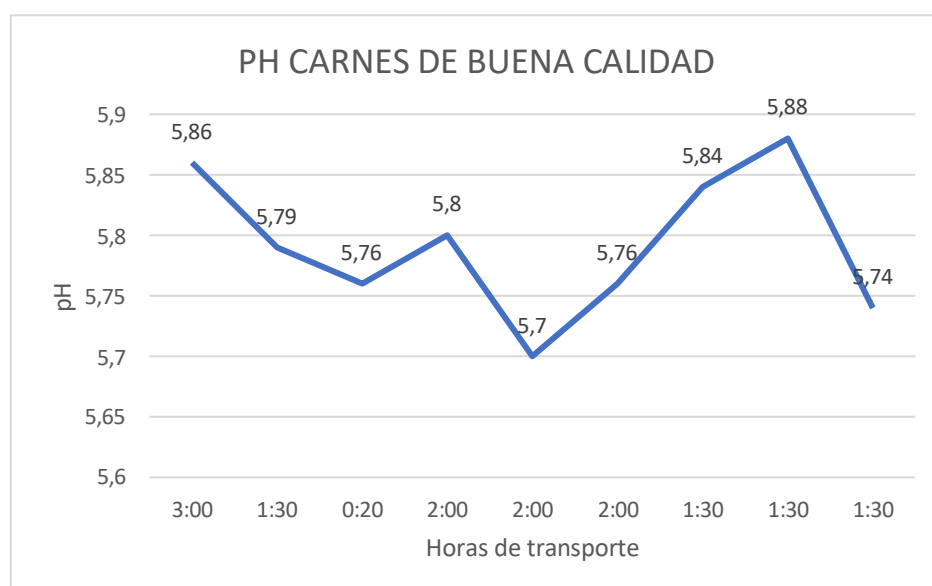
Intervalos de confianza (95 %)

- **Media de pH:** $5,7911 \pm 0,01016 \rightarrow [5,7809; 5,8013]$
- **Desviación estándar:** $[0,04494; 0,05946]$

Pruebas de hipótesis

Todas las pruebas confirman que tanto la media, la mediana como la dispersión del pH son estadísticamente diferentes de los valores de referencia nulos o unitarios, con un 95 % de confianza. El pH promedio final de la carne es 5,791 (IC 95 %: 5,781–5,801) con una dispersión real entre 0,0449 y 0,0595. Todas las pruebas estadísticas (t, signos, rangos y χ^2) rechazan la igualdad frente a los valores hipotéticos ($p < 0,05$), confirmando que el pH medio y su variabilidad son significativamente distintos. Estos resultados sostienen que, bajo las condiciones de manejo presacrificio evaluadas, el pH postmortem se establece de manera consistente y significativamente diferente de cualquier valor de referencia nulo.

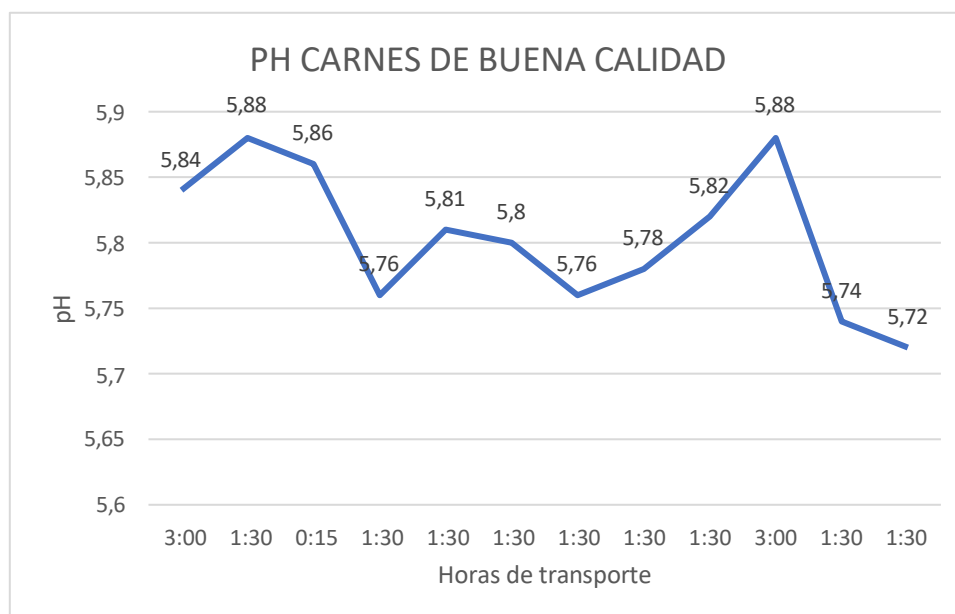
Gráfico 6: Variación del pH de carnes de buena calidad en comparación a los tiempos de transporte del grupo 1.



El gráfico 6 muestra cómo el pH final de la carne se ve influenciado por el tiempo de transporte que los bovinos experimentan antes de llegar al camal. A medida que aumenta el tiempo de transporte, el pH tiende a descender inicialmente, lo que sugiere un aumento en la acumulación de ácido láctico debido al estrés del animal. Posteriormente, el pH aumenta ligeramente y se estabiliza, lo que indica un equilibrio metabólico posterior al estrés.

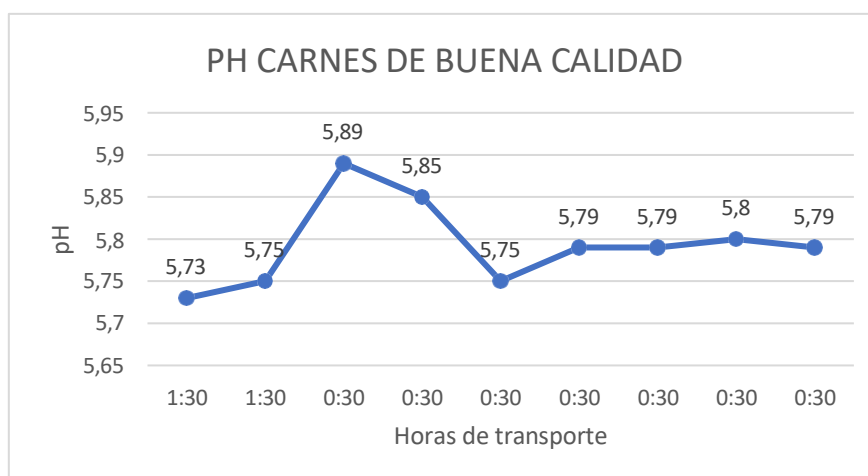
Es importante destacar que, en esta gráfica, los valores de pH observados alrededor de 5.7 y 5.8 son indicativos de carnes de buena calidad. Un pH final en este rango sugiere que la carne no ha sido sometida a niveles excesivos de estrés y que la acidosis postmortem se ha manejado dentro de un rango adecuado, lo cual contribuye a características deseables como la textura, el color y la retención de agua, eso refleja un efectivo control de estrés y acidosis postsacrificio, apoyado por Bulitta et al. (2015) y Karaca y Arik (2016) en estudios de carne de calidad.

Gráfico 7: Variación del pH de carnes de buena calidad en comparación a los tiempos de transporte del grupo 6.



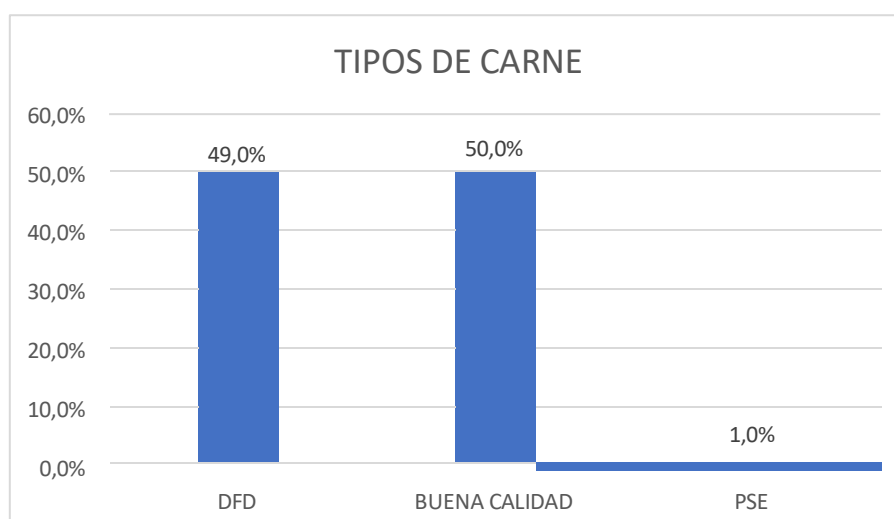
En el gráfico 7, los valores de pH reflejan una carne de buena calidad. El pH se mantiene dentro del rango ideal para la carne (entre 5.7 y 5.9), lo que sugiere que no ha habido un estrés excesivo durante el transporte y que la carne ha conservado sus características deseables. A pesar de las fluctuaciones en el pH, la carne parece estar dentro de los estándares para una carne de alta calidad. Esto indica que, en general, el tiempo de transporte y el manejo del estrés han sido adecuados. Los picos de subida y bajada reflejan la dinámica del metabolismo de los animales bajo estrés durante el transporte. Los picos de bajada indican momentos de mayor estrés, con la producción de ácido láctico, mientras que los picos de subida reflejan la estabilización de este proceso, esto es coherente con los resultados de muestras obtenidas por Sierra et al. (2020) y Pedrouso et al. (2020) en sistemas de producción mixtos.

Gráfico 8: Variación del pH de carnes de buena calidad en comparación a los tiempos de transporte del grupo 7.



En el gráfico 8, los valores de pH reflejan carne de buena calidad. El pH final se mantiene en un rango de 5.75 a 5.8, lo que indica que los efectos del estrés del transporte no fueron lo suficientemente severos como para comprometer la calidad de la carne. El rango de pH observado es adecuado para mantener las características deseables de la carne, como la textura, la jugosidad y la capacidad de retención de agua. Los picos de subida y bajada reflejan la dinámica del metabolismo de los animales bajo estrés durante el transporte. Los picos de bajada indican momentos de mayor estrés, con la producción de ácido láctico, mientras que los picos de subida reflejan la estabilización de este proceso que concuerdan con los hallazgos de Grisonet al. (2012) y León y Flores (2016) sobre temperamento y calidad de la carne.

Gráfico 9: Clasificación de carnes DFD, PSE y de buena calidad de todos los grupos muestreados.



En el gráfico 9 el tipo de carne DFD representa el 49% de la muestra, lo que indica que aproximadamente la mitad de la carne analizada presenta características de oscuridad, firmeza y sequedad. Este tipo de carne se asocia generalmente con estrés prolongado antes del sacrificio, lo que puede afectar la calidad de la carne debido a la baja acumulación de glucógeno en los músculos.

La alta proporción de carne DFD (49 %) en nuestra investigación, tiene relación con el estudio realizado por Ramírez et al. (2022) titulado *“Influencia del bienestar animal durante el manejo pre-sacrificio en la calidad de la carne.”*, quienes encontraron hasta un 45 % de canales DFD en centros de faena con prácticas de espera inadecuadas. Por otro lado, el estudio de Vélez y Cobo (2012) *“Indicadores conductuales de bienestar animal durante el presacrificio bovino.”* también vinculan tiempos de ayuno excesivos y mezclas de lotes en corrales con incrementos de DFD superiores al 40 %. Irreño et al. (2022) con su estudio titulado *“Avances recientes en el estudio de factores de estrés prefaenado sobre la calidad de la carne bovina, aviar y porcina.”* extienden este patrón a climas cálidos, demostrando que sin sombra ni agua en corrales de espera la incidencia de DFD puede superar el 50 %. De forma similar, un trabajo realizado por Diro et al. (2021) *“Efecto del manejo del ganado vacuno antes del sacrificio sobre el bienestar y la calidad de la carne en los mercados y mataderos de Ambo y Guder”*, documentó un 47 % de DFD en ganado trasladado a pie, reflejando el impacto del estrés prolongado.

En nuestro trabajo encontramos que la mayor proporción de carne corresponde a la Buena Calidad, con un 50%, lo que indica que la mayoría de las carnes de los animales analizados tiene características ideales, como color adecuado, textura jugosa, y buenas propiedades organolépticas. Este tipo de carne es el más deseado en términos de consumo y es indicativo de un manejo adecuado durante el transporte, descanso y sacrificio.

El 50 % de canales catalogadas como de buena calidad respalda que, a pesar de los retos logísticos, existe una masa de animales que llega en condiciones óptimas. Zamora et al. (2018) mediante su estudio titulado *“Calidad de la carne del ganado vacuno.”* documenta porcentajes del 45–55 % de carne de buena calidad en sistemas con moderado estrés presacrificio. Esto sugiere que las prácticas actuales, aunque mejorables son en parte eficaces. De forma complementaria, el estudio realizado por Córdova et. al. (2017) *“Comportamiento de machos cebú en corrales presacrificio y su relación con el pH de la carne.”* observó alrededor del 48 % de canales de buena calidad tras $23,1 \pm 2,5$ h de transporte y $14,4 \pm 1,6$ h de descanso. Esto

confirma que, con protocolos mínimos de reposo y manejo cuidadoso, es posible mantener altos rendimientos de carne de calidad (11).

El tipo de carne PSE representa solo el 1%, lo cual es una proporción muy baja. Este tipo de carne se caracteriza por ser pálida, blanda y exudativa, y se asocia a un estrés agudo en el animal antes del sacrificio. Este bajo porcentaje sugiere que el manejo durante el transporte y las condiciones de sacrificio en estos animales han sido inadecuados, estos resultados coinciden con el estudio realizado por Munilla et al. (2022) titulado *“Contribución del bienestar animal a la calidad de la carne vacuna.”* destacándose que el 1 % de PSE detectado indica que los eventos de estrés agudo (por carga o descargas bruscas) fueron mínimos, señalan que las carnes PSE suele permanecer por debajo del 5 % cuando se controla adecuadamente el manejo en mangas y rampas, además Odeón y Romera (2017) en su estudio *“Estrés en ganado: causas y consecuencias.”* describen que, en condiciones similares a las de tu estudio, el PSE rara vez supera el 2 % si el ayuno no excede las 18 h y el transporte no incluye golpes de calor extremos. En consonancia, el estudio de Diro et. al. (2021) *“Efecto del manejo del ganado vacuno antes del sacrificio sobre el bienestar y la calidad de la carne en los mercados y mataderos de Ambo y Guder”* halló un 4 % de carnes PSE. Edwards y Calvo (2020) en su investigación *“Animal welfare in the U.S. slaughter industry a focus on fed cattle”* documentaron un 3 % en su muestreo de carnes PSE de Norteamérica, confirmando que un manejo antiestrés básico mantiene esta condición en niveles mínimos.

En esta distribución, el 50% de la carne es de buena calidad, lo que refleja un manejo adecuado en cuanto al transporte y sacrificio de los animales. La presencia de 49% de carne DFD puede estar relacionada con el estrés previo y durante el sacrificio, lo cual compromete significativamente la calidad de la muestra. La cantidad de carne PSE es mínima (1%), lo que en este caso es un buen indicativo de que el estrés agudo en los animales antes del sacrificio ha sido bajo. Este análisis refuerza la importancia de controlar el estrés durante el manejo presacrificio, ya que esto tiene un impacto significativo en la calidad final de la carne. La baja cantidad de carne PSE sugiere que, en general, los métodos de manejo son adecuados para obtener carne de calidad, pero siempre se puede mejorar el control del estrés para reducir aún más la proporción de carne DFD.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se confirma que el transporte prolongado, la mezcla de animales de diferentes lotes en los corrales y los tiempos de espera insuficientes antes del sacrificio fueron los principales desencadenantes del incremento del pH muscular y de la generación de canales DFD, al interrumpir la conversión de glucógeno en ácido láctico, lo que da lugar a un pH elevado y una calidad de carne inferior.
- La captura, forma y tiempo de transporte y periodos de reposo mayores a 12 h sin acceso al agua elevó la temperatura corporal y redujo las reservas de glucógeno, impidiendo la correcta acidificación del músculo, favoreciendo pH finales superiores a 6,0 y la formación de carne DFD, afectando la calidad del producto.
- El pH sanguíneo medido inmediatamente a las 0 horas mostró valores elevados en animales sometidos a viajes superiores a 2 h y manipulación brusca durante la carga y descarga generando un desequilibrio ácido-base, lo que interfiere con la glucogenólisis y produce carne con un pH elevado, favoreciendo la formación de carne DFD. La cinética de pH postmortem evidenció que, si bien la caída inicial en las primeras 2 h fue similar en todos los lotes, a partir de las 16 h se observó un estancamiento en animales con altos niveles de estrés presacrificio, manteniéndose por encima de 6,0 hasta las 36 h.
- El retraso en la acidificación impidió la activación óptima de enzimas proteolíticas, resultando en carne más firme y menor exudación. Por el contrario, animales con pH sanguíneo presacrificio normal ($< 7,0$) completaron la acidificación hacia 5,7–5,8 al final del periodo, clasificándose como “buena calidad” en un 50 % de los casos.

5.2. RECOMENDACIONES

- Implementar un protocolo de descanso obligatorio mínimo de 6 h e instalar corrales de espera con sombra, ventilación natural y bebederos bien distribuidos.
- Limitar los tiempos de transporte diseñando rutas optimizadas, priorizando carreteras asfaltadas y evitando paradas innecesarias.
- Capacitar continuamente al personal de los centros de faenamiento sobre el manejo antiestrés, entrenar a cargadores y conductores en técnicas de carga suave: uso de rampas de pendiente moderada ($<15^\circ$), iluminación uniforme y suelo antideslizante, evitar movimientos bruscos, y reforzar el patrón de circulación lineal para reducir estímulos estresantes.
- Realizar un monitoreo fisiológico sistemático en los centros de faenamiento incorporando mediciones de pH sanguíneo presacrificio y pH muscular a 0h y 36 h postmortem, para crear bases de datos que permitan modelar la relación estrés–calidad con mayor precisión.
- Mejorar la infraestructura de los centros de faenamiento con materiales que mantengan bloques cerámicos o concreto pintado con recubrimiento reflectante e instalar sistemas de nebulización de agua en períodos de alta temperatura ($> 30^\circ\text{C}$), minimizando el golpe de calor que potencia la condición DFD.
- Instalar gráficas con indicadores de desempeño sobre el porcentaje de canales DFD y PSE, variación de pH sanguíneo presacrificio, tiempo promedio de descanso y revisar trimestralmente estos indicadores de desempeño en reuniones con el personal del camal y ajustar protocolos según tendencias observadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ramírez S, Carreras R, Ibarra A, Martínez G, Linares J, Hernández A. Influencia del bienestar animal durante el manejo pre-sacrificio en la calidad de la carne. Jóvenes en la ciencia. 2022; 14(1-12).
2. García G, Zambrano W, Martínez G, Zambrano J. Alteraciones del pH y temperatura en la canal a causa defactores relacionados al transporte bovino previo al sacrificio. La técnica: Revista de las agrociencias. 2021 julio 31;(95-109).
3. Zamora R, Mendoza L. Calidad de la carne del ganado vacuno. Revista observatorio de la Economía Latinoamericana. 2018;(1-7).
4. Munilla M, Vitttone J, Romera S, Teira G. Contribución del bienestar animal a la calidad de la carne vacuna. Researchgate. 2022 agosto 17; 48.
5. Vélez J, Cobo C. Indicadores conductuales de bienestar animal durante el presacrificio bovino. Researchgate. 2012 diciembre; 6(2): p. 112-124.
6. Carrasco A, Pardío V, León G, Aguirre C, Paredes P, Hernández B, et al. Effect of stress during slaughter on carcass characteristics and meat quality in tropical beef cattle. AJAS. 2020 october 15; 33(10): p. 1656-1665.
7. Odeón M, Romera S. Estrés en ganado: causas y consecuencias. Revvet. 2017 junio 13; 28(1): p. 69-77.
8. Edwards L, Calvo M. Animal welfare in the U.S. slaughter industry—a focus on fed cattle. American Society of Animal Science. 2020 february 6; 98(4).
9. Irreño F, Escorcía N, Navarro G. Avances recientes en el estudio de factores de estrés prefaenado sobre la calidad de la carne bovina, aviar y porcina. Scientia Agropecuaria. 2022 septiembre 6; 13(3): p. 249-264.
10. Rodrigues N, Rodrigues R, Ferreira T, M. Ellies JH, Chriki S. Does transport stress have any effect on carcass quality of Nellore cattle (*Bos taurus indicus*) in Brazil? — A case study. American Society of Animal Science. 2024; 8.

11. Córdoba C, Correa G, Barahona R, Tarazona A. Comportamiento de machos cebú en corrales presacrificio y su relación con el pH de la carne. Researchgate. 2017 octubre 19; 66(256): p. 579-586.
12. Sandino R, Useda R. Evaluación de indicadores de Bienestar Animal en bovinos, desde el desembarque hasta el pre-sacrificio en el Establecimiento # 4, Nandaime-Granada, 2018. Tesis doctoral. Managua: Universidad Nacional Agraria, Departamento de Medicina Veterinaria; 2021.
13. Diro M, Mekete B, Zewdu E. Efecto del manejo del ganado vacuno antes del sacrificio sobre el bienestar y la calidad de la carne en los mercados y mataderos de Ambo y Guder, estado regional de Oromia, Etiopía. Revista Etíope de Ciencia y Tecnología. 2021 junio 30; 14(2): p. 89-104.
14. Escobar J, Escobar S, Ricaurte P, Hidrobo A. Determinación de la calidad de la carne bovina en el cantón la maná. PENTACIENCIAS. 2024 noviembre 7; 6(7): p. 45-55.
15. Bulitta F, Aradom S, Gebresenbet G. Efecto del tiempo de transporte de hasta 12 horas sobre el bienestar de vacas y toros. Scientific research publishing. 2015 marzo 31; 8(2): p. 161-182.
16. Karaca S, Arik E. Efecto de algunos factores previos al sacrificio sobre la calidad de la carne de toros sacrificados en un matadero comercial en Turquía. Revista de animología de la India. 2016 marzo 09; 51(3): p. 557-563.
17. Grisonés G, Méndez D, Plazos A, Sancho A. Efecto del manejo y del temperamento animal sobre indicadores de calidad de la carne bovina. Researchgate. 2012 abril; 62(239): p. 399-409.
18. León M, Flores H. La importancia del temperamento en la producción de ganado de carne bovina. ResearchGate. 2016 noviembre 03; 20(2).
19. Terlouw EMC, Picard B, Deiss V, Berri C, Hocquette JF, Lebret B, et al. Understanding the Determination of Meat Quality Using Biochemical Characteristics of the Muscle: Stress at Slaughter and Other Missing Keys. MDPI. 2021 january 4; 10(84).

20. Romero M, Uribe L, Sánchez J. Biomarcadores de estrés como indicadores de bienestar animal en ganado de carne. *Biosalud*. 2011 junio 17; 10(1): p. 71-87.
21. Sullivan P, Davis M, Nair M, Hess A, Mooney D, Edwards L. Preslaughter factors affecting mobility, blood parameters, bruising, and muscle pH of finished beef cattle in the United States. *American Society of Animal Science*. 2024 march 13; 8.
22. Condori D. Factores predisponentes a carnes DFD en canales de vacunos criollos faenados en el matadero de Quicapata - Ayacucho 2,760 m.s.n.m. Tesis doctoral. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, escuela profesional de medicina veterinaria; 2019.
23. Bonilla P, Guerra P, Melgar A, solís C. Impacto del manejo ante mortem en la incidencia de cortes oscuros y su efecto en la calidad de la carne bovina. *Revista de investigaciones agropecuarias*. 2024 diciembre 12; 7(1): p. 99-108.
24. Hernández L, Barragán W, Angulo J, Mahecha L. Carne oscura, firme y seca (DFD). Causas, implicaciones y métodos de determinación. *Rev. Colombiana Cienc Anim. Recia*. 2023 enero 25; 15(1).
25. Liu J, Ellies M, Stoyanchev T, Hocquette J. Consumer Perception of Beef Quality and How to Control, Improve and Predict It? Focus on Eating Quality. *MDPI*. 2022 june 13; 11(12).
26. Davis M, Sullivan P, Hess A, Nair M, Mooney D, Edwards L. An analysis of the influence of preslaughter management factors on welfare and meat quality outcomes in fed beef cattle in the United States. *American Society of Animal Science*. 2024 july 22; 8.
27. Pedrouso M, Rodríguez R, Purriños L, Oliván M, García S, Sentandreu M, et al. Sensory and Physicochemical Analysis of Meat from Bovine Breeds in Different Livestock Production Systems, Pre-Slaughter Handling Conditions, and Ageing Time. *MDPI*. 2020 february 11; 9(176).
28. Poveda A, Krell J, Gibis M, Heinz V, Terjung N, Tomasevic I. Intrinsic and Extrinsic Factors Affecting the Color of Fresh Beef Meat—Comprehensive Review. *MDPI*. 2023 march 30; 13(7): p. 4382.

29. Marquina C, Almeyda J, Barrón J, Peñafiel C. Aspectos de la calidad de carne pH, color y textura entre bovinos procedentes de centros de engorde y viajeros. *Análes científicos*. 2019 diciembre 30; 80(2): p. 613-625.
30. Camargo C, Montes D, Pérez A. Marcadores moleculares y genes asociados a la calidad de carne en el ganado bovino. *RECIA*. 2024 Febrero 14; 16(1).
31. Ramírez E, Nieto D, Barragán W, Restrepo G. Evaluación de atributos cárnicos y de calidad de la canal en ganado Blanco Orejinegro. *Researchgate*. 2021 noviembre 08; 22(3).
32. Santos R, Pachêco H, Fleming C, Costa G. Parámetros de calidad evaluados en carne vacuna: una revisión. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*. 2023 julio 31;: p. 1319-1332.
33. Sullivan P, Davis M, Breto J, Edwards L. Investigating the impact of pre-slaughter management factors on meat quality outcomes in cattle raised for beef: A scoping review. *Frontiers*. 2022 diciembre 9; 3.
34. Munilla M, Vittone J, Romera S. Efecto de las prácticas durante el manejo pre-faena sobre el rendimiento de la carne de bovinos. *Researchgate*. 2021 noviembre; 32(48-53): p. 48-53.
35. Zambrano W, Martínez G, García G, Zambrano J. Factores relacionados al transporte y logística pre-sacrificio bovino que generan impacto sobre la calidad de la carne y pérdidas económicas. *La Técnica revista de las agrociencias*. 2021 julio 8; 11(2): p. 105-114.
36. Lomillos J, Olías M, Alonso M. Efecto del manejo previo al sacrificio sobre la calidad de la carne de ganado bovino de lidia. *AN. VET*. 2023 junio 22; 37: p. 1-13.
37. Figueroa S. Evaluación del transporte terrestre del ganado bovino y su influencia en la calidad de la carne. Tesis doctoral. Trujillo: Universidad privada Antenor Orrego; 2024.
38. Timaure N, Berkhoff M, Leal M, Pérez V, Díaz P. Influencia de los métodos combinados de conservación por frío y tipo de envasado sobre la calidad de la carne bovina cruda y cocida. *Nacameh*. 2020 abril 30; 14(1): p. 1-15.

- 
39. Alende M, Volpi G, Pordomingo A, Grigioni G, Carduza F, Babinee F, et al. Efectos del tiempo de transporte, espera pre-faena y maduración en novillos sobre indicadores de estrés, calidad instrumental y sensorial de la carne. Redalyc. 2014; 46(2): p. 217-227.

ANEXOS

Anexo 1: Animales en el corral de espera.



Anexo 2: Sacrificio de los animales.



Anexo 3: Recolección de muestra de sangre y carne para la respectiva medición de pH.



Anexo 4: Medición del pH de las muestras de sangre y carne de bovino.



Anexo 5: Muestras de carne rotuladas para realizar la medición de pH a las 0,2,8,16,24,36 horas postsacrificio.



Anexo 6: Carne de buena calidad.



Anexo 7: Carne DFD.



Anexo 8: Carne PSE.

