

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
PECUARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ZOOTECNISTA



**Determinación de humedad, pH, capacidad de retención de agua y color en carne
de vacuno, porcino y ovino comercializada en el distrito de Cajamarca**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ZOOTECNISTA

PRESENTADO POR LA BACHILLER:

Mendoza Mendoza, Laura Janeth

ASESORES:

Dr. Manuel Eber Paredes Arana
M.Cs. Wuesley Yusmein Álvarez García

CAJAMARCA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"Norte de la Universidad Peruana"
Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS PECUARIAS

Ciudad Universitaria 2J-Anexos 1110



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- Investigador:
LAURA JANETH MENDOZA MENDOZA
.....
.....
DNI: 77694330
.....
Escuela Profesional/Unidad UNC:
INGENIERIA ZOOTECNISTA
.....
.....
- Asesor:
MANUEL EBER PAREDES ARANA
.....
Facultad/Unidad UNC:
INGENIERIA EN CIENCIAS PECUARIAS
.....
.....
- Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
- Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:
DETERMINACIÓN DE HUMEDAD, PH, CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA
Y COLOR EN CARNE DE VACUNO, PORCINO Y OVINO COMERCIALIZADA
EN EL DISTRITO DE CAJAMARCA
.....
.....
- Fecha de evaluación: 16 / 10 / 2025
- Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (ORIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud: 3%
- Código Documento: urn:oid::3117:513654218
- Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 16 / 10 / 2025

Firma y/o Sello
Emisor Constancia

Nombres y Apellidos

DNI:

Manuel Eber Paredes Arana
26223001



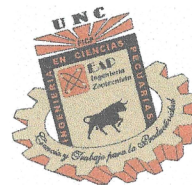
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS PECUARIAS

Ciudad Universitaria 2J-Anexos 1110



ACTA QUE PRESENTA EL JURADO CALIFICADOR DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ZOOTECNISTA

De acuerdo a lo estipulado en el Reglamento de Graduación y Titulación de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, para optar el Título Profesional de **INGENIERO ZOOTECNISTA**, se reunieron en el Auditorio de la FICP, siendo las 15 horas con 05 minutos del día 29 de Setiembre del 2025, los siguientes Miembros del Jurado y el (los) Asesores.

- **PhD. Luis Asunción Vallejos Fernández**
- **Mg.Sc. Raúl Alberto Cáceres Cabanillas**
- **Dr. Lincol Alberto Tafur Culqui**

Presidente
Secretario
Vocal

ASESOR:

- **Dr. Manuel Eber Paredes Arana**

COLABORADOR:

- **M.Cs. Ing. Wesley Yusmein Álvarez García**

Con la finalidad de recepcionar y calificar la Sustentación de la Tesis titulada:

Determinación de humedad, pH, capacidad de retención
de agua y color en carne de vacuno, porcino y
ovino comercializada en el distrito de Cajamarca.

La misma que fue realizada por el (la) Bachiller.....

Mendoza Mendoza Laura Janeth.

A continuación el Jurado procedió a dar por iniciado el acto académico, invitando al Bachiller a sustentar dicha tesis.

Concluida la exposición, los Miembros del Jurado formularon las preguntas pertinentes, luego el Presidente del Jurado invita a la participación de los asesores y de los asistentes.

Después de las deliberaciones de estilo el Jurado anunció APROBAR.....

por Unanimidad..... con la nota de Dieciséis (16).

Siendo las 16 horas con 10 minutos del mismo día, el Jurado dio por concluido el acto académico, indicando subsane las correcciones y/o modificaciones para continuar con los trámites pertinentes.

Luis Vallejos F.

PhD. Luis Asunción Vallejos Fernández
Presidente

Raúl Cáceres

Mg.Sc. Raúl Alberto Cáceres Cabanillas
Secretario

Lincol Tafur

Dr. Lincol Alberto Tafur Culqui
Vocal

Manuel Eber

Dr. Manuel Eber Paredes Arana
Asesor

Wesley Álvarez

M.Cs. Ing. Wesley Yusmein Álvarez García
Colaborador

TÍTULO

**Determinación de humedad, pH, capacidad de retención de agua y color en carne
de vacuno, porcino y ovino comercializada en la ciudad de Cajamarca**

DEDICATORIA

A Dios y a la vida, que me ha enseñado que cada dificultad no es un retroceso sino un peldaño hacia la consecución de los sueños.

A mi familia, que son la raíz y mi refugio en la tormenta: gracias por ser la voz que siempre me animó cuando estaba vacilando y por ser el abrazo que me sostuvo cuando tropecé.

Por ello, dedico estas páginas a mi mamá, quien me inculcó que “la fe es la certeza de lo que se espera, la convicción de lo que no se ve” y es así que el esfuerzo es el puente más sólido hacia la realización personal a través de su sacrificio y amor. A mis hermanos, que fueron cómplices en silencios compartidos entre risas y esperanzas. Y de manera especial a papá que, aunque ya no están con nosotros físicamente, seguirá viviendo en nuestros recuerdos, como luz que nunca se apaga.

A las personas que me inspiraron y apoyaron a creer que el conocimiento, la ciencia y la educación son herramientas para la justicia y la dignidad que no solo transforman las mentes, sino también corazones y comunidades.

AGRADECIMIENTO

Me gustaría comenzar agradeciendo a Dios por concederme la serenidad que necesitaba en momentos de incertidumbre y desesperación, y, sobre todo, por brindarme la fuerza y la fe necesarias para no rendirme cuando el camino parecía más difícil de lo habitual.

A mi mamá, a mis hermanos y mi papá en el cielo, que son los pilares incansables de mi existencia, por su fe y apoyo inquebrantables, incluso cuando me invadieron el miedo y la duda.

A mis asesores y maestros, que fueron mis mentores no solo en la transmisión de conocimientos, sino también en la enseñanza del valor de la disciplina, la humildad, el compromiso y la pasión por la investigación. Recordándonos que cada descubrimiento, por pequeño que sea, tiene el poder de cambiar la realidad.

A mi alma máter, la Universidad Nacional de Cajamarca, que no solo me permitió convertirme en profesional, sino que también me hizo más consciente del impacto de mis acciones, y me enseñó a asumirlas con responsabilidad y carácter.

Finalmente, gracias a todos los que contribuyeron a este proceso. Cada gesto de apoyo se convirtió en la energía que me impulsó a alcanzar esta meta.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I	1
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Justificación e importancia	2
CAPÍTULO II.....	3
OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
CAPÍTULO III.....	4
HIPÓTESIS Y VARIABLES	4
3.1. Hipótesis	4
3.2. Variables de investigación.....	4
CAPÍTULO IV	5
MARCO TEÓRICO.....	5
4.1. Antecedentes.....	5
4.2. Bases teóricas	8
4.3. Definición de términos básicos	12
CAPÍTULO V.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS	14
5.1. Lugar de ejecución	14

5.2. Población y muestra	15
5.3. Diseño metodológico.....	15
5.4. Parámetros a evaluar.....	18
5.5. Procesamiento y análisis de datos	19
CAPÍTULO VI	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
6.1. Valores de coloración (L*, a*, b*)	20
6.2. Valores de CRA y Humedad	22
6.3. Valores de pH	23
CAPÍTULO VII	26
CONCLUSIONES	26
CAPÍTULO VIII.....	27
RECOMENDACIONES	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
ANEXOS	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos considerados en la investigación	17
Tabla 2. Valores de luminosidad (L^*), componente rojo-verde (a^*) y componente amarillo-azul (b^*) en carne de vacuno, ovino y porcino.	20
Tabla 3. Valores de la capacidad de retención de agua (CRA) y contenido de humedad en carne de vacuno, ovino y porcino.	22
Tabla 4. Valores estimados del pH de la carne de vacuno, ovino y porcino.	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Ubicación del lugar de ejecución.	14
---	----

RESUMEN

La carne de vacuno, porcino y ovino representan una fuente relevante de proteínas y nutrientes para la población; sin embargo, su calidad puede variar debido a factores como el manejo postmortem, el almacenamiento y la comercialización. Por ello, se realizó un estudio para determinar los valores de humedad, pH, capacidad de retención de agua (CRA) y color de la carne expandida en los mercados locales del distrito de Cajamarca, con el fin de establecer su calidad y evaluar posibles diferencias entre especies y puntos de venta. Se recolectaron diez muestras aleatorias de carne de cada especie (vacuno, porcino y ovino) en los Mercados Modelo (MM), Central (MC), San Sebastián (MSS) y San Martín (MSM). El estudio determinó los valores de humedad, capacidad de retención de agua (CRA), pH (estimado mediante su relación con la luminosidad (L^*)) y el color en el espacio CIELAB (L^* , a^* , b^*), empleando ANOVA y estadística descriptiva. Los resultados mostraron que la humedad promedio fue de 7,5 – 9,6 %, sin diferencias significativas ($P < 0,005$). La CRA presentó valores entre el 3,3 y el 8,5 %, destacando valores más altos en la carne de vacuno (8,5 % en MSS) y porcino (8,5 % en MSM). El pH estimado se mantuvo dentro de los rangos reportados para carnes frescas, con valores de 5,55 - 5,95 en vacuno; 5,60 - 6,00 en ovino y 5,60 - 5,78 en porcino. En cuanto al color CIELAB, se registraron diferencias significativas ($P < 0,005$). La luminosidad (L^*) alcanzó valores altos en vacuno (126,43 en MM) y porcino (140,73 en MSM). El componente a^* presentó valores máximos de 128,92 en ovino (MSS) y 139,68 en porcino (MM), mientras que en el componente b^* alcanzó los 146,48 en porcino (MSM) y 123,23 en vacuno (MC). La variabilidad del color se asoció al manejo postmortem y a las condiciones de exhibición en los mercados. La carne comercializada en Cajamarca presentó parámetros fisicoquímicos dentro de los valores esperados para carnes frescas.

Palabras claves: Calidad de la carne, parámetros fisicoquímicos, pH, humedad, capacidad de retención de agua, color CIELAB.

ABSTRACT

Beef, pork and lamb are important sources of protein and nutrients for the population; however, their quality can vary due to factors such as post-mortem handling, storage and marketing. Therefore, a study was conducted to determine the moisture content, pH, water-holding capacity (WHC) and colour of meat sold in local markets in the district of Cajamarca, to establish its quality and evaluate possible differences between species and points of sale. Ten random samples of meat from each species (beef, pork and lamb) were collected from the Modelo (MM), Central (MC), San Sebastián (MSS) and San Martín (MSM) markets. The study determined the moisture content, water retention capacity (WRC), pH (estimated by its relationship with lightness (L^*)) and colour in CIELAB space (L^* , a^* , b^*) using ANOVA and descriptive statistics. The results showed that the average moisture content was 7.5–9.6%, with no significant differences ($P < 0.005$). The WRC presented values ranging from 3.3% to 8.5%, with higher values observed in beef (8.5% in MSS) and pork (8.5% in MSM). The estimated pH values remained within the ranges reported for fresh meat, with pH levels of 5.55–5.95 in beef, 5.60–6.00 in sheep, and 5.60–5.78 in pork. Significant differences ($P < 0.005$) were recorded for CIELAB colour. Lightness (L^*) reached high values in beef (126.43 in MM) and pork (140.73 in MSM). The a^* component had maximum values of 128.92 in sheep (MSS) and 139.68 in pork (MM), while the b^* component reached 146.48 in pork (MSM) and 123.23 in beef (MC). Colour variability was associated with post-mortem handling and market display conditions. The meat sold in Cajamarca had physicochemical parameters within the expected values for fresh meat.

Keywords: Meat quality, physicochemical parameters, pH, moisture content, water retention capacity, CIELAB colour.

INTRODUCCIÓN

La calidad de la carne es un factor fundamental en la cadena de producción y comercialización, ya que se trata de uno de los alimentos más importantes de la dieta humana. Aportando una gran variedad de nutrientes que no solo cumplen funciones metabólicas y estructurales en el organismo, sino que también contribuyen al bienestar y a la seguridad alimentaria de la población. Cada día, los consumidores demandan productos cárnicos más saludables y de mayor calidad (Qureshi et al., 2024). No obstante, la calidad de la carne se ve condicionada por diversos factores que van desde del manejo del animal previo al sacrificio hasta los procesos postmortem, el almacenamiento, la conservación y las diferentes condiciones de comercialización (Devahastin, 2010).

El color, medido mediante el sistema CIELAB, constituye el principal criterio visual de compra, mientras que el pH regula los procesos enzimáticos y bioquímicos que afectan a la estabilidad y la vida útil. A su vez, la CRA se relaciona con la jugosidad y la retención de nutrientes, y la humedad es un indicador básico de composición y frescura (Damez & Clerjon, 2008; Honikel, 1998). No obstante, diversos estudios sugieren que algunos parámetros sensoriales como la dureza y la jugosidad continúan siendo determinantes en la aceptabilidad de la carne (Onega Pagador, 2004).

En el distrito de Cajamarca, la carne de vacuno, porcino y ovino se comercializa en mercados tradicionales, donde las condiciones de manejo postmortem, almacenamiento y exhibición no siempre cuentan con un control de manera adecuada y eficiente, lo que afecta las características fisicoquímicas del producto. Esta situación genera la necesidad de estudios que permitan conocer el estado real de la carne expandida y establecer criterios de calidad aplicables al contexto local.

Por ello, el presente estudio tiene como objetivo determinar los valores de humedad, pH, capacidad de retención de agua y color en carne de vacuno, porcino y ovino comercializada en los mercados del distrito de Cajamarca, a fin de aportar información científica que contribuya a mejorar las prácticas de manejo y garantizar al consumidor un producto inocuo y de calidad aceptable.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.Planteamiento del problema

La carne de vacuno, porcino y ovino es un alimento muy utilizado en la dieta del poblador cajamarquino. En la ciudad de Cajamarca se comercializa en todos los mercados de abastos. Esta carne representa una fuente esencial de proteínas y demás nutrientes, pero su calidad puede variar significativamente debido a factores como el manejo postmortem, el almacenamiento y las condiciones de comercialización. Estas variables afectan directamente propiedades críticas de la carne, como la humedad, el pH, la capacidad de retención de agua (CRA) y la coloración, las cuales determinan su frescura, calidad nutricional, seguridad microbiológica y aceptación por parte de los consumidores (Picard et al., 2019; Zhang et al., 2023).

Actualmente, la evaluación de los parámetros de calidad en los mercados de Cajamarca se realiza mediante la inspección visual y esporádicamente, los análisis microbiológicos, que, aunque efectivos, presentan limitaciones significativas. Estos métodos suelen ser lentos, requieren una considerable intervención humana, son destructivos, y no permiten una evaluación en tiempo real (Jo et al., 2024; Matenda et al., 2024). Estas deficiencias reducen la consistencia y precisión de los resultados, generan pérdidas económicas debido al deterioro del producto durante el proceso de evaluación, y afectan la confianza del consumidor en la carne que se vende en los mercados locales. Esto desalienta la evaluación permanente de las carnes, por tanto, no se conoce sobre la calidad del alimento que se expende cotidianamente para consumo humano.

Con ello nace la pregunta de investigación:

¿Cuáles son los valores de la humedad, pH, capacidad de retención de agua y color en la carne de vacuno, porcino y ovino comercializada en los mercados del distrito de Cajamarca?

1.2. Justificación e importancia

El objetivo de la presente investigación responde a la necesidad urgente de conocer e implementar la evaluación de la calidad de la carne. La medición de parámetros clave como humedad, pH, Capacidad de Retención de Agua (CRA) y color, no solo optimiza los procesos de control de calidad, sino que también asegura que los productos que llegan a los consumidores cumplan con los estándares más altos de seguridad alimentaria y calidad.

La relevancia científica de esta investigación radica en su capacidad para incorporar tecnología avanzada en un campo tradicional como la inspección de productos cárnicos.

Asimismo, a nivel institucional fortalece el compromiso de la Universidad Nacional de Cajamarca con la investigación científica aplicada, enfocándose en problemáticas locales como la mejora en la comercialización de productos cárnicos en los mercados del distrito. Los resultados de esta investigación no solo repercuten positivamente en la comunidad académica, sino que también son de gran valor para los productores y comerciantes, quienes podrán garantizar una mayor calidad en sus productos y mejorar su competitividad en el mercado.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar los parámetros de humedad, pH, CRA y color en carne de vacuno, porcino y ovino comercializada en los mercados del distrito de Cajamarca.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros de humedad, pH, CRA y color en la carne de vacuno, porcino y ovino.
- Analizar comparativamente los parámetros de humedad, pH, CRA y color en la carne de vacuno, porcino y ovino.

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1.Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

Existe una diversidad de valores de humedad, pH, capacidad de retención de agua (CRA) y coloración en carne de vacuno, porcino y ovino comercializada en los mercados del distrito de Cajamarca.

3.1.2. Hipótesis estadísticas

H₀: Los valores de humedad, pH, capacidad de retención de agua (CRA) y color de la carne de vacuno, porcino y ovino comercializada en los mercados del distrito de Cajamarca no presentan diferencias significativas entre especies ni entre los mercados.

$$\mathbf{H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3}$$

H_a: Los valores de humedad, pH, capacidad de retención de agua (CRA) y color de la carne de vacuno, porcino y ovino comercializada en los mercados del distrito de Cajamarca difieren significativamente entre especies y entre los mercados.

$$\mathbf{H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3}$$

3.2.Variables de investigación

3.2.1. Variable independiente

- Carnes expandidas (vacuno, porcino y ovino) para consumo humano.

3.2.2. Variables dependientes

- Humedad de la carne
- pH de la carne
- Capacidad de retención de agua (CRA) de la carne
- Coloración de la carne

CAPÍTULO IV

MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes

Krauskopf et al. (2025), estudiaron las diferencias en el lipidoma y el metaboloma de la fracción mitocondrial de la carne de ganado vacuno Nellore en diferentes rangos de pH final (pHu) normal ($\leq 5,79$), intermedio (5,80 a 6,19) y alto ($\geq 6,20$) después de 3 y 21 días post mortem. Se midieron el color instrumental, el estado redox de la mioglobina, el consumo de oxígeno y la actividad reductora de la metmioglobina durante el almacenamiento. Se identificaron un total de 472 lípidos y 22 metabolitos de la fracción mitocondrial. La carne de res con pHu alto mostró una regulación positiva de las ceramidas involucradas en la apoptosis y una regulación negativa de las clases de lípidos relacionadas con la permeabilidad y la estabilidad de la membrana. Además, se observó un menor contenido de carnitina en la carne de res con pHu alto que en la carne de res con pHu normal. Las acilcarnitinas, el fosfatidilinositol y el IMP mostraron una regulación positiva en la carne de res con pHu intermedio, lo que indica cambios relacionados principalmente con el metabolismo de la energía, las purinas y el piruvato. El tiempo de envejecimiento afectó al contenido lipídico y los metabolitos involucrados en diferentes vías metabólicas. Estos resultados proporcionaron nuevos conocimientos sobre el perfil lipídico y metabólico de la fracción mitocondrial de la carne de res con diferentes pHu. Además, la carne de res con pHu intermedio difiere de la carne de res con pHu alto debido a cambios en el metabolismo energético.

Thies et al. (2024) manifiestan que, la decoloración de los productos de carne de vacuno hace que los minoristas ofrezcan descuentos o descarten productos de carne de vacuno, ya que los consumidores tienden a rechazar un color marrón de la carne de vacuno. Asimismo, Harr et al. (2024) indican que, estudios limitados han determinado los efectos del envasado atmosférico modificado (MAP) en el color de la superficie de la carne de res atípica de corte oscuro. Por tanto, compararon los impactos del uso de envasado al vacío, monóxido de carbono (COMAP) y HiOx-MAP (alto oxígeno) en el color de venta minorista de la carne de res de corte oscuro atípico y de pH normal añejada a 14 días. La carne de res de corte oscuro atípico (pH 5,63) tuvo un pH numéricamente mayor ($P > 0,05$) que la carne de res de pH normal (pH 5,56). Los filetes de corte oscuro

fueron de color más oscuro (valores L^* más bajos; $P < 0,05$) que los filetes de pH normal. Los filetes de corte oscuro atípico tuvieron un mayor ($P < 0,05$) consumo de oxígeno, una menor ($P < 0,05$) oxigenación relativa y un menor espacio entre haces musculares ($P < 0,05$) que los filetes de pH normal, demostrado que el pH final influye en el desarrollo del color posmortem, donde los valores de b^* permite diferenciar mejor los grupos de pH alto y bajo.

Diversos estudios han aplicado este tipo de sistema de color CIELAB sobre la apariencia de la carne. Mosón & Sierra (2003) bajo este contexto, evaluaron el color de la carne de res mediante el sistema CIELAB, donde obtuvieron valores promedio de $L^* = 37,5$; $a^* = 16,2$ y $b^* = 7,8$. Estos valores indicaron que la carne presento un tono rojo intenso y brillante por efecto de la mioglobina, mientras que el valor L^* en carne de cerdo al ser mal alto los valores entre 45 y 50 referencio un menor contenido de mioglobina por ello del aspecto más pálido de la carne. Por ejemplo, Stadnik & Dolatowski (2011) emplearon CIELAB para monitorizar las diversas alteraciones del color en musculo bovino que fue sometido a sonicación (tecnología de ultrasonido) en el musculo semimembranosus. Los resultados mostraron que el tratamiento acelero el cambio general del color, pero no provoco efectos adversos notables durante el periodo de almacenamiento. Lo que sugiere que estas mediciones de color impactan en la percepción de frescura y en el color comercialmente aceptable de la carne.

Estudios más recientes, han utilizado la visión artificial y los algoritmos de aprendizaje que emplean L^* , a^* y b^* para clasificar carnes frescas y poder detectar el deterioro con gran precisión. Demostrando que el análisis de colorimetría mediante el sistema CIELAB como una herramienta objetiva y versátil en el control de la calidad de la carne (Tomasevic et al., 2021).

La humedad suele ser entre 65 – y 75% esto depende de la raza, el tipo del músculo y las condiciones de manejo postmortem, asociándose con la jugosidad y la percepción sensorial de frescura. Por ello, en un estudio realizado por Hajji et al. (2025) con corderos de las razas Barbarine, se midió el contenido de humedad y la capacidad de retención de agua o perdida por cocción del músculo Longissimus thoracis, donde se observó que el contenido de humedad estaba entre el 70 y 75% en función de la raza, además que esta raza presento mayores pérdidas de cocción, lo que sugiere a una baja CRA y que está

relacionado con un pH final muy bajo. Ha et al. (2022) encontraron que el tipo de envasado influye estrechamente en la capacidad que tiene la carne para poder retener el agua durante el periodo de almacenamiento y la exposición a diversos factores externos e internos de la calidad cárnica.

En estudios recientes por Ma et al. (2024) donde investigaron el impacto del estrés antemorten en la calidad de carne de cerdo, evaluando la capacidad de retención de agua (CRA) y en como la humedad evoluciona durante el envejecimiento postmortem. Los resultados indicaron que los animales sometidos a transporte previo al sacrificio tuvieron una mayor pérdida de agua, tanto en goteo como en cocción, en comparación con los animales que recibieron descanso con valores de 4,83 % y 2,89% respectivamente. Confirmando que el manejo o gestión que se les brinda a los animales antes del sacrificio afectan directamente en la capacidad de retención de humedad afectando a su calidad sensorial.

Liu et al. (2024) llevaron a cabo un estudio sobre el impacto del envejecimiento de la calidad de la carne de res, evaluando la capacidad de retención de agua. Los resultados mostraron que, a medida que aumenta el tiempo de maduración en seco de la carne, la capacidad de retención de agua disminuye a gran escala, por ello la pérdida por centrifugación aumento del 2,89 % en carne sin madurar al 4,83 % tras unos 28 días de maduración, indicando así una reducción de la CRA del tejido muscular. Aunque este tipo de envejecimiento en seco mejora la ternura y el sabor, también provoca disminución de la capacidad de retención de agua, afectando de manera negativa el rendimiento en la cocción y el envasado. Del mismo modo, Kang et al. (2022) evaluó el envejecimiento de la carne y el efecto sobre las capacidades fisicoquímicas, entre ellas la capacidad de retención de agua, humedad y pH. Los resultados mostraron que la capacidad de retención de agua aumentaba a medida que se prolongaba el envejecimiento de la carne, además que el pH y la CRA tuvieron una correlación positiva aumentando la capacidad de la carne al retener agua en la estructura muscular.

4.2.Bases teóricas

4.2.1. Calidad de la carne

La calidad de la carne abarca diversos aspectos, tales como atributos fisicoquímicos (como la ternura, el color, el contenido de grasa intramuscular y la capacidad de retención de agua) y factores que afectan la palatabilidad (incluyendo sabor, jugosidad y aroma). También incluye características relacionadas con la seguridad alimentaria. Estos elementos juegan un papel crucial tanto en la decisión de los consumidores al seleccionar cortes de carne como en los procesos de la industria cárnica durante su procesamiento (Arce-Recinos et al., 2021).

En las últimas décadas, establecer la trazabilidad de los productos cárnicos ha sido un objetivo clave en la calidad de la ciencia de los alimentos. Recientes avances en la identificación de biomarcadores nutricionales y mejoras en tecnología estadística han permitido clasificar los productos alimenticios con mayor precisión, comparando la efectividad de varios algoritmos de aprendizaje automático para diferenciar categorías de cordero de la raza mallorquina. Se evaluaron seis algoritmos: Red Neuronal Artificial (ANN), Árbol de Decisión, K-Vecinos Más Cercanos (KNN), Naive Bayes, Regresión Logística Multinomial y Máquina de Vectores de Soporte (SVM). ANN y SVM destacaron, alcanzando una precisión de hasta 0.88 en la clasificación basada en características organolépticas, sensoriales y nutricionales. KNN tuvo el peor rendimiento. Los resultados sugieren que ANN y SVM son herramientas prometedoras para mejorar la trazabilidad de la carne de cordero (García-Infante et al., 2024).

La visión por computadora al igual que la nariz electrónica conducen a la mejora en la discriminación del punto de cambio del estado de carne, ya que el deterioro de la carne está asociada a su calidad e inocuidad (Zaytsev et al., 2024).

4.2.2. Normativas y estándares de calidad

Diversos estudios han demostrado que las normas pueden fomentar la expansión del comercio agroalimentario al mejorar la calidad de los productos exportados y su competitividad. Por ejemplo, en importaciones de la UE, destacan cómo estas regulaciones pueden tener efectos positivos. Sin embargo, las normas estrictas de inocuidad alimentaria también pueden representar un desafío para las pequeñas empresas, ya que imponen nuevos requisitos de conocimiento, mayores inversiones en equipos y sistemas de seguridad alimentaria, y demandan relaciones comerciales más estrechas entre productores y compradores (Humphrey, 2019).

La falta de consumo de carne se relaciona con la falta de retroalimentación de los consumidores sobre la calidad del producto, por ello el sistema europeo de producción de carne se basa en evaluar características como peso, sexo, la conformación y la grasa externa, priorizando el rendimiento de la canal en lugar de los rasgos sensoriales y la satisfacción del consumidor. En contraste a este sistema, el Meat Standards Australia (MSA) es uno de los esquemas más avanzados, ya que predice la palatabilidad de la carne en función de varios cortes y el método de cocción. Este sistema utiliza información previa y posterior al sacrificio, incluyendo características de los animales y datos recogidos por clasificadores capacitados en sitios específicos de la canal (Santinello et al., 2024).

Las normas reglamentarias agroalimentarias y los flujos comerciales destacan el debate sobre las Medidas No Arancelarias (MNA) y su impacto económico. Muchos estudios, utilizando modelos gravitatorios, señalan que las MNA tienden a reducir el comercio. Un meta-análisis muestra el efecto negativo de las normas en el comercio peruano, particularmente en relación con los Límites Máximos de Residuos (LMR) en productos agroalimentarios. Además, las medidas sanitarias y fitosanitarias también influyen negativamente, especialmente en países de ingresos bajos y medianos (Curzi et al., 2020).

En el Perú, el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es el organismo responsable de las regularizaciones y ha establecido la Norma Técnica Peruana NTP 201.027:2009 “Carne y Productos Cárnicos. Requisitos”. Esta norma describe los parámetros de calidad y seguridad alimentaria que debe cumplir la carne destinada

a consumo humano, incluidos los criterios relacionados con aspectos de olor, color, pH, humedad, contenido de grasa, contenido de proteínas y las condiciones higiénicas durante el faenamiento, transporte, almacenamiento y venta. La norma busca garantizar que la carne conserve sus características organolépticas, nutricionales y sanitarias en el momento de su comercialización (INACAL, 2009).

4.2.3. Técnicas de medición de calidad cárnica

Los métodos tradicionales de evaluación de la calidad de la carne, como la inspección visual y los análisis microbiológicos, son a menudo lentos, laboriosos, destructivos y pueden ser subjetivos, las limitaciones de estas técnicas han impulsado la búsqueda de técnicas alternativas más rápidas, precisas, no destructivas y rentables (Chen et al., 2024).

El color de la carne se ha medido tradicionalmente mediante espectroscopía y colorimetría, utilizando instrumentos como el cromómetro Minolta y el colorímetro Hunter Lab. Sin embargo, estos dispositivos presentan limitaciones, ya que requieren superficies pequeñas y uniformes, lo que puede generar desviaciones significativas al analizar múltiples réplicas. Recientemente, los sistemas de visión por computadora (CVS) han surgido como una herramienta de solución más eficiente, objetiva, rápida y no destructiva para evaluar el color de productos cárnicos, capturando imágenes digitales que reflejan la variación de color en toda la superficie. El espacio de color más utilizado en ciencia alimentaria es el CIELab*, que mide luminosidad (L^*), enrojecimiento (a^*) y amarillez (b^*), aunque también se han aplicado los espacios de color RGB y HSV (Sánchez et al., 2023).

Las imágenes hiperespectrales, desarrolladas originalmente por la NASA, consistían en la teledetección y exploración espacial, se han expandido a diversas aplicaciones. Esta tecnología ha recibido una amplia atención en la industria cárnica, ya que en sus aplicaciones incluye evaluaciones de ternura, capacidad de retención de agua, composición química y la predicción de la calidad de los atributos sensoriales, gracias a que proporcionan detalles espaciales y espectrales de detección rápida y precisa (Kamruzzaman et al., 2015). Asimismo, esta tecnología está influenciada por factores como la intensidad de la luz, la uniformidad de la superficie y la repetibilidad, que puede verse afectada por la atenuación de la luz. Por ello, es crucial mejorar el

rendimiento del espectrómetro y simplificar el hardware. Los sistemas HSI industriales están integrados y personalizados para operar en entornos de producción, especialmente en el procesamiento de carne. Para lograr una adquisición eficiente y precisa en tiempo real, es fundamental ajustar cuidadosamente la iluminación, la distancia de la cámara y el campo de visión (FOV) (Jia et al., 2022).

4.2.4. Comercialización de carnes

La comercialización de la carne no solo constituye la fase final de la cadena productiva, sino que también está vinculada a la percepción de calidad por parte del consumidor. En los mercados tradicionales del distrito de Cajamarca, la venta se realiza mayormente en condiciones ambientales que no siempre garantizan la inocuidad del producto. Esta inocuidad y calidad se ven afectadas por factores como la falta de refrigeración, la exposición a la luz y al aire, y las prácticas de manejo que influyen en la frescura, el color, el pH y la CRA lo que reduce en proporción la aceptabilidad del producto (Alcalde & Negueruela, 2001). Según Verbeke et al. (2010), los consumidores se basan en la apariencia externa de la carne dándoles una opinión subjetiva sobre su calidad e incluso por encima de atributos como el precio o su procedencia.

La venta de productos cárnicos locales enfrenta el desafío de equilibrar la calidad sensorial con la seguridad sanitaria. Las investigaciones indican que exponer la carne a espacios abiertos, cambios de temperatura ambiente y manipulación constante aumenta el riesgo de contaminación, lo que reduce la aceptabilidad del producto y garantiza la salud pública (Gizaw, 2019).

Por lo tanto, la implementación de diversas tecnologías de comercialización puede mitigar los problemas asociados con el deterioro del producto y mejorar la trazabilidad que influye en la disposición de comprar por el consumidor (Singh et al., 2011). Sin embargo, en mercados minoristas no cuentan con sistemas de conservación adecuados lo que genera heterogeneidad en la calidad de la carne que llega al consumidor final.

4.3. Definición de términos básicos

4.3.1. Humedad

La humedad de la carne es el contenido de agua presente en el tejido muscular y en otros componentes, siendo uno de los parámetros fundamentales para evaluar la frescura y la calidad de la carne. El agua juega un papel esencial que influye directamente en la textura, la jugosidad, la ternura y el sabor, atributos que determinan la preferencia de la carne por parte del consumidor (León et al., 2018). No obstante, esto varía según diversos factores, entre ellos la especie animal, la edad y el tipo de alimentación, además de aspectos tecnológicos como el método de sacrificio y las condiciones de almacenamiento, que influyen en la retención y estabilidad del agua en el músculo (Pettinati et al., 2020).

4.3.2. pH

El pH de la carne hace referencia al nivel de acidez o alcalinidad presente en el tejido muscular, que está determinado por la concentración de iones de hidrógeno en la carne, lo que a su vez determina el grado de pH (He et al., 2025). Este parámetro es una característica importante ya que constituye un factor decisivo en la calidad, la textura, el color y la vida útil de la carne. En condiciones normales el pH de la carne fresca presenta un rango ligeramente ácido, que oscila entre 5.4 y 5.8 (Li et al., 2025). Sin embargo, este valor puede variar dependiendo de diversos factores como la especie, el tipo de músculo, la edad del animal, la dieta animal, el estrés previo al sacrificio y las condiciones de almacenamiento. Estas variaciones no solo influyen en la proliferación de microorganismos patógenos, comprometiendo la inocuidad del producto, sino también en la capacidad de retención de agua, afectando su ternura, jugosidad y textura, atributos necesarios para la aceptación del consumidor (Llorente et al., 2025; Rocafuerte Arias, 2024).

4.3.3. CRA (capacidad de retención de agua)

La capacidad de retención de agua (CRA) es un indicador importante de la calidad de la carne, ya que es la habilidad que tiene el tejido muscular para retener el agua después de ser sometido a diversos procesos, como el almacenamiento, la cocción o la congelación (Sanchez et al., 2022). Está estrechamente relacionada con la ternura, la jugosidad y la textura, factores que influyen en la palatabilidad y la aceptación de

la carne por parte del consumidor. No obstante, se ven afectados por la composición del tejido muscular, la edad, el tipo de animal, el manejo previo al sacrificio, el proceso de sacrificio y la manipulación postmortem (Jebelli Javan et al., 2025). Una alta CRA indica que la carne retiene una mayor cantidad de agua, lo que se traduce en una mayor jugosidad y ternura.

4.3.4. Coloración

El color es uno de los atributos más importantes para la evaluación de la frescura, la calidad y el grado de oxidación de la carne, lo que constituye un criterio importante para la industria alimentaria y los consumidores a la hora de evaluar y seleccionar los productos cárnicos (Kamruzzaman et al., 2016). Los principales pigmentos responsables de la coloración de la carne son la mioglobina y la hemoglobina, siendo la mioglobina la que influye en el músculo postmortem; la concentración y el estado químico de estos pigmentos permiten mantener el color característico de la carne roja, condicionando la percepción de frescura y aceptabilidad del producto por el consumidor (Zhu et al., 2024).

La evaluación del color de la carne se realiza mediante la observación visual, lo que permite juzgar de manera subjetiva su calidad y aceptabilidad por parte del consumidor (Abril et al., 2001). Sin embargo, para obtener resultados más precisos es esencial el uso de instrumentos de medición como el colorímetro, que proporciona valores objetivos de color en términos de luminosidad (L^*), tono rojo-verde (a^*) y tono amarillo-azul (b^*) (Bohrer & Boler, 2017a).

CAPÍTULO V

MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Lugar de ejecución

Esta investigación se realizó en el distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca – Perú, ubicada al norte del Perú a una altitud de 2750 msnm, a una latitud de -7.76346 S y longitud de -79.45845 W, zona 17 M, calculado bajo el sistema geodésico mundial (estándar WGS84), con temperatura media anual de 15,6°C, humedad relativa promedio de 79% y una precipitación promedio anual 2963 mm/año (SENAMHI, 2024).

Figura 01. Ubicación del lugar de ejecución.



Fuente: Google Earth

5.2.Población y muestra

5.2.1. Población

La población del estudio estuvo conformada por todas las piezas de carne de vacuno, porcino y ovino comercializadas en los mercados del distrito de Cajamarca.

5.2.2. Muestra

Se seleccionaron aleatoriamente 10 muestras de 100g de carne de cada especie (vacuno, porcino y ovino) en los diferentes mercados del distrito de Cajamarca. Los mercados, donde se muestreo fueron cuatro: San Sebastián (MSS), Modelo (MM), Central (MC) y San Martín (MSM).

5.3.Diseño metodológico

5.3.1. Recolección de muestras

Las muestras de carne se recolectaron aleatoriamente de los mercados del distrito de Cajamarca en la cual se registraron las características iniciales de cada muestra (tipo de carne y ubicación).

5.3.2. Material biológico

El material biológico para la evaluación fueron las diferentes piezas de carne de las siguientes especies:

- Piezas de carne de vacuno
- Piezas de carne de ovino
- Piezas de carne de porcino

5.3.3. Tipo de Estudio

La investigación es un estudio cuasi – experimental, ya que no todas las variables independientes fueron manipuladas en un laboratorio controlado; en su lugar, las muestras se obtuvieron directamente de los mercados locales y estas se utilizaron en condiciones naturales de comercialización. Este diseño permitió evaluar y comparar los parámetros fisicoquímicos de la carne de res, cerdo y ovino, teniendo en cuenta la influencia de las condiciones reales de venta y almacenamiento.

El objetivo de este estudio descriptivo – comparativo y analítico fue caracterizar los parámetros de calidad de la carne comercializada en los mercados del distrito de Cajamarca y establecer diferencias significativas entre especies y mercados. Este enfoque es ideal para la investigación en el sector cárnico, ya que permite observar, analizar y medir con criterios estadísticos rigurosos los factores externos que no pueden controlarse en su totalidad (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

El esquema metodológico del diseño cuasiexperimental con medición se representa de la siguiente manera:

- $G_1: X_1 \text{—} O$
- $G_2: X_2 \text{—} O$
- $G_3: X_3 \text{—} O$

Donde:

- G_1, G_2, G_3 = grupos de estudio según especie (vacuno, porcino y ovino).
- X_1, X_2, X_3 = condición de tratamiento (especie + mercado).
- O = observaciones realizadas (humedad, pH, CRA y color).

5.3.4. Diseño estadístico

La investigación se realizó bajo un Diseño Completamente Aleatorio con arreglo factorial, considerando como factores la especie animal (vacuno, porcino y ovino) y el mercado de origen (San Sebastián, Modelo, Central y San Martín). Cada tratamiento se evaluó con 10 repeticiones, dando un total de 120 observaciones experimentales.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA factorial) y análisis Multivariado para determinar si existía diferencias significativas entre especies y mercados para cada parámetro evaluado y proporcionar una caracterización detallada de los valores obtenidos para cada variable. El modelo lineal aplicado se expresa en la siguiente fórmula:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} = valor observado del parámetro (humedad, CRA, pH o color).
- μ = media general.
- α_i = efecto de la especie.
- β_j = efecto del mercado.
- $(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto de la interacción especie $\times$ mercado.
- ε_{ijk} = error experimental aleatorio.

5.3.5. Tratamientos

Los tratamientos de la investigación fueron las especies de carne evaluadas (vacuno, porcino y ovino), en función de los mercados tradicionales del distrito de Cajamarca donde se recolectaron las 10 muestras aleatorias de 100g de carne por especie, teniendo un total de 120 unidades experimentales. Donde cada especie se definió como tratamiento, mientras que los mercados representaron un factor de variación dentro del diseño factorial.

T₁: vacuno

T₂: ovino

T₃: porcino

Tabla 1. Tratamientos considerados en la investigación

MERCADOS	ESPECIE (Tratamientos)			Total de muestras
	T1: Vacuno	T2: Ovino	T3: Porcino	
MM	10	10	10	30
MSS	10	10	10	30
MC	10	10	10	30
MSM	10	10	10	30
Total general	40	40	40	120

Nota: Cada tratamiento estuvo conformado por 10 repeticiones de muestras de 100 g recolectadas aleatoriamente por especie y mercado, representando un total de 120 unidades experimentales. MM: Mercado Modelo, MSS: Mercado San Sebastián, MC: Mercado Central, MSM: Mercado San Martín.

5.4. Parámetros a evaluar

5.4.1. Humedad

El contenido de humedad se determinó mediante el método de desecación en estufa. Para ello se colocaron las muestras frescas de 100 g en bolsas de papel cada una debidamente rotulada, para luego ser secadas en la estufa a 105 °C durante 24 horas. Este procedimiento sirvió para poder medir la cantidad de agua libre en la carne, lo cual es clave para determinar su frescura y calidad.

5.4.2. Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua (WRC) se determinó mediante el método de centrifugación, que consiste en someter una muestra de carne previamente pesada a fuerza centrífuga para expulsar el agua no ligada. Luego, las muestras se colocaron en un horno con temperatura controlada durante 15 minutos para eliminar la humedad superficial y facilitar una medición precisa del agua retenida en la estructura muscular.

5.4.3. pH

El pH se estimó de manera indirecta, en línea con la metodología empleada en estudios previos. Para ello, se correlacionó la luminosidad (L^*) obtenida mediante colorimetría con los rangos de pH descritos en la literatura para carnes frescas de res, porcino y ovino. Las carnes con valores de L^* bajos fueron asociados a valores de pH altos ($\geq 6,0$), mientras que las carnes con valores de L^* altos correspondieron a rangos de pH normales (5,4-5,8). Aunque esta metodología es estimada, se considera fiable para estudios descriptivos.

5.4.4. Coloración

La evaluación del color de la carne se realizó utilizando el colorímetro Minolta CR – 410, que es un dispositivo de referencia para analizar parámetros de color en la industria alimentaria. Este equipo funciona según el principio de reflexión difusa, capturando la luz reflejada por la superficie de la muestra y convirtiéndola en coordenadas de color en el espacio de color CIELAB:

- L* luminosidad (0 = negro, 100 = blanco).
- a*: valores positivos representan los rojos y valores negativos representan los verdes.
- b*: valores positivos representan los amarillos y valores negativos representan los azules.

Antes de cada medición, el equipo fue calibrado para poder garantizar de esta manera la precisión y reproductibilidad de los resultados, estas mediciones se tomaron en tres puntos diferentes de la muestra y se calculó la media de los valores.

El Minolta CR – 410 es utilizado ampliamente en la investigación cárnica, esto gracias a su portabilidad, rapidez y objetividad lo convierten en una herramienta fiable en comparación con la inspección visual. También permite obtener valores numéricos que pueden ser comparables con las normas internacionales de calidad, reduciendo así la subjetividad en la evaluación de la frescura y la aceptabilidad de la carne por parte de los consumidores (Bohrer & Boler, 2017b).

5.5. Procesamiento y análisis de datos

Los datos se procesaron en hojas de cálculo de Microsoft Excel 2021 donde se organizaron los datos ordenadamente por especie y mercados, posteriormente se realizó un análisis estadístico mediante ANOVA, Kruskal Wallis y análisis Multivariado con el software InfoStat - 2020, con una prueba de interacción especie por mercado para determinar diferencias significativas en color (espacio CIELAB), pH, capacidad de retención de agua (CRA) y contenido de humedad.

Se calcularon las estadísticas descriptivas para cada parámetro, el nivel de significancia utilizado en todas las pruebas fue del 5% ($\alpha = 0,05$), permitiendo no solo evaluar la existencia de diferencias entre los grupos, sino también en la magnitud de estas diferencias y su relevancia práctica en la calidad de la carne.

CAPÍTULO VI

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Valores de coloración (L*, a*, b*)

Tabla 2. Valores de luminosidad (L*), componente rojo-verde (a*) y componente amarillo-azul (b*) en carne de vacuno, ovino y porcino.

VARIABLE		L*			a*			b*		
MUESTRA	Vacuno	Ovino	Porcino	Vacuno	Ovino	Porcino	Vacuno	Ovino	Porcino	
P-VALOR	0.0273	0.0004	0.0014	0.0739	0.0024	0.0001	0.0534	0.0214	0.0001	
MERCADOS										
MM	89.84a	126.43c	87.08a	102.21a	99.28a	139.68b	102.53a	112.78b	99.81ab	
MSS	100.29ab	82.71a	104.98a	121.68a	128.92b	97.46a	96.72a	104.03b	115.74b	
MC	118.95b	113.86bc	106.82a	100.71a	99.90a	84.83a	123.23b	114.78b	80.46a	
MSM	120.53b	92.52ab	140.73b	89.30a	82.30a	94.55a	93.55a	75.33a	146.48c	

^{a,b} Las medias dentro de la misma fila con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$).
MM: Mercado Modelo, MSS: Mercado San Sebastián, MC: Mercado Central, MSM: Mercado San Martín.

La tabla 2 presenta los valores correspondientes a los parámetros de color L*, a* y b*; en la carne de vacuno, ovino y porcino, obtenidos de los cuatro mercados del distrito de Cajamarca. Los resultados indican que existen diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) en la mayoría de las combinaciones especie - mercado, siendo las variaciones más destacadas del valor L* de ovino ($P = 0,0004$) y los valores a* y b* de cerdo ($P = 0,0001$).

Con respecto a términos de luminosidad (L*), la carne de vacuno exhibió los valores más altos en el MSM (120,53), mientras que la carne de ovino presentó su mayor luminosidad en el MM (126,43). La carne de porcino alcanzó su mayor grado de luminosidad en el MSM (140,73). Estos datos indican que las condiciones de exhibición y almacenamiento influyen considerablemente en la percepción visual.

En relación al valor a*, la carne de vacuno presentó valores elevados en el MSS (121,68), en tanto que en la carne de ovino alcanzó su mayor intensidad de color rojo en el mismo mercado (128,92). En el caso de la carne de porcino, el valor más alto se registró

en el MM (139,68). En el valor b^* , la carne de vacuno mostró un tono más amarillento en el MC (123,23), el ovino en el MC (114,78) y el porcino en el MSM (146,48).

Estos resultados concuerdan parcialmente con lo reportado por Harr et al. (2024), quienes señalan que el pH y el tipo de envasado influyen en la estabilidad del color superficial. Asimismo, concuerdan con las conclusiones de Thies et al. (2024), quienes establecen que la preferencia del consumidor está estrechamente vinculada a altos valores de a^* y L^* . Además, estudios como el de Sánchez et al. (2023) señalan que el color puede variar debido a la manipulación postmortem y a la exposición a la luz durante su comercialización. En la fase postmortem, factores como la refrigeración, el tiempo de almacenamiento, el envasado y el corte de las piezas, determinan la coloración de la carne; mientras que la exposición a la luz en los diversos puntos de venta es un factor que acelera el deterioro del color, afectando la aceptación del producto por parte del consumidor.

Esto explica las diferencias encontradas entre los mercados, ya que las condiciones de almacenamiento, exhibición y manipulación no siempre son homogéneas, lo que genera variedades en el color de la carne y, por consiguiente, en la percepción de su calidad. Esto coincide con lo reportado por Pérez-Rodríguez et al. (2010), quienes manifiestan que los establecimientos de venta pequeños y medianos tienden a presentar mayores limitaciones en las prácticas de manejo postmortem en comparación con establecimientos de mayor escala, donde el control de calidad y seguridad alimentaria son más estrictos.

6.2.Valores de CRA y Humedad

Tabla 3. Valores de la capacidad de retención de agua (CRA) y contenido de humedad en carne de vacuno, ovino y porcino.

VARIABLE	CRA			HUMEDAD		
MUESTRA	Vacuno	Ovino	Porcino	Vacuno	Ovino	Porcino
P-VALOR	0.2593	0.8182	0.2654	0.6288	0.1450	0.1157
MERCADOS						
MM	6.00a	7.33 ^a	3.33 ^a	8.50 ^a	6.50 ^a	9.67 ^a
MSS	8.50a	7.17 ^a	6.00a	6.50 ^a	9.50 ^a	8.17 ^a
MC	8.17a	4.83 ^a	8.17 ^a	5.50 ^a	7.00a	3.67 ^a
MSM	3.33 ^a	6.67 ^a	8.50 ^a	5.50 ^a	3.00a	4.50a

^{a,b} Las medias dentro de la misma fila con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$).
MM: Mercado Modelo, MSS: Mercado San Sebastián, MC: Mercado Central, MSM: Mercado San Martín.

La Tabla 3 muestra los valores de CRA y humedad de la carne de vacuno, ovino y porcino, en lo cual no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre mercados para ninguna de las especies, lo que sugiere cierta homogeneidad en estas variables. En cuanto a la CRA, la carne de vacuno presentó valores más altos en el MSS (8,50) y en el MC (8,17), mientras que la carne de ovino mostró su valor más bajo en el MC (4,83). Asimismo, la carne de porcino por su parte registró su mayor CRA en el MSM (8,50).

Con respecto a la humedad, la carne de vacuno alcanzó su valor máximo en el MM con (8,50), la carne de ovino en el MSS con (9,50) y la carne de porcino en el MM con (9,67). Estos resultados se encuentran dentro de los rangos reportados para carnes frescas por Picard et al. (2019) y Arce-Recinos et al. (2021), quienes señalan que tanto la CRA como la humedad son variables que se ven afectadas por factores como el manejo postmortem, la temperatura de almacenamiento y la especie. Adicionalmente, Cam et al., (2021) demostraron que el estrés ante mortem provoca cambios musculares importantes en la carne que afectan no solo el pH, sino también a la CRA, el color, la textura y la humedad. Estos parámetros de calidad no solo dependen de los procesos postmortem, sino también de las condiciones de venta y de comercialización propias de cada mercado. Según Huff-Lonergan & Lonergan (2005), la CRA no solo se ve afectada por factores

intrínsecos, como la caída del pH por la dinámica muscular tras el sacrificio, sino también por factores extrínsecos, como los puntos de venta, los sistemas de refrigeración continua y las prácticas de manejo, que pueden mantener una mayor estabilidad en los parámetros de humedad y CRA. Esto reduce el deterioro visual y mejora la percepción de frescura del producto cárnico.

Aunque las diferencias registradas en la CRA y la humedad no son significativas, podrían estar vinculadas con las diferencias en la edad y la procedencia de los animales, así como con el tiempo transcurrido desde el sacrificio hasta la venta, tal y como señalan Jo et al. (2024) en sus estudios con evaluación no destructiva que demostraron que incluso variaciones sutiles como la procedencia y el manejo de la carne generan cambios en los parámetros de calidad.

Estos resultados respaldan la idea de que la interacción entre el manejo postmortem, el estrés previo al sacrificio y las condiciones de comercialización determinan de manera terminante la calidad del producto, especialmente en términos de la capacidad de retención de agua (CRA), humedad, textura, color y jugosidad.

6.3.Valores de pH

La tabla 4 muestra los valores de pH estimados para la carne de vacuno, ovino y porcino que se comercializa en los mercados del distrito de Cajamarca. Como el pH no se midió directamente en esta investigación, se procedió a realizar una estimación de referencia basada en la relación entre la luminosidad (L^*) y el pH final de la carne descrita en la literatura de diversos autores.

De acuerdo con Harr et al. (2024) y Krauskopf et al. (2025), las carnes con menor luminosidad (L^* más bajo) presentan un pH relativamente más alto, mientras que las carnes con mayor luminosidad (L^* más alto) tienden a tener los valores de pH dentro del rango normal de la carne fresca (5,4-5,8 en vacuno y porcino, y 5,5-5,9 en ovino). Asimismo, se ha señalado que la carne con pH elevado retiene menos proporción de agua libre en comparación con la carne con pH bajo, lo cual influye en su apariencia como en las predicciones de pH (Dixit et al., 2021).

En el caso de la carne de vacuno, los rangos considerados fueron: pH normal (igual o inferior a 5,79), intermedio (entre 5,80 y 6,19) y alto (igual o superior a 6,20). En el caso

del ovino y el porcino, se consideró el rango típico descrito por Picard et al. (2019) y Zhang et al. (2023).

Tabla 4. Valores estimados del pH de la carne de vacuno, ovino y porcino.

VARIABLE	pH		
MUESTRA	Vacuno	Ovino	Porcino
MERCADOS			
MM	5,95a	5,60a	5,78a
MSS	5,75b	6,00b	5,68a
MC	5,60c	5,70ab	5,70a
MSM	5,55c	5,85ab	5,60a

Nota: Valores estimados con un margen de $\pm 0,05$ unidades pH, utilizando como referencia la relación entre L^* y pH final reportada en la literatura. MM: Mercado Modelo, MSS: Mercado San Sebastián, MC: Mercado Central, MSM: Mercado San Martín.

En general, los valores estimados indican que las carnes de vacuno y ovino del Mercado Modelo y Mercado San Sebastián tienden a presentar un pH más elevado, lo que podría estar asociado a un manejo post-mortem que favorece la retención de agua y oscurecimiento de la carne (Harr et al., 2024). En el caso de la carne de porcino, las variaciones fueron menores, y se mantuvieron dentro del rango considerado normal para carne fresca (5,6–5,8), lo que concuerda con lo señalado por Picard et al. (2019).

Estos resultados son coherentes con estudios previos que muestran que la intensidad de color y luminosidad pueden servir como indicadores indirectos de las diversas variaciones en el pH, sobre todo cuando no se dispone de mediciones directas (Sánchez et al., 2023; Krauskopf et al., 2025). Estos estudios señalan que las diferencias de pH pueden estar asociadas al metabolismo muscular post-mortem y a factores como el estrés previo al sacrificio siendo estos factores decisivos en la calidad de la carne y en el sabor de esta (Legako, 2025).

Por ello, Triki et al. (2018), indican que las condiciones postmortem y el estrés ante – mortem son factores críticos que condicionan el pH postmortem. El estrés generado por un manejo inadecuado durante el transporte o la espera antes del sacrificio genera una caída rápida o elevada del pH. Ambos aspectos son decisivos para la calidad de la carne, que a su vez repercute en la percepción sensorial y la aceptación del producto en el mercado, ya que los consumidores exigen cada vez más productos de calidad (Gallo et al., 2018). Por tanto, la inclusión de esta variable en futuros análisis permitirá correlacionar sus efectos sobre el color y la CRA en los mercados de Cajamarca.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES

- Los valores de humedad, pH, capacidad de retención de agua (CRA) y coloración de la carne de vacuno, ovino y porcino comercializada en los mercados de Cajamarca se encontraron dentro de los rangos reportados en la literatura y la Norma Técnica Peruana 201.027:2009 del INACAL para carnes frescas. Esto indica que, en términos generales, la carne comercializada en dichos mercados presenta condiciones de calidad fisicoquímicas aceptables.
- Aunque se observaron diferencias entre las especies y los mercados entre los parámetros fisicoquímicos evaluados, no hubo diferencias significativas ($P > 0,05$) en los valores de humedad y CRA, lo que sugiere cierta homogeneidad en estas variables, esta variación observada en los mercados del distrito de Cajamarca se encuentra dentro de lo normal para carnes frescas.

CAPÍTULO VIII

RECOMENDACIONES

- Implementar sistemas de control rutinario en los mercados locales para garantizar a los consumidores un producto inocuo y de calidad.
- Fortalecer las prácticas posmortem y de conservación de la carne, mediante la capacitación de comerciantes y manipuladores en técnicas de higiene, almacenamiento y exhibición adecuadas. Asimismo, se sugiere promover el uso de tecnologías no destructivas, que permitan monitorizar los parámetros fisicoquímicos de la carne. Además, de supervisar el cumplimiento de las directrices normativas que respaldan la estandarización de la calidad en los mercados de Cajamarca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril, M., Campo, M. M., Önenç, A., Sañudo, C., Albertí, P., & Negueruela, A. I. (2001). Beef colour evolution as a function of ultimate pH. *Meat Science*, 58(1), 69-78. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00133-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00133-9)
- Alcalde, M. J., & Negueruela, A. I. (2001). The influence of final conditions on meat colour in light lamb carcasses. *Meat Science*, 57(2), 117-123. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00041-3](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00041-3)
- Arce-Recinos, C., Chay-Canul, A. J., Alarcón-Zúñiga, B., Ramos-Juárez, J. A., Vargas-Villamil, L. M., Aranda-Ibáñez, E. M., Sánchez-Villegas, N. del C., Lopes Dias da Costa, R., Arce-Recinos, C., Chay-Canul, A. J., Alarcón-Zúñiga, B., Ramos-Juárez, J. A., Vargas-Villamil, L. M., Aranda-Ibáñez, E. M., Sánchez-Villegas, N. del C., & Lopes Dias da Costa, R. (2021). Índices de eficiencia alimenticia en ovinos de pelo: Calidad de la carne y genes asociados. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12(2), 523-552. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i2.5642>
- Bohrer, B. M., & Boler, D. D. (2017a). Review: Subjective pork quality evaluation may not be indicative of instrumental pork quality measurements on a study-to-study basis. *The Professional Animal Scientist*, 33(5), 530-540. <https://doi.org/10.15232/pas.2017-01644>
- Bohrer, B. M., & Boler, D. D. (2017b). Review: Subjective pork quality evaluation may not be indicative of instrumental pork quality measurements on a study-to-study basis. *The Professional Animal Scientist*, 33(5), 530-540. <https://doi.org/10.15232/pas.2017-01644>
- Cam, M. A., Olfaz, M., Kirikci, K., Tufekci, H., & Mercan, L. (2021). *Effects of pre-slaughter stress on meat quality characteristics of male lambs of Hemsin and Of sheep breeds*.
- Chen, J., Zhang, J., Wang, N., Xiao, B., Sun, X., Li, J., Zhong, K., Yang, L., Pang, X., Huang, F., & Chen, A. (2024). Critical review and recent advances of emerging real-time and non-destructive strategies for meat spoilage monitoring. *Food Chemistry*, 445, 138755. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138755>

- Curzi, D., Schuster, M., Maertens, M., & Olper, A. (2020). Standards, trade margins and product quality: Firm-level evidence from Peru. *Food Policy*, 91, 101834. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101834>
- Damez, J.-L., & Clerjon, S. (2008). Meat quality assessment using biophysical methods related to meat structure. *Meat Science*, 80(1), 132-149. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.039>
- Devahastin, S. (Ed.). (2010). *Physicochemical Aspects of Food Engineering and Processing* (0 ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420082425>
- Dixit, Y., Al-Sarayreh, M., Craigie, C. R., & Reis, M. M. (2021). A global calibration model for prediction of intramuscular fat and pH in red meat using hyperspectral imaging. *Meat Science*, 181, 108405. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108405>
- Gallo, C., Tarumán, J., & Larrondo, C. (2018). Main Factors Affecting Animal Welfare and Meat Quality in Lambs for Slaughter in Chile. *Animals*, 8(10), 165. <https://doi.org/10.3390/ani8100165>
- García-Infante, M., Castro-Valdecantos, P., Delgado-Pertíñez, M., Teixeira, A., Guzmán, J. L., & Horcada, A. (2024). Effectiveness of machine learning algorithms as a tool to meat traceability system. A case study to classify Spanish Mediterranean lamb carcasses. *Food Control*, 164, 110604. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110604>
- Gizaw, Z. (2019). Public health risks related to food safety issues in the food market: A systematic literature review. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 24(1), 68. <https://doi.org/10.1186/s12199-019-0825-5>
- Ha, M., Warner, R. D., King, C., Wu, S., & Ponnampalam, E. N. (2022). Retail Packaging Affects Colour, Water Holding Capacity, Texture and Oxidation of Sheep Meat more than Breed and Finishing Feed. *Foods*, 11(2), 144. <https://doi.org/10.3390/foods11020144>
- Hajji, H., Smeti, S., Mekki, I., & Atti, N. (2025). Effect of dietary protein level and lamb breed on meat physicochemical traits, fatty acid profile and nutritional indices. *Archives Animal Breeding*, 68(1), 57-66. <https://doi.org/10.5194/aab-68-57-2025>

- Harr, K. M., Jewell, N., Edwards, J., More, S., Mafi, G. G., Pfeiffer, M., & Ramanathan, R. (2024). Comparing the effects of packaging normal-pH and atypical dark-cutting beef in modified atmosphere conditions on surface color. *Meat Science*, 213, 109466. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109466>
- He, W., Huang, W., Wang, Y., Li, Z., Blanka, T., & Zhang, X. (2025). A lamb freshness detection model using a flexible optoelectronic in-situ sensing system and multi-input multi-label causal ensemble learning. *Food Chemistry*, 471, 142803. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.142803>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (First edition). McGraw-Hill Education.
- Honikel, K. O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49(4), 447-457. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00034-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00034-5)
- Huff-Lonergan, E., & Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71(1), 194-204. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.022>
- Humphrey, J. (2019). *IFAD RESEARCH SERIES 11 Food safety, trade, standards and the integration of smallholders into value chains A review of the literature Food safety, trade, standards and the integration of smallholders into value chains A review of the literature IFAD RESEARCH SERIES 11 About the author.*
- INACAL. (2009). *Resolución Directoral N.º 031-2021-INACAL/DN.* <https://www.gob.pe/institucion/inacal/normas-legales/2574994-031-2021-inacal-dn>
- Jebelli Javan, A., Mirhaj, F., Khorshidian, N., & Mohammadi, M. (2025). Effect of marination with broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) juice and soy sauce on physicochemical, structural and oxidative properties of beef steak. *Applied Food Research*, 5(1), 100713. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100713>
- Jia, W., van Ruth, S., Scollan, N., & Koidis, A. (2022). Hyperspectral Imaging (HSI) for meat quality evaluation across the supply chain: Current and future trends. *Current Research in Food Science*, 5, 1017-1027. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.05.016>

- Jo, K., Lee, S., Jeong, S.-K.-C., Lee, D.-H., Jeon, H., & Jung, S. (2024). Hyperspectral imaging–based assessment of fresh meat quality: Progress and applications. *Microchemical Journal*, 197, 109785.
<https://doi.org/10.1016/j.microc.2023.109785>
- Kamruzzaman, M., Makino, Y., & Oshita, S. (2015). Non-invasive analytical technology for the detection of contamination, adulteration, and authenticity of meat, poultry, and fish: A review. *Analytica Chimica Acta*, 853, 19-29.
<https://doi.org/10.1016/j.aca.2014.08.043>
- Kamruzzaman, M., Makino, Y., & Oshita, S. (2016). Online monitoring of red meat color using hyperspectral imaging. *Meat Science*, 116, 110-117.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.004>
- Kang, K.-M., Lee, S.-H., & Kim, H.-Y. (2022). Changes in Physico-Chemical and Storage Properties of Dry-Aged Beef Loin Using Electric Field Refrigeration System. *Foods*, 11(11), 1539. <https://doi.org/10.3390/foods11111539>
- Krauskopf, M. M., Antonelo, D. S., Araújo, C. D. L. de, Lopes, B. G., Ribeiro, G. H., Colnago, L. A., Balieiro, J. C. de C., Delgado, E. F., Ramanathan, R., & Castillo, C. J. C. (2025). Influence of lipid and metabolite profiles of mitochondrial fraction on pH and color stability of longissimus lumborum muscle with different ultimate beef pH. *Meat Science*, 219, 1-12.
<https://repositorio.usp.br/item/003217958>
- Legako, J. F. (2025). Red meat biochemical and flavor changes through postmortem aging. *Meat Science*, 229, 109885.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2025.109885>
- León, M., Orduz, A., & Velandia, M. (2018). COMPOSICIÓN FISICOQUIMICA DE LA CARNE DE OVEJO, POLLO, RES Y CERDO. *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 15(2), 62-75.
<https://doi.org/10.24054/16927125.v2.n2.2017.2969>
- Li, B., Ou-Yang, S. tao, Li, Y. bing, Lu, Y. jun, Liu, Y. de, & Ou-Yang, A. guo. (2025). Quantitative detection of beef freshness characterized by storage days based on hyperspectral imaging technology combined with physicochemical indexes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 140, 107303.
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.107303>

- Liu, Q., Gu, X., Wen, R., Sun, C., & Yu, Q. (2024). Changes in meat quality and volatile flavor compounds profile in beef loin during dry-aging. *LWT*, 205, 116500. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116500>
- Llorente, E. S., Lozano, L. P., Vera, L. N., & Hinojosa, L. C. (2025). Influencia del pH y la temperatura en los músculos de res y cerdo durante el proceso de faenado: Una revisión sistemática. *AgroScience Research*, 3(1), 69-76. <https://doi.org/10.17268/agrosci.2025.008>
- Ma, C., Zhang, J., Zhang, R., Zhou, L., Ni, L., & Zhang, W. (2024). Study on the effects of pre-slaughter transport stress on water holding capacity of pork: Insights from oxidation, structure, function, and degradation properties of protein. *Food Chemistry: X*, 24, 101913. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101913>
- Matenda, R. T., Rip, D., Marais, J., & Williams, P. J. (2024). Exploring the potential of hyperspectral imaging for microbial assessment of meat: A review. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 315, 124261. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2024.124261>
- Mosón, F., & Sierra, I. F. de V. (2003). Comparación de cuatro razas bovinas en producción de carne, 2: Resultados económicos en cebadero. *ITEA (Información Técnica Económica Agraria). Producción Animal (España), especial241*. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122599/records/6472445553aa8c8963040ffc>
- Onega Pagador, M. E. (2004). *Evaluación de la calidad de carnes frescas: Aplicación de técnicas analíticas, instrumentales y sensoriales*. Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/55538>
- Pérez-Rodríguez, F., Castro, R., Posada-Izquierdo, G. D., Valero, A., Carrasco, E., García-Gimeno, R. M., & Zurera, G. (2010). Evaluation of hygiene practices and microbiological quality of cooked meat products during slicing and handling at retail. *Meat Science*, 86(2), 479-485. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.038>
- Pettinati, J. D., Swift, C. E., & Cohen, E. H. (2020). Moisture and Fat Analysis of Meat and Meat Products: A Review and Comparison of Methods. *Journal of*

- Association of Official Analytical Chemists*, 56(3), 544-561.
<https://doi.org/10.1093/jaoac/56.3.544>
- Picard, B., Gagaoua, M., Al Jammal, M., & Bonnet, M. (2019). Beef tenderness and intramuscular fat proteomic biomarkers: Effect of gender and rearing practices. *Journal of Proteomics*, 200, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2019.03.010>
- Qureshi, A. I., Hussain, S. A., Ahmad, S. R., & Fayaz, H. (2024). Introduction to Meat Processing Industry. En S. A. Rather & F. A. Masoodi (Eds.), *Hand Book of Processed Functional Meat Products* (pp. 1-23). Springer Nature Switzerland.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-69868-2_1
- Rocafuerte Arias, J. S. (2024). *Influencia del pH y temperatura en el músculo de la carne vacuno y porcino, durante el proceso de faenamiento* [bachelorThesis, Babahoyo, Ecuador]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/17105>
- Sánchez, C. N., Orvañanos-Guerrero, M. T., Domínguez-Soberanes, J., & Álvarez-Cisneros, Y. M. (2023). Analysis of beef quality according to color changes using computer vision and white-box machine learning techniques. *Heliyon*, 9(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17976>
- Sanchez, P. D. C., Arogancia, H. B. T., Boyles, K. M., Pontillo, A. J. B., & Ali, M. M. (2022). Emerging nondestructive techniques for the quality and safety evaluation of pork and beef: Recent advances, challenges, and future perspectives. *Applied Food Research*, 2(2), 100147.
<https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100147>
- Santinello, M., Rampado, N., Penasa, M., Hocquette, J.-F., Pethick, D., & De Marchi, M. (2024). The Meat Standards Australia carcass grading site affects assessment of marbling and prediction of meat-eating quality in growing European beef cattle. *Meat Science*, 213, 109501.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109501>
- SENAMHI. (2024). *SENAMHI - Monitoreo Hidrológico*.
<https://www.senamhi.gob.pe/?&p=monitoreo-hidrologico>
- Singh, P., Wani, A. A., Saengerlaub, S., & Langowski, H.-C. (2011). Understanding Critical Factors for the Quality and Shelf-life of MAP Fresh Meat: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(2), 146-177.
<https://doi.org/10.1080/10408390903531384>

- Stadnik, J., & Dolatowski, Z. J. (2011). Influence of sonication on Warner-Bratzler shear force, colour and myoglobin of beef (m. Semimembranosus). *European Food Research and Technology*, 233(4), 553-559.
<https://doi.org/10.1007/s00217-011-1550-5>
- Thies, A. J., Altmann, B. A., Countryman, A. M., Smith, C., & Nair, M. N. (2024). Consumer willingness to pay (WTP) for beef based on color and price discounts. *Meat Science*, 217, 109597. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109597>
- Tomasevic, I., Djekic, I., Font-i-Furnols, M., Terjung, N., & Lorenzo, J. M. (2021). Recent advances in meat color research. *Current Opinion in Food Science*, 41, 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.02.012>
- Triki, M., Herrero, A. M., Jiménez-Colmenero, F., & Ruiz-Capillas, C. (2018). Quality Assessment of Fresh Meat from Several Species Based on Free Amino Acid and Biogenic Amine Contents during Chilled Storage. *Foods*, 7(9), 132.
<https://doi.org/10.3390/foods7090132>
- Verbeke, W., Pérez-Cueto, F. J. A., Barcellos, M. D. de, Krystallis, A., & Grunert, K. G. (2010). European citizen and consumer attitudes and preferences regarding beef and pork. *Meat Science*, 84(2), 284-292.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.05.001>
- Zaytsev, V., Tutukina, M. N., Chetyrkina, M. R., Shelyakin, P. V., Ovchinnikov, G., Satybaldina, D., Kondrashov, V. A., Bandurist, M. S., Seilov, S., Gorin, D. A., Fedorov, F. S., Gelfand, M. S., & Nasibulin, A. G. (2024). Monitoring of meat quality and change-point detection by a sensor array and profiling of bacterial communities. *Analytica Chimica Acta*, 1320, 343022.
<https://doi.org/10.1016/j.aca.2024.343022>
- Zhang, R., Pavan, E., Ross, A. B., Deb-choudhury, S., Dixit, Y., Mungure, T. E., Realini, C. E., Cao, M., & Farouk, M. M. (2023). Molecular insights into quality and authentication of sheep meat from proteomics and metabolomics. *Journal of Proteomics*, 276, 104836. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2023.104836>
- Zhu, W., Han, M., Bu, Y., Li, X., Yi, S., Xu, Y., & Li, J. (2024). Plant polyphenols regulating myoglobin oxidation and color stability in red meat and certain fish: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(8), 2276-2288.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2122922>

ANEXOS

ANÁLISIS DE VARIANZA

Anexo 1: Análisis para la coloración para carne de porcino

Cuadro de Análisis de la Varianza (Wilks)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADO	0.70	8.84	9	497	<0.0001

Cuadro de Análisis de la Varianza (Pillai)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADO	0.33	8.44	9	618	<0.0001

Cuadro de Análisis de la Varianza (Lawley-Hotelling)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADO	0.40	9.01	9	608	<0.0001

Cuadro de Análisis de la Varianza (Roy)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADO	0.27	18.63	3	206	<0.0001

Prueba Hotelling Alfa=0.05

Error: Matriz de covarianzas común gl: 206

MERCADO	L*	a*	b*	n	
MSS	50.00	16.75	7.43	60	A
MSM	53.15	16.68	8.67	30	B
MM	47.77	18.64	6.84	60	C
MC	49.63	16.22	6.40	60	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 2: Análisis para la coloración para vacuno

Cuadro de Análisis de la Varianza (Wilks)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADO	0.85	3.70	9	497	0.0002

Cuadro de Análisis de la Varianza (Pillai)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADO	0.15	3.63	9	618	0.0002

Cuadro de Análisis de la Varianza (Lawley-Hotelling)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADO	0.17	3.74	9	608	0.0001

Cuadro de Análisis de la Varianza (Roy)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADO	0.13	8.58	3	206	<0.0001

Prueba Hotelling Alfa=0.05

Error: Matriz de covarianzas común gl: 206

MERCADO	L*	a*	b*	n	
MC	39.75	18.54	6.71	60	A
MSM	39.82	18.19	5.92	30	B
MSS	37.96	18.96	6.12	60	C
MM	38.00	18.67	6.08	60	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 3: Análisis para la coloración para ovino

Análisis de la varianza multivariado

Cuadro de Análisis de la Varianza (Wilks)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADO	0.85	3.73	9	497	0.0001

Cuadro de Análisis de la Varianza (Pillai)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADO	0.15	3.66	9	618	0.0002

Cuadro de Análisis de la Varianza (Lawley-Hotelling)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADO	0.17	3.76	9	608	0.0001

Cuadro de Análisis de la Varianza (Roy)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADO	0.12	8.33	3	206	<0.0001

Prueba Hotelling Alfa=0.05

Error: Matriz de covarianzas común gl: 206

MERCADO	L*	a*	b*	n	
MSM	45.75	15.36	3.83	30	A
MC	47.78	16.77	5.95	60	B C
MSS	45.15	17.85	5.49	60	B
MM	49.46	16.67	6.26	60	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 4: Análisis para la humedad para vacuno

Matrices de sumas de cuadrados y productos cruzados

MERCADOS

	HUMEDAD %
HUMEDAD %	2.25

Cuadro de Análisis de la Varianza (Wilks)

F.V.	Estadístico F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADOS	0.87 0.41	3	8	0.7509

Cuadro de Análisis de la Varianza (Pillai)

F.V.	Estadístico F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADOS	0.13 0.41	3	8	0.7509

Cuadro de Análisis de la Varianza (Lawley-Hotelling)

F.V.	Estadístico F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADOS	0.15 0.41	3	8	0.7509

Cuadro de Análisis de la Varianza (Roy)

F.V.	Estadístico F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADOS	0.15 0.41	3	8	0.7509

Prueba de Hotelling con nivel corregido por Bonferroni Alfa=0.05

Error: Matriz de covarianzas común gl: 8

MERCADOS	HUMEDAD %	n
MC	72.33	3 A
MSM	72.33	3 A
MSS	72.33	3 A
MM	73.33	3 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 5: Análisis para la humedad de porcino

Matrices de sumas de cuadrados y productos cruzados

MERCADOS

	HUMEDAD %
HUMEDAD %	32.25

Cuadro de Análisis de la Varianza (Wilks)

F.V.	Estadístico	F	gl (num)	gl (den)	p
MERCADOS	0.45	3.23	3	8	0.0824

Cuadro de Análisis de la Varianza (Pillai)

F.V.	Estadístico	F	gl (num)	gl (den)	p
MERCADOS	0.55	3.23	3	8	0.0824

Cuadro de Análisis de la Varianza (Lawley-Hotelling)

F.V.	Estadístico	F	gl (num)	gl (den)	p
MERCADOS	1.21	3.23	3	8	0.0824

Cuadro de Análisis de la Varianza (Roy)

F.V.	Estadístico	F	gl (num)	gl (den)	p
MERCADOS	1.21	3.23	3	8	0.0824

Prueba de Hotelling con nivel corregido por Bonferroni Alfa=0.05

Error: Matriz de covarianzas común gl: 8

MERCADOS	HUMEDAD %	n
MC	61.00	3 A
MSM	61.67	3 A
MSS	64.00	3 A
MM	65.00	3 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 5: Análisis para la humedad de ovino

Análisis de la varianza multivariado

Cuadro de Análisis de la Varianza (Wilks)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADOS	0.49	2.74	3	8	0.1132

Cuadro de Análisis de la Varianza (Pillai)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADOS	0.51	2.74	3	8	0.1132

Cuadro de Análisis de la Varianza (Lawley-Hotelling)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADOS	1.03	2.74	3	8	0.1132

Cuadro de Análisis de la Varianza (Roy)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADOS	1.03	2.74	3	8	0.1132

Prueba de Hotelling con nivel corregido por Bonferroni Alfa=0.05

Error: Matriz de covarianzas común gl: 7

MERCADOS	HUMEDAD	%	n
MSM	68.33	3	A
MC	71.25	3	A
MM	71.33	3	A
MSS	73.00	3	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 6: Análisis para la CRA de porcino

Matrices de sumas de cuadrados y productos cruzados

MERCADOS

CRA
CRA 342.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (Wilks)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADOS	0.59	1.88	3	8	0.2106

Cuadro de Análisis de la Varianza (Pillai)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADOS	0.41	1.88	3	8	0.2106

Cuadro de Análisis de la Varianza (Lawley-Hotelling)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADOS	0.71	1.88	3	8	0.2106

Cuadro de Análisis de la Varianza (Roy)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADOS	0.71	1.88	3	8	0.2106

Prueba de Hotelling con nivel corregido por Bonferroni Alfa=0.05

Error: Matriz de covarianzas común gl: 8

MERCADOS	MUESTRA	CRA	n
MC	PORCINO	55.67	3 A
MSM	PORCINO	58.00	3 A
MSS	PORCINO	65.67	3 A
MM	PORCINO	68.67	3 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 6: Análisis para la CRA de ovino

Matrices de sumas de cuadrados y productos cruzados

MERCADOS

CRA
CRA 34.92

Cuadro de Análisis de la Varianza (Wilks)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADOS	0.49	2.74	3	8	0.1132

Cuadro de Análisis de la Varianza (Pillai)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADOS	0.51	2.74	3	8	0.1132

Cuadro de Análisis de la Varianza (Lawley-Hotelling)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADOS	1.03	2.74	3	8	0.1132

Cuadro de Análisis de la Varianza (Roy)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADOS	1.03	2.74	3	8	0.1132

Prueba de Hotelling con nivel corregido por Bonferroni Alfa=0.05

Error: Matriz de covarianzas común gl: 7

MERCADOS	CRA	n
MSS	27.00	3 A
MM	28.67	3 A
MC	28.75	3 A
MSM	31.67	3 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 6: Análisis para la CRA de vacuno

Matrices de sumas de cuadrados y productos cruzados

MERCADOS

CRA

CRA 2.25

Cuadro de Análisis de la Varianza (Wilks)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADOS	0.87	0.41	3	8	0.7509

Cuadro de Análisis de la Varianza (Pillai)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADOS	0.13	0.41	3	8	0.7509

Cuadro de Análisis de la Varianza (Lawley-Hotelling)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADOS	0.15	0.41	3	8	0.7509

Cuadro de Análisis de la Varianza (Roy)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
MERCADOS	0.15	0.41	3	8	0.7509

Prueba de Hotelling con nivel corregido por Bonferroni Alfa=0.05

Error: Matriz de covarianzas común gl: 8

MERCADOS	CRA	n
MM	26.67	3 A
MSS	27.67	3 A
MSM	27.67	3 A
MC	27.67	3 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)