



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN
Y SERVICIO EN ZOOTECNIA
POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

EFFECTO DEL SEXO EN LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA
CARNE DE BÚFALOS FINALIZADOS EN CONFINAMIENTO

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

Presenta:

JAVIER HERRERA GODOY

Bajo la supervisión de: **Gilberto Aranda Osorio, Ph.D.**



Chapingo, Estado de México, junio de 2025.

EFFECTO DEL SEXO EN LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA CARNE DE BÚFALOS FINALIZADOS EN CONFINAMIENTO

Tesis realizada por **JAVIER HERRERA GODOY**, bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

DIRECTOR:



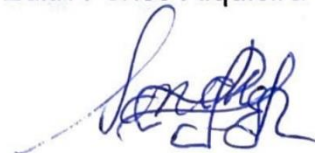
Ph.D. Gilberto Aranda Osorio

ASESORA:



Ph.D. Edith Ponce Alquicira

ASESOR:



M.C. Carlos Sánchez Del Real

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
DEDICATORIAS	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
DATOS BIOGRÁFICOS	x
RESUMEN GENERAL	xi
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1. Literatura citada	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Presencia del búfalo de agua	3
2.2. Perspectivas de carne bufalina.....	4
2.3. Composición nutricional	6
2.3.1. Proteína.....	8
2.3.2. Grasa.....	8
2.3.3. Humedad	9
2.3.4. Colágeno	9
2.4. Composición mineral.....	9
2.4.1. Cenizas.....	10
2.4.2. Minerales	10
2.5. Composición del tejido graso	13
2.5.1. Ácidos grasos saturados.....	15
2.5.2. Ácidos grasos monoinsaturados	15

2.5.3.	Ácidos grasos polinsaturados	15
2.5.4.	Palmítico	16
2.5.5.	Esteárico.....	16
2.5.6.	Oleico	16
2.5.7.	Linoleico	16
2.5.8.	Linolénico	17
2.5.9.	Colesterol	17
2.6.	Perfil electroforético de proteínas	17
2.7.	Características de calidad	18
2.7.1.	pH.....	20
2.7.2.	Área del ojo del lomo y espesor de grasa dorsal.....	20
2.7.3.	Color	21
2.7.4.	Estados de Mioglobina.....	22
2.8.	Literatura citada	23
3.	PERFIL NUTRICIONAL Y CALIDAD DE CARNE DE BÚFALOS FINALIZADOS EN CONDICIONES DE CONFINAMIENTO EN EL CENTRO DE MÉXICO	29
3.1.	Resumen.....	29
3.2.	Abstract.....	30
3.3.	Introducción.....	31
3.4.	Materiales y Métodos	32
3.4.1.	Animales.....	32
3.4.2.	Muestreo.....	32

3.4.3.	Conservación de muestras	33
3.4.4.	Determinaciones de composición nutricional	34
3.4.5.	Determinaciones de composición mineral	34
3.4.6.	Determinaciones de composición del tejido graso	35
3.4.7.	Determinaciones del perfil electroforético de proteínas	35
3.4.8.	Determinaciones de calidad de la carne	37
3.5.	Análisis estadístico	39
3.6.	Resultados y discusión	40
3.6.1.	Composición nutricional	40
3.6.2.	Composición mineral	45
3.6.3.	Composición del tejido graso	47
3.6.4.	Perfil electroforético de proteínas	54
3.6.5.	Calidad de la carne	58
3.7.	Conclusiones	63
3.8.	Literatura citada	64

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Diferencias principales entre búfalo de río y de pantano	3
Cuadro 2. Producción mundial de carne de búfalo por país.	5
Cuadro 3. Composición nutricional del músculo <i>Longissimus dorsi</i> de búfalos y búfalas de búfalo bajo diferentes sistemas de finalización.	7
Cuadro 4. Contenido de cenizas del músculo <i>Longissimus dorsi</i> de búfalos y búfalas bajo diferentes sistemas de finalización.	9
Cuadro 5. Perfil mineral (Fe, Cu y Zn) del músculo <i>Longissimus dorsi</i> de búfalos y búfalas finalizados en diferentes sistemas.	11
Cuadro 6. Componentes del tejido graso del <i>Longissimus dorsi</i> de búfalos y res finalizados en diferentes sistemas de alimentación.	14
Cuadro 7. Variables de calidad del músculo <i>Longissimus dorsi</i> de res y búfalos finalizados en diferentes sistemas.	19
Cuadro 8. Clasificación de las muestras de carne de búfalos	32
Cuadro 9. Contenido de proteína, grasa, humedad y colágeno de búfalos finalizados en confinamiento según las regiones anatómicas muestreadas.	40
Cuadro 10. Contenido de proteína, grasa, humedad y colágeno de búfalos finalizados en confinamiento.	43
Cuadro 11. Contenido de Hierro, Cobre y Zinc en el lomo de búfalos finalizados en confinamiento.	45
Cuadro 12. Componentes del tejido graso de res y búfalos presentes en <i>Longissimus dorsi</i>	47
Cuadro 13. Variables de calidad del lomo de búfalos finalizados en confinamiento	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. a) Búfalo de río; b) Búfalo de pantano; c) Búfalo Arni	3
Figura 2. Presencia del búfalo de agua en el mundo.	4
Figura 3. Localización de regiones anatómicas muestreadas en la media canal.	33
Figura 4. Regiones anatómicas muestreadas. De izquierda a derecha: pierna, lomo, arrachera gallo (diafragma), espaldilla y pecho.	33
Figura 5. Electroforesis nativa en gel del 7 % de acrilamida de extractos de proteínas solubles en agua del músculo <i>Longissimus dorsi</i> de búfalos alimentados en confinamiento.	54
Figura 6. Electroforesis nativa en gel del 7 % de acrilamida de extractos de proteínas solubles en agua del músculo <i>Longissimus dorsi</i> de búfalas alimentadas en confinamiento..	55
Figura 7. Electroforesis nativa en gel del 7 % de acrilamida de extractos de proteínas solubles en agua del músculo <i>Longissimus dorsi</i> de res alimentados en confinamiento..	56

DEDICATORIAS

A mis padres, Javier Herrera Salomón y Brigida Carolina Godoy Inocencio, quienes han sido y serán mi mayor ejemplo para superarme y persistir en esta vida.

A mis abuelos, que siempre han estado y estuvieron orgullosos del proceso de formación que me ha brindado Chapingo.

A Hazael Herrera Godoy, no importa a dónde nos lleve la vida, siempre serás mi hermano y mi mejor amigo.

A Verónica Mariana Hernández Ramírez; amiga y futura compañera de vida, con todo el cariño del mundo, por apoyarme y ser mi cómplice.

A mis hijos y nietos, sírvase el presente como guía de perseverancia.

“Fibra, coraje y valor”

-J.H.S. †

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, la cual me ha formado como profesionista y como ser humano desde la educación media superior hasta el Posgrado.

Al Posgrado en Producción Animal (PPA), por ser un pilar fundamental en el desarrollo de mi persona como un investigador.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico brindado durante la duración del programa de maestría.

Al Dr. Gilberto Aranda Osorio por su mentoría en el desarrollo y culminación del presente trabajo.

A la Dra. Edith Ponce Alquicira por su amabilidad, disposición y cordialidad para orientarme.

Al M.C. Carlos Sánchez Del Real por su invaluable apoyo para la culminación de este trabajo, siempre estaré agradecido.

A mis compañeros del laboratorio W-207 “Biología Molecular y Bioquímica de Macromoléculas” de la UAM-Iztapalapa, quienes me adoptaron como pantera.

A la Dra. Jessica Josefina Hurtado Rios por el apoyo brindado para la culminación de este trabajo.

A los profesores del PPA, quienes han sido una parte invaluable en mi formación y que, a algunos, con gusto puedo llamar amigos.

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos personales

Nombre	Javier Herrera Godoy
Fecha de nacimiento	14 de agosto de 1999
Lugar de nacimiento	Sahuayo, Michoacán, México.
CURP	HEGJ990814HMNRDV02
Profesión	Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia
Cédula Profesional	13010959

Desarrollo académico

Maestría en Ciencias (2023-2024)	DEIS en Zootecnia Posgrado en Producción Animal Universidad Autónoma Chapingo
Licenciatura (2017-2021)	DEIS en Zootecnia Universidad Autónoma Chapingo
Preparatoria (2014-2017)	Preparatoria Agrícola Universidad Autónoma Chapingo

RESUMEN GENERAL

PERFIL NUTRICIONAL Y CALIDAD DE CARNE DE BÚFALOS FINALIZADOS EN CONDICIONES DE CONFINAMIENTO EN EL CENTRO DE MÉXICO

NUTRITIONAL PROFILE AND MEAT QUALITY OF BUFFALOES FINISHED IN FEEDLOT CONDITIONS IN CENTRAL MEXICO

Resumen

La presente investigación evaluó las diferencias nutricionales y de calidad de carne de 10 búfalos (búfalos, n=5; búfalas, n=5) finalizados en confinamiento. Se muestrearon en las medias canales izquierdas de cada individuo: pierna, lomo, diafragma, espaldilla y pecho. Para el análisis de perfil nutricional se utilizaron las cinco regiones anteriormente mencionadas; para los análisis del perfil mineral, electroforético y de la calidad de carne se utilizó el lomo (*Longissimus dorsi*). El análisis de la composición del tejido graso se realizó con grasa del lomo de res (machos) y lomo de búfalos. Los resultados se analizaron ajustando un diseño completamente al azar para observar los efectos de las variables respecto al sexo. Los resultados mostraron que los búfalos fueron diferentes ($p<0.05$) en: humedad en lomo; proteína y humedad en pecho y pierna; contenido de: ácidos grasos saturados, ácidos grasos poliinsaturados, palmítico, esteárico, linoleico; proporción de deoximioglobina y presencia de proteína con peso molecular 37 kDa. Por su parte, las búfalas fueron diferentes ($p<0.05$) en: grasa; colágeno; grasa de lomo y pecho; colágeno de lomo, espaldilla y pecho; contenido de: cobre y cenizas; contenido de: colesterol, ácidos grasos monoinsaturados, oleico, linolénico, espesor de grasa dorsal y metamioglobina. Sin embargo, el lomo de res mostró mayor contenido de colesterol y AGS; mientras que las búfalas tuvieron mayor contenido de AGM; los machos, mayor contenido de esteárico. Estos hallazgos destacan que el sexo modula características nutricionales y de calidad que son clave en carne bufalina bajo confinamiento, ofreciendo bases para optimizar sistemas de producción según objetivos comerciales y saludables.

Palabras clave: *Bubalus bubalis*, composición nutricional, tipo sexual, sistema intensivo.

Abstract

This study evaluated nutritional and quality differences in meat from 10 confined buffaloes (males, n=5; females, n=5). Samples were collected from the left half-carasses of each individual, including the leg, loin, diaphragm, chuck, and brisket. The five regions mentioned above were used for the nutritional profile analysis; the loin (*Longissimus dorsi*) was used for the mineral profile, electrophoretic, and meat quality analyses. The analysis of fatty tissue composition was carried out with beef loin (male) and buffalo loin. Data were analyzed using a completely randomized design to evaluate sex-related effects. Results revealed differences ($p<0.05$) between males and females: males exhibited higher moisture in the loin, protein, and moisture in the brisket and leg, and elevated levels of saturated fatty acids (SFA), polyunsaturated fatty acids (PUFA), palmitic acid, stearic acid, linoleic acid, deoxymyoglobin proportion, and a 37 kDa molecular weight protein. Females showed higher values ($p<0.05$) in fat, collagen, loin and brisket fat content, collagen in the loin, chuck, and brisket, copper, ash content, cholesterol, monounsaturated fatty acids (MUFA), oleic acid, linolenic acid, backfat thickness, and metmyoglobin. However, beef tenderloin showed higher cholesterol and SFA content, while buffaloes had higher MFA content, and males had higher stearic content. These findings demonstrate that sex modulates key nutritional and quality characteristics in confined buffalo meat, providing a foundation to optimize production systems for commercial and health-oriented objectives.

Key words: *Bubalus bubalis*, nutritional composition, sexual type, intensive system.

Tesis de Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, Posgrado en Producción Animal.
Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Javier Herrera Godoy
Director: Gilberto Aranda Osorio

Master Thesis in Livestock Innovation, Graduate Program in Animal Production.
Universidad Autónoma Chapingo
Author: Javier Herrera Godoy
Advisor: Gilberto Aranda Osorio

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El sector agropecuario es responsable de ofrecer productos de calidad al consumidor; por ello, una opción viable es la incorporación de especies animales de alta eficiencia productiva que generen productos alimenticios con alto valor nutricional (Guerrero-Legarreta et al., 2019).

A nivel mundial, la carne de búfalo se ha posicionado como una opción alimenticia valiosa debido a sus características nutricionales; el sistema bufalino para producción de carne se ha desarrollado principalmente en sistemas de finalización en pastoreo y es limitado, en su mayoría, para búfalos; la carne de búfalo destaca por un alto contenido de proteínas, humedad, ácidos grasos insaturados y cenizas, sin dejar de lado menor grasa, colesterol y pH en comparación con la carne de res (Infascelli et al., 2009; USDA, 2015). Sin embargo, la calidad de la carne de los búfalos depende de muchos factores, entre ellos, el sistema de finalización y el sexo; se ha encontrado que cuando se finalizan intensivamente, la carne de búfalas tiende hacia un menor valor de pH, un color más rojo y una menor cantidad de ácidos grasos insaturados (Kandeepan et al., 2009). Finalmente, en un sistema extensivo la carne de los búfalos tendió a contener mayor humedad, proteína y pH pero menor grasa y colágeno en comparación con búfalas (Ekiz et al., 2017).

El búfalo es de reciente introducción en México, comparado con el vacuno, y desde su llegada, hace 32 años, se ha establecido principalmente en estados del sur bajo sistemas en pastoreo; es valorado por su adaptación a condiciones adversas en dónde otro tipo de especies se les dificultaría producir (Almaguer, 2007; Domínguez et al., 2013). Una serie de problemáticas que suceden en México tienen que ver con que la carne de búfalo se comercializa como carne de bovino y que, hasta el momento, no se han encontrado investigaciones que señalen: 1) la comparación de calidad de la carne entre sexos y 2) el esquema de finalización en confinamiento. Por tanto, la presente investigación tuvo por objetivo evaluar el efecto del sexo de búfalos finalizados en confinamiento para definir si existen diferencias en el perfil nutricional y en la calidad de la carne.

En el Capítulo 2, se presenta una revisión de literatura que incluye lo reportado por otros autores con respecto a la clasificación y distribución del búfalo de agua; el contexto internacional de la carne de búfalo; composición nutricional y calidad de la carne; algunos factores que influyen en la calidad de la carne y los beneficios del consumo de esta.

Finalmente, en el Capítulo 3, se muestra el artículo que concentra los resultados de la presente investigación, en donde se evaluaron las variables de composición nutricional y calidad de la carne de búfalos finalizados en confinamiento.

1.1. Literatura citada

- Almaguer, P. (2007). El búfalo, una opción de la ganadería. *REDVET- Revista Electrónica de Veterinaria*, VIII (8), 1-23. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612734014.pdf>.
- Domínguez, A., Romero, S., Martínez, H., & García, V. (2013). Los búfalos de agua y las enfermedades infecciosas. *La Ciencia y el Hombre*, 26 (2), 49-55. https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/enfermedades_bufalos/04-enfermedades_infecciosas.pdf.
- Ekiz, B., Yilmaz, A., Yalcintan, H., Yakan, A., Yilmaz, I., & Soysal, I. (2017). Carcass and meat quality of male and female water buffaloes finished under an intensive production system. *Annals of Animal Science*, 18(2), 557-574. <https://doi.org/10.1515/aoas-2017-0036>.
- Guerrero-Legarreta, I., Mota-Rojas, D., Mora-Medina, P., Bertoni, A., Álvarez-Macías, A. (2019). El búfalo de agua productor de carne por el mundo: indicadores productivos y sanitarios (2da Ed.). El búfalo de agua en las Américas, enfoques prácticos y experimentales (pp. 192-224). México: BM Editores.
- Infascelli F, Roscia M, & Buffardi F. (2009). La carne di Bufalo. Edizioni Pubblicità Italia. <https://www.informare.camcom.it/wp-content/uploads/2014/12/633845594290017287Carne-di-Bufalo.pdf>.
- Kandeepan, G., Anjaneyulu, A., Kondaiah, N., Mendiratta, S., & Lakshmanan, V. (2009). Effect of age and gender on the processing characteristics of buffalo meat. *Meat Science*, 83(1), 10-14. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.03.003>.
- USDA. (2015). National Nutrient Database for Standard Reference. <https://fdc.nal.usda.gov/>.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Presencia del búfalo de agua

En la actualidad, existen dos especies de búfalos salvajes catalogadas: búfalo asiático (*Bos arnee*) y búfalo africano (*Syncerus caffer*); la domesticación del primero dio origen al búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) del cual se conocen tres subespecies: 1) búfalo de río, *Bubalus bubalis bubalis*, domesticado en el sur de Asia; 2) búfalo de pantano, *Bubalus bubalis carabanesis*, domesticado en el suroeste de Filipinas y 3) búfalo Arni, *Bubalus bubalis arnee*, domesticado en el norte de la India (Fahimuddin, 1975; Naveena & Kiran, 2014).



Figura 1. a) Búfalo de río; b) Búfalo de pantano; c) Búfalo Arni

A continuación, en el Cuadro 1 se muestran las principales diferencias entre las dos subespecies del búfalo de agua con mayor relevancia en el mundo por su producción de leche y carne.

Cuadro 1. Diferencias principales entre búfalo de río y de pantano

	Búfalo de río	Búfalo de pantano
Nombre científico	<i>Bubalus bubalis bubalis</i>	<i>Bubalus bubalis carabanesis</i>
Cromosomas	50	48
Peso vivo adulto	450-1000 kg	325-450 kg
Fin productivo	Carne, leche y fuerza de trabajo	Carne y fuerza de trabajo
Razas importantes	Murrah, Nili-Ravi, Jafarabadi, Surti, Mehsana, Bhadawari, Mediterránea, Buffalypso, etc.	Sulawesi, Sumatran, Carabao, Fuling, Binhu, etc.

Fuente: Naveena et al., 2022.

En el inventario de búfalos (millones de cabezas) a nivel mundial destacan países como India con 111.8, Pakistán con 43.6 y China con 26.8 (FAOSTAT, 2024).

Según el Centro Internacional de Inversión Productiva en 2023, Venezuela se posicionó como líder en el continente americano con 3.7 millones de cabezas. Existen registros hasta el 2022 de que Brasil cuenta (millones de cabezas): con 1.6, seguido de Colombia con 0.5 y Trinidad y Tobago con 0.0064 (FAOSTAT, 2024). En la Figura 4 se muestran los países con presencia de búfalo de agua; se estima que el búfalo de río representa el 70 % respecto al búfalo de pantano en su aprovechamiento a nivel mundial (FAO, 2025).

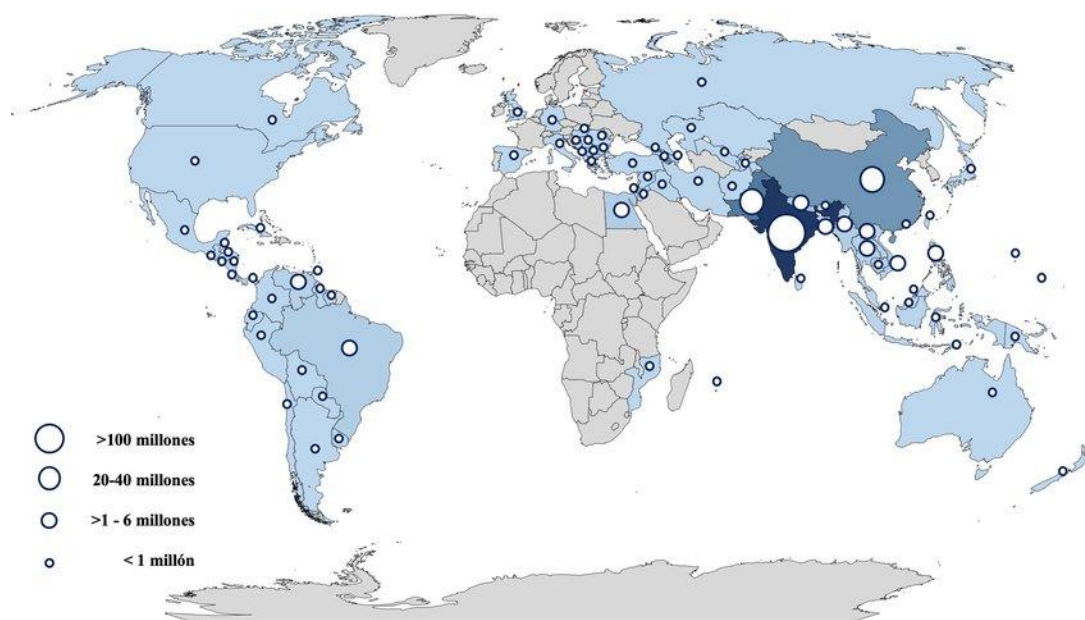


Figura 2. Presencia del búfalo de agua en el mundo (fuente: Zava et al., 2021).

2.2. Perspectivas de carne bufalina

En la producción anual de carne de búfalo hasta 2022 (millones de toneladas) sobresalen India con 4.35, Pakistán con 1.18 y China con 0.65; mientras que en América son (miles de toneladas): Venezuela con 17.94 y Colombia con 8.37 (FAOSTAT, 2024). Países como Colombia, Costa Rica, Cuba y México han mostrado un interés creciente en la cría y comercialización interna de carne de búfalo en los últimos 15 años (Lantican et al., 2017). Es posible que Brasil y Argentina no aparezcan en la base de datos de la FAO debido a que no existe alguna distinción formal legislativa entre carne de búfalo y de res en su producción y comercio (Pessoa & De Campos, 2023).

En el Cuadro 2 se muestran los principales países productores de carne de búfalo a nivel mundial.

Cuadro 2. Producción mundial de carne de búfalo por país.

País	Producción (toneladas)
India	4,350,000
Pakistán	1,185,000
China	656,429
Egipto	197,278
Nepal	194,090
Vietnam	65,800
Filipinas	65,136
Myanmar	27,183
República Lao	21,710
Indonesia	21,120
Venezuela	17,945
Tailandia	17,200
Turquía	13,586
Colombia	8,378
Sri Lanka	8,290

Fuente: FAOSTAT, 2024.

El mercado de la producción y exportación de carne de búfalo es dominado por la India; en el ciclo de producción 2023 se reportaron exportaciones netas de 3.7 mil millones de dólares y se estima que este producto cárnico contribuyó con el 82 % de la exportación total de productos de origen animal en la India; el mercado internacional que recibe las exportaciones indias se conforma de los siguientes países: Malasia, República Socialista de Vietnam, República Árabe de Egipto, Indonesia y Emiratos Árabes Unidos (APEDA, 2024).

Según Guerrero-Legarreta et al. (2020) el mercado de la carne bufalina representa un reto para los productores e investigadores, los cuales, tienen que proveer de información sobre determinaciones de calidad nutricional y comercial teniendo como prioridad una visión crítica e integral para detallar los procesos que conforman a la red de valor; cabe mencionar que este reto, es mayor en los países que recientemente han incluido al búfalo como un tipo de ganadería emergente y como una nueva fuente de proteína de origen animal.

Existen algunos puntos críticos en la cadena de producción y comercialización de la carne de búfalo, entre los cuales se encuentra: suministro irregular a comerciantes, promoción escasa de consumo, e implementación limitada de tecnologías para etiquetado y empaque (Lantican et al., 2017). Sin embargo, Rey et al. (2011) señala que los consumidores tienden a aceptar de una mejor manera productos cárnicos con base en el búfalo en comparación con los de res.

2.3. Composición nutricional

La carne de búfalo ha emergido como una alternativa saludable, destacándose por sus propiedades nutricionales superiores dentro de las carnes rojas (Naveena & Kiran, 2014). Desde el punto de vista proteico, Kandeepan et al. (2013) determinaron que es una fuente rica y completa de proteínas de alta calidad y que aportó todos los aminoácidos esenciales necesarios para el organismo humano.

De acuerdo con Torres (2009) la carne producida por los búfalos es muy similar en palatabilidad, textura y sabor comparada con la de bovino; en cuanto a la distribución de grasa corporal en el búfalo, se concentra una pequeña parte en músculos, lo que resulta en una carne más magra comparada a la de la res.

En otra investigación se argumentó que la carne de búfalo generalmente tiene un alto contenido de humedad, superior al de la carne de res; este elevado nivel de agua contribuye a su jugosidad y ternura, a pesar de tener menor contenido de grasa intramuscular (Kandeepan et al., 2013).

En cuanto al colágeno (que es la proteína principal del tejido conectivo) estuvo presente en carne de búfalo en cantidades comparables o ligeramente superiores a las de la carne de res (Naveena & Kiran, 2014).

En el Cuadro 3, se muestran los principales componentes nutricionales presentes en el lomo de búfalos de acuerdo con su sistema de finalización.

Cuadro 3. Composición nutricional del músculo *Longissimus dorsi* de búfalos y búfalas de búfalo bajo diferentes sistemas de finalización.

Músculo	Sistema de alimentación	Proteína (%)	Grasa (%)	Humedad (%)	Colágeno (%)	Referencia
LD	Pastoreo	18.7-22.5 ^y	0.9-1.3 ^y	75.2-78.8 ^y	-	Li et al., 2017.
LD	Pastoreo	21.2 ^y	1.6 ^y	74.2 ^y	-	Infascelli et al., 2009.
LD	Intensivo	21.2 ^y	1.2 ^y	76.6 ^y	3.8 ^y	Contò et al., 2022.
LD	Intensivo	20.8 ^y	2.2 ^y	75.4 ^y	7.5 ^y	Spanghero et al., 2004.
LD	Intensivo	21.0 ^y	1.7 ^y	76.0 ^y	5.1 ^y	Cifuni et al., 2013.
LD	Pastoreo	21.7 ^y	1.6 ^y	75.6 ^y	-	Lapitan et al., 2008.
LD	Semi-intensivo	19.8 ^z	1.0 ^z	76.6 ^z	-	Singh et al., 2018.
LD	Intensivo	18.9 ^y	3.1 ^y	75.1 ^y	4.8 ^y	Mello et al., 2017.
LD	Semi-intensivo	21.4 ^y	1.4 ^y	75.8 ^y	-	Infascelli et al., 2005.
LD	Pastoreo	17.8 ^y	0.4 ^y	79.6 ^y	0.9 ^y	Ziauddin et al., 1994.
MS	Semi-intensivo	21.5 ^y	5.7 ^y	-	-	Bustamante et al., 2005.

LD: *Longissimus dorsi*; MS: *Musculus semitendinosus*; ^z: búfalas; ^y: búfalos

Se han encontrado diversas investigaciones (Cuadro 3) sobre la composición nutricional, enfocados hacia la región del lomo (LD) y en su mayoría para búfalos, de los cuales se concluyó lo siguiente:

2.3.1. Proteína

La proteína presente en carne de búfalos finalizados en diversos sistemas osciló entre 17.8 y 22.5 %; por otro lado, por sistema de finalización, la proteína se comportó de la siguiente manera: pastoreo (17.8-22.5 %), semi-intensivo (19.8-21.4 %) e intensivo (18.9-21.2 %) (Cifuni et al., 2013; Contò et al., 2022; Infascelli et al., 2005; Infascelli et al., 2009; Lapitan et al., 2008; Li et al., 2017; Mello et al., 2017; Spanghero et al., 2004; Ziauddin et al., 1994). Solo se encontró un estudio que recopiló información sobre búfalas finalizadas de forma semi-intensiva: Singh et al. (2018) concluyeron que el valor de proteína fue de 19.8 %.

Hasta el momento, solo se ha encontrado un trabajo (Bustamante et al., 2005) que reportó valores de proteína en pierna de búfalos; este valor resultó ser menor en 1 % al valor más alto reportado en otras investigaciones de lomo de búfalos (Cifuni et al., 2013; Contò et al., 2022; Infascelli et al., 2005; Infascelli et al., 2009; Lapitan et al., 2008; Li et al., 2017; Mello et al., 2017; Spanghero et al., 2004; Ziauddin et al., 1994). Por otro lado, para búfalas fue mayor en 1.74 % (Singh et al., 2018).

2.3.2. Grasa

La grasa en carne de búfalos finalizados en diversos sistemas se encontró entre 0.4 y 3.14 %; los de pastoreo entre 0.4 y 1.6 %, semi-intensivo entre 1.0 y 1.4 % y confinamiento entre 1.2 y 3.14 % (Cifuni et al., 2013; Contò et al., 2022; Infascelli et al., 2005; Infascelli et al., 2009; Lapitan et al., 2008; Li et al., 2017; Mello et al., 2017; Spanghero et al., 2004; Ziauddin et al., 1994). Por otro lado, Singh et al. (2018) encontraron que la grasa de búfalas finalizadas de forma semi-intensiva, alcanzó un valor de 1.02 %. El resultado encontrado por Bustamante et al. (2005) para contenido de grasa en pierna de búfalos, fue mayor en 2.56 % al valor más alto reportado en lomo de búfalos en confinamiento.

2.3.3. Humedad

La humedad en carne de búfalos se determinó en el rango de 74.2-79.6 %; sin embargo, por sistema de finalización se encontró que: pastoreo (74.2-79.6 %), semi-intensivo (75.8-76.6 %) e intensivo estuvo entre 75.13 y 76.6 % (Cifuni et al., 2013; Contò et al., 2022; Infascelli et al., 2005; Infascelli et al., 2009; Lapitan et al., 2008; Li et al., 2017; Mello et al., 2017; Spanghero et al., 2004; Ziauddin et al., 1994). El estudio de Singh et al. (2018) mostró que las búfalas alcanzaron 76.64 %.

2.3.4. Colágeno

El colágeno estuvo presente en búfalos entre 0.9 y 7.5 %, se observó que los búfalos finalizados en confinamiento tendieron hacia valores más altos que los que fueron finalizados en pastoreo (Cifuni et al., 2013; Contò et al., 2022; Hoffman et al., 2018; Infascelli et al., 2005; Infascelli et al., 2009; Lapitan et al., 2008; Li et al., 2017; Mello et al., 2017; Singh et al., 2018; Spanghero et al., 2004; Ziauddin et al., 1994). Hasta el momento, no se han encontrado estudios que muestren resultados obtenidos de colágeno en carne de búfalas.

2.4. Composición mineral

En el cuadro 4, se presenta el contenido de cenizas de búfalos finalizados en diferentes sistemas.

Cuadro 4. Contenido de cenizas del músculo *Longissimus dorsi* de búfalos y búfalas bajo diferentes sistemas de finalización.

Músculo	Sistema de alimentación	Cenizas (%)	Referencia
LD	Pastoreo	1.09-1.14 ^y	Li et al., 2017.
LD	Pastoreo	1.0 ^y	Infascelli et al., 2009.
LD	Intensivo	1.06 ^y	Contò et al., 2022.
LD	Intensivo	1.1 ^y	Spanghero et al., 2004.
LD	Intensivo	1.1 ^y	Cifuni et al., 2013.
LD	Pastoreo	1.15 ^y	Lapitan et al., 2008.
LD	Semi-intensivo	1.23 ^z	Singh et al., 2018.
LD	Intensivo	0.92 ^y	Mello et al., 2017.
LD	Semi-intensivo	1.37 ^y	Infascelli et al., 2005.
LD	Pastoreo	0.98 ^y	Ziauddin et al., 1994.

LD: *Longissimus dorsi*; ^z: búfalas; ^y: búfalos

2.4.1. Cenizas

El contenido de cenizas varió en búfalos entre 0.92 y 1.37 %, pero para los de confinamiento entre 0.92 y 1.1 % (Cifuni et al., 2013; Contò et al., 2022; Infascelli et al., 2005; Infascelli et al., 2009; Lapitan et al., 2008; Li et al., 2017; Mello et al., 2017; Spanghero et al., 2004; Ziauddin et al., 1994). Por otro lado, otra investigación encontró que las búfalas alcanzaron 1.23 % de cenizas (Singh et al., 2018).

2.4.2. Minerales

Soetan et al. (2010) mencionaron que uno de los componentes nutricionales más importantes presentes en la carne son los minerales, ya que son indispensables para el mantenimiento, crecimiento y desarrollo del humano; generalmente, se clasifican en dos grupos: macrominerales (Sodio, Calcio, Magnesio, Fósforo, Cloro, Potasio y Azufre) y microminerales (Hierro, Zinc, Iodo, Cobre, Cobalto, Manganeso, Selenio y Flúor).

De acuerdo con Kreutzer (1991), el Hierro (Fe) es el más abundante de los microminerales. Se le ha denominado una parte esencial de la estructura de proteínas transportadoras de oxígeno (mioglobina, hemoglobina), citocromo y proteínas (Bauer et al., 2009). Finalmente, según la Canadian Beef (2024), en los alimentos están presentes dos tipos de hierro: 1) hierro hemo (presente en carne y se absorbe de una mejor manera) y 2) hierro no hemo (presente en el huevo y los alimentos de origen vegetal).

Según Trucker y Salmon (1955), el Zn se relaciona en: formación del ADN y el ARN, síntesis de colágeno, formación de Retinol, ayuda en la digestión y metabolismo del fósforo y en la digestión de los carbohidratos.

Por otro lado, Suttle (1991) menciona que el Cu es importante por relacionarse con: el funcionamiento de los glóbulos rojos, desarrollo del colágeno, la inmunidad y el metabolismo de vitaminas y nucleótidos.

Finalmente, muchos equipos de investigación argumentan que el consumo de 100 g de carne de búfalo podría satisfacer la necesidad de Fe (14 mg d⁻¹), Zn (34 mg d⁻¹) y Cu (900 µg d⁻¹), colesterol HDL y vitaminas del complejo B de adultos, mujeres embarazadas o en lactancia (Joele et al., 2016; Ordovas et al., 2018; Tamburrano et al., 2019).

En el Cuadro 5, se observa el contenido de Fe, Cu y Zn presentes en el lomo de búfalos finalizados en pastoreo y confinamiento.

Cuadro 5. Perfil mineral (Fe, Cu y Zn) del músculo *Longissimus dorsi* de búfalos y búfalas finalizados en diferentes sistemas.

Especie	Músculo	Sistema de alimentación	Minerales (ppm)			Referencia
			Fe	Cu	Zn	
BB	LD	Pastoreo	1.40 ^y	0.18 ^y	4.0 ^y	Infascelli et al., 2009.
BB	LD	Pastoreo	3.81 ^z ; 4.0 ^y	0.16 ^z ; 0.14 ^y	8.04 ^z ; 9.46 ^y	Tajik et al., 2010.
BB	LD	Pastoreo	2.55 ^y	0.09 ^y	4.34 ^y	Giuffrida-Mendoza et al., 2006.
BB	LD	Pastoreo	7.79 ^y	0.47 ^y	20.7 ^y	Rodrigues et al., 2023.
BB	LD	Intensivo	7.82 ^y	0.47 ^y	16.52 ^y	
BB	LD	Pastoreo	8.13 ^y	0.14 ^y	15.74 ^y	Joele et al., 2016.

BB: *Bubalus bubalis*; LD: *Longissimus dorsi*; ^z: búfalas; ^y: búfalos; Fe: Hierro; Cu: Cobre; Zn: Zinc; ppm: partes por millón.

2.4.2.1. Hierro (Fe)

El Fe presente en búfalos se encontró entre 1.40 y 8.13 ppm (Giuffrida-Mendoza et al., 2006; Infascelli et al., 2009; Joele et al., 2016). Sin embargo, en una investigación que comparó búfalos provenientes de sistema intensivo y pastoreo se concluyó que no hubo diferencias ($p>0.05$), pero hubo una tendencia a que los búfalos provenientes del sistema intensivo tuvieran un 0.38 % más de Fe presente en músculo (Rodrigues et al., 2023).

Finalmente, en otro estudio, se concluyó que los búfalos tienden a presentar 4.75 % más Fe en músculo que las búfalas (Tajik et al., 2010).

2.4.2.2. Cobre (Cu)

El Cu presente en búfalos osciló entre 0.09 y 0.47 ppm (Giuffrida-Mendoza et al., 2006; Infascelli et al., 2009; Joele et al., 2016). En la comparación entre sexos, las búfalas mostraron una tendencia a tener un 12.5 % más Cu en músculo que los búfalos (Tajik et al., 2010). Finalmente, en la comparación entre búfalos finalizados en pastoreo o intensivamente, no hubo diferencias (Rodrigues et al., 2023).

2.4.2.3. Zinc (Zn)

El Zn se encontró presente entre 4.0 y 20.7 ppm de músculo (Giuffrida-Mendoza et al., 2006; Infascelli et al., 2009; Joele et al., 2016). En un estudio, se encontró que los búfalos mostraron un 15 % más de Zn comparados con las búfalas (Tajik et al., 2010). Los búfalos finalizados en pastoreo mostraron 20.2 % más Zn que los finalizados intensivamente (Rodrigues et al., 2023).

De manera general, diversas investigaciones coinciden en que el Fe, Cu y Zn pueden ser afectados por factores intrínsecos y extrínsecos del animal, como se muestra a continuación: Según Guerrero-Legarreta et al. (2025), algunos factores extrínsecos involucran: a) tipo de alimentación: en pastoreo la carne de búfalo tiende hacia valores altos en Fe y Zn, mientras que en confinamiento el Cu destaca por tener mayor biodisponibilidad; b) manejo post-sacrificio: una pérdida rápida de temperatura en la canal conserva el contenido de Fe (al minimizar la oxidación lipídica), por otro lado, el pH final elevado reduce la liberación de Zn. Por otro lado, se ha demostrado que factores intrínsecos al animal modifican el perfil mineral, se mencionan a continuación: a) edad y sexo: los animales jóvenes y búfalos de bovinos tienden hacia carne con mayor contenido de Cu (Ramírez-Briebesca & Cruz-Monterrosa, 2021); b) Función del músculo: músculos con mayor capacidad oxidativa contienen una mayor proporción de Fe (Guerrero-Legarreta et al., 2025).

2.5. Composición del tejido graso

Comparada con la carne de res, la carne de búfalo ha presentado un menor contenido de grasa y colesterol, lo que la convierte en una opción ideal para quienes buscan una dieta equilibrada y saludable (Naveena & Kiran, 2014). En cuanto al perfil lipídico, Vasta y Priolo (2006) concluyeron que contiene una mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados y monoinsaturados, que están asociados con efectos positivos en la salud cardiovascular; estos ácidos grasos esenciales contribuyen a la reducción del riesgo de enfermedades del corazón al disminuir los niveles de colesterol en sangre asociado a lipoproteínas de baja densidad (LDL, siglas en inglés).

En el Cuadro 6 se presentan los componentes más relevantes del tejido graso del músculo *Longissimus dorsi* de búfalos y res bajo diferentes sistemas de finalización.

Cuadro 6. Componentes del tejido graso del *Longissimus dorsi* de búfalos y res finalizados en diferentes sistemas de alimentación.

Especie	Alimentación	AGS ¹	AGM ¹	AGP ¹	PAL ²	EST ²	OLE ²	LIN ²	LNO ²	COL ¹	Referencia
BB	Pastoreo	38.3 ^y	18.2 ^y	25.6 ^y	23 ^y	21 ^y	30.8 ^y	21.5 ^y	0.8 ^y	41.3 ^y	Infascelli et al., 2009.
BS	Pastoreo	27.6 ^x	17.5 ^x	26.8 ^x	20 ^x	16.4 ^x	37.2 ^x	23.7 ^x	0.6 ^x	75 ^x	Infascelli et al., 2009.
BB	Intensivo	36.8 ^y	44.9 ^y	15.3 ^y	18.5 ^y	2.6 ^y	33.63 ^y	38.18 ^y	0.4 ^y	-	Da Silva et al., 2022.
BB	Intensivo	45.0 ^y	35.1 ^y	18.8 ^y	21.8 ^y	20.72 ^y	33.42 ^y	13.18 ^y	0.77 ^y	-	Contò et al., 2022.
BB	Semi-intensivo	-	-	-	-	-	-	-	-	109.1 ^z ; 49.4 ^y	Da Luz et al., 2017.
BB	Intensivo	-	-	-	-	-	-	-	-	49.0 ^y	Cifuni et al., 2013.
BB y BS	Intensivo	46.9 ^x b; 50.1 ^y a	45.2 ^x ; 45.4 ^y	34.6 ^x ; 42.0 ^y	24.9 ^x ; 24.2 ^y	17.9 ^x b; 23.2 ^y a	38.7 ^x b; 41.2 ^y a	5.72 ^x a; 3.42 ^y b	0.4 ^x a; 0.3 ^y b	-	Mello et al., 2017.
BB	Semi-intensivo	-	-	-	-	-	-	-	-	48.8 ^y	Infascelli et al., 2005.
BB	Pastoreo	-	-	-	18.1 ^z ; 20.2 ^y	14.8 ^z ; 13.4 ^y	57.1 ^z ; 57.3 ^y	2.95 ^z ; 2.98 ^y	0.33 ^z a; 0.23 ^y b	-	Ekiz et al., 2018.
BB y BS	Intensivo	45.8 ^x ; 43.6 ^y	40.8 ^x ; 42.7 ^y	13.3 ^x ; 13.4 ^y	28.8 ^x ; 25.7 ^y	12.43 ^x b ; 14.8 ^y a	38.4 ^x b; 40.2 ^y a	11.8 ^x ; 11.6 ^y	1.51 ^x ; 1.75 ^y	-	Dimov et al., 2012.

BB: *Bubalus bubalis*; BS: *Bos taurus* o *Bos indicus*; LD: *Longissimus dorsi*; ^z: búfalas; ^y: búfalos; ^x: res; a o b: diferencia significativa ($p<0.05$) con literales diferentes; ¹: unidades (mg 100g⁻¹); ²: unidades (%); AGS: ácidos grasos saturados; AGM: ácidos grasos monoinsaturados; AGP: ácidos grasos polinsaturados; PAL: palmítico (C16); EST: esteárico (C18); OLE: oleico (C18:1 cis-9); LIN: linoleico (C18:2 n-6); LNO: linolénico (C18:3 n-3); COL: colesterol total.

2.5.1. Ácidos grasos saturados

Se ha concluido que los ácidos grasos saturados (AGS) en carne de búfalo se encuentran entre 36.8 y 50.1 mg 100 g⁻¹; sin embargo, se ha demostrado que los búfalos en pastoreo tienden hacia valores más bajos que los finalizados en confinamiento (38.3 vs 50.1 mg 100 g⁻¹) (Contò et al., 2022; Da Silva et al., 2022; Dimov et al., 2012; Infascelli et al., 2009; Mello et al., 2017). Por otro lado, se ha comparado búfalos con res en un par de trabajos; en el primer caso, Mello et al. (2017) encontraron diferencias ($p<0.05$) entre ambas especies y el búfalo presentó un mayor contenido (3.2 mg 100 g⁻¹) respecto a la res; en el segundo caso, Dimov et al. (2012) observaron una tendencia que marcó una diferencia de 2.2 mg 100 g⁻¹ favoreciendo a la res.

2.5.2. Ácidos grasos monoinsaturados

El contenido de los ácidos grasos monoinsaturados (AGM) para los búfalos se ha encontrado entre 18.2 y 45.4 mg 100 g⁻¹; se ha concluido que los búfalos en pastoreo tuvieron el menor valor de AGM (Contò et al., 2022; Da Silva et al., 2022; Dimov et al., 2012; Infascelli et al., 2009; Mello et al., 2017). Finalmente, en dos trabajos se concluyó que la carne de búfalos tiende a ser más alta en 0.2 (Mello et al., 2017) y 1.9 mg 100 g⁻¹ en comparación a la carne de res (Dimov et al., 2012).

2.5.3. Ácidos grasos polinsaturados

Por otro lado, se ha encontrado que los ácidos grasos polinsaturados (AGP) estuvieron presentes en búfalos entre 13.4 y 42.0 mg 100 g⁻¹ (Contò et al., 2022; Da Silva et al., 2022; Dimov et al., 2012; Infascelli et al., 2009; Mello et al., 2017). En un par de trabajos más, los búfalos mostraron un mayor contenido de AGP en 7.4 (Mello et al., 2017) y 0.1 mg 100 g⁻¹ (Dimov et al., 2012) en comparación al contenido que presentó la res.

2.5.4. Palmítico

Se ha encontrado que el contenido de Palmítico (PAL) en búfalos estuvo presente entre 17.9 y 25.75 % (Contò et al., 2022; Da Silva et al., 2022; Dimov et al., 2012; Ekiz et al., 2018; Infascelli et al., 2009; Mello et al., 2017). Sin embargo, en otro estudio, se encontró que los búfalos fueron superiores a las búfalas en 2.1 % (Ekiz et al., 2018). Por otro lado, la res ha presentado valores superiores a los búfalos en 0.7 (Mello et al., 2017) y 3.1 % (Dimov et al., 2012).

2.5.5. Esteárico

El Esteárico (EST) ha sido reportado en búfalos entre 2.6 y 25.7 % (Contò et al., 2022; Da Silva et al., 2022; Dimov et al., 2012; Ekiz et al., 2018; Infascelli et al., 2009; Mello et al., 2017). Se ha reportado que las búfalas tienden hacia mayores valores que los búfalos en 1.4 % (Ekiz et al., 2018). Se han encontrado diferencias ($p<0.05$) entre búfalos y res; el búfalo ha tendido hacia valores superiores en 5.3 (Mello et al., 2017) y 2.37 % (Dimov et al., 2012).

2.5.6. Oleico

Los resultados de diferentes investigaciones mostraron que el Oleico (OLE) se ha encontrado en búfalos entre 29.1 y 57.3 % (Contò et al., 2022; Da Silva et al., 2022; Dimov et al., 2012; Ekiz et al., 2018; Infascelli et al., 2009; Mello et al., 2017). En la investigación de Ekiz et al. (2018) se concluyó que los búfalos fueron superiores a las búfalas en 0.2 %. Por otro lado, el búfalo ha sido diferente a la res ($p<0.05$); el búfalo ha sido superior en 1.5 (Mello et al., 2017) y 1.8 % (Dimov et al., 2012).

2.5.7. Linoleico

El ácido graso Linoleico (LIN) ha sido reportado para búfalos entre 2.98 y 38.18 (Contò et al., 2022; Da Silva et al., 2022; Dimov et al., 2012; Ekiz et al., 2018; Infascelli et al., 2009; Mello et al., 2017). Se ha demostrado que los búfalos tienden hacia valores superiores en 0.03 % (Ekiz et al., 2018) en comparación a las búfalas. De acuerdo con Mello et al. (2017) la res fue diferente ($p<0.05$) a los búfalos, ya que presentó un valor mayor en 2.3 %. En otro estudio se encontró que la res tendió a ser mayor que el búfalo en 0.2 % (Dimov et al., 2012).

2.5.8. Linolénico

El Linolénico (LNO) se ha encontrado presente en búfalos entre 0.3 y 4 % (Contò et al., 2022; Da Silva et al., 2022; Dimov et al., 2012; Ekiz et al., 2018; Infascelli et al., 2009; Mello et al., 2017). Por otro lado, en otra investigación se encontraron diferencias entre sexos ($p<0.05$) resultando un mayor valor para las búfalas en 0.1 % (Ekiz et al., 2018). En una investigación realizada por Mello et al. (2017), se encontraron diferencias ($p<0.05$) entre la res y los búfalos; la res presentó un mayor valor en 0.1 % respecto a los búfalos. Finalmente, en otra investigación se encontró que los búfalos tendieron a ser superiores a la res en 0.24 % (Dimov et al., 2012).

2.5.9. Colesterol

El colesterol presente en carne de búfalo se encontró entre 41.3 y 49.4 %; aunque también se encontró que el de búfalos finalizados en confinamiento ronda los 49 mg 100 g⁻¹ (Cifuni et al., 2013; Da Luz et al., 2017; Infascelli et al., 2005; Infascelli et al., 2009). En búfalas se ha reportado un valor hasta de 109.13 %, lo que representó 54.7 % más colesterol que los búfalos (Da Luz et al., 2017).

2.6. Perfil electroforético de proteínas

Como parte complementaria a la determinación de proteína, es importante mencionar que la electroforesis es una técnica para entender de una mejor manera el perfil de proteínas de la carne. En consecuencia, hasta este momento, sólo se ha realizado un trabajo de investigación que involucró la comparación entre lomo de res y de búfalos, utilizando dos tipos de electroforesis (SDS-PAGE y Nativa); se concluyó que el perfil de proteínas solubles en agua presentes en carne de búfalo y res son diferentes; ya que encontraron que la banda con un peso molecular aparente de 37 kDa podría servir como marcador para distinguir de las especies res y búfalo (Pinheiro et al., 2020).

2.7. Características de calidad

La calidad es muy importante, ya que sus componentes pueden impactar en la decisión de los consumidores, los indicadores de interés (Cuadro 6) para esta investigación se describen a continuación:

El pH se puede expresar en una escala que va de 0 a 14, siendo el límite inferior “ácido”, el 7 “neutro” y el límite superior “básico o alcalino”; se ha demostrado que después del sacrificio el pH tiene efecto sobre las propiedades tecnológicas y sensoriales de la carne (Sierra et al., 2010).

El color es la primera apreciación que realiza el consumidor y de ello dependerá la aceptación y decisión de compra de la carne (Sierra et al., 2010). En una investigación realizada por Mancini y Hunt (2005), se concluyó que la carne empacada al vacío contiene deoximioglobina (mioglobina reducida) que se caracteriza por ser de color rojo-púrpura; una vez que la carne se saca del empaque y expone al oxígeno, la Mb se transforma en oximioglobina (MbO_2); la deoximioglobina y la oximioglobina pueden oxidarse produciendo metamioglobina (oxidación del estado Fe^{+2} a Fe^{+3}) que se caracteriza por un color parduzco, que resulta indeseable para el consumidor.

El área del ojo del lomo (AOL) y el espesor de grasa dorsal (EGD) se relacionan estrechamente con la dinámica de crecimiento en bovinos; según el desarrollo del músculo *Longissimus dorsi*, se considera la madurez fisiológica del animal (Ramírez, 1994). Por su parte, Crouse (1982) señaló que el área del ojo del lomo fue el mejor índice predictivo del rendimiento de piezas primarias. Por otro lado, Atencio-Valladares et al. (2008) concluyeron que el AOL se asocia moderadamente al porcentaje de cortes de valor. En cuanto al espesor de grasa dorsal se ha concluido que puede ser afectada por: a) el clima-termoregulación: a menor temperatura mayor EGD (Kempster, 1980); b) raza: razas criollas menor EGD comparadas a razas europeas (Charles & Johnson); c) sistemas de finalización: intensivos acumulan mayor EGD que en pastoreo (Owens et al., 1995).

En el Cuadro 7 se concentran las variables de calidad presentes en carne de búfalos y res finalizados bajo diferentes condiciones.

Cuadro 7. Variables de calidad del músculo *Longissimus dorsi* de res y búfalos finalizados en diferentes sistemas.

Especie	Sistema de alimentación	pH	EGD (mm)	AOL (cm ²)	Color			Estados de Mioglobina			Referencias
					L*	a*	b*	DMb (%)	MMb (%)	OMb (%)	
BB	Pastoreo	6.31-6.44 ^y	5.5-4.4 ^y	21.92-62.61 ^y	29.22-44.86 ^y	18.36-23.89 ^y	0.54-2.14 ^y	-	-	-	Li et al., 2017.
BB	Intensivo	5.44 ^z b; 5.49 ^y a	19.7 ^z ; 19.8 ^y	-	36.49 ^z b; 39.33 ^y a	22.98 ^z a; 21.78 ^y b	7.56 ^z ; 7.48 ^y	-	-	-	Ekiz et al., 2017.
BB	Intensivo	-	-	-	37.00 ^z ; 37.96 ^y	24.49 ^z a; 22.88 ^y b	7.84 ^z ; 7.31 ^y	-	-	-	Turan et al., 2021.
BB	Intensivo	5.62 ^y	-	-	42.46 ^y	19.65 ^y	12.60 ^y	-	-	-	Contò et al., 2022.
BB	Intensivo	5.43 ^y	-	-	46.2 ^y	23.7 ^y	7.4 ^y	-	-	-	Spanghero et al., 2004.
BB	Semi-intensivo	5.77 ^z ; 5.66 ^y	-	-	36.90 ^z ; 36.72 ^y	18.79 ^z ; 15.61 ^y	5.74 ^z ; 7.93 ^y	-	-	-	Da Luz et al., 2017.
BB	Intensivo	5.48 ^y	-	-	44.1 ^y	18.2 ^y	15.8 ^y	24.1 ^y	13.5 ^y	62.4 ^y	Cifuni et al., 2013.
BB	Pastoreo	5.93 ^y	-	39.8 ^y	36.9 ^y	15.8 ^y	3.11 ^y	-	-	-	Lapitan et al., 2008.
BB	Pastoreo	5.79 ^y	-	-	-	-	-	-	23.94 ^y	-	Kiran et al., 2016.
BB	Semi-intensivo	5.95 ^z	12 ^z	37.0 ^z	40.0 ^z	15.69 ^z	7.43 ^z	-	65.08 ^z	-	Singh et al., 2018.
BB	Intensivo	-	13.8 ^y	52.1 ^y	33.34 ^y	18.77 ^y	6.78 ^y	-	-	-	Mello et al., 2017.
BS	Semi-intensivo	-	-	-	-	-	-	4.5 ^y	14.4 ^y	87.0 ^y	Piao et al., 2021.
BS	Pastoreo	-	-	-	-	-	-	38.5 ^y	10.6 ^y	50.9 ^y	Hernández et al., 2015.
BS	Pastoreo	-	-	-	-	-	-	18.63 ^y	7.5 ^y	60.46 ^y	Fu et al., 2015.

BB: *Bubalus bubalis*; BS: *Bos taurus-indicus*; LD: *Longissimus dorsi*; ^z: búfalas; ^y: búfalos;

EGD: Espesor de grasa dorsal; AOL: Área del ojo del lomo; L*: luminosidad; a*: rojez; b*: amarillez

DMb: deoximioglobina; MMb: metamioglobina; OMb: oximioglobina; a o b: diferencia significativa ($p < 0.05$) con literales diferentes

De acuerdo con las investigaciones contenidas en el Cuadro 7, se concluyó lo siguiente:

2.7.1. pH

Las investigaciones convergieron en que la medición del pH se realizó a las 24 h posteriores al sacrificio, manteniendo las muestras en refrigeración a 4 °C, resultando: el valor de pH para búfalos se encontró entre 5.43 y 6.44 (Cifuni et al., 2013; Contò et al., 2022; Da Luz et al., 2017; Ekiz et al., 2017; Kiran et al., 2016; Lapitan et al., 2008; Li et al., 2017; Spanghero et al., 2004; Turan et al., 2021); mientras que en las búfalas entre 5.44 y 5.95 (Da Luz et al., 2017; Ekiz et al., 2017; Singh et al., 2018). En dos investigaciones se comparó por sexo; en el primer caso se concluyó que hubo diferencias con 0.05 unidades de pH más arriba en búfalos (Ekiz et al., 2017); el segundo caso, mostró una tendencia hacia las búfalas, ya que tuvieron 0.11 unidades más de pH en comparación a los búfalos (Da Luz et al., 2017).

2.7.2. Área del ojo del lomo y espesor de grasa dorsal

Las investigaciones revisadas mencionan que los resultados fueron tomados a un peso de sacrificio que rondó los 450 a 550 kg.

El AOL en búfalos varió entre 21.92 y 62.61 cm² (Lapitan et al., 2008; Li et al., 2017; Mello et al., 2017); en contraste, solo se encontró un trabajo sobre búfalas, el cual reportó un valor de 37 cm² (Singh et al., 2018).

El EGD osciló en búfalos entre 5.5 y 4.4 mm (Ekiz et al., 2017; Li et al., 2017; Mello et al., 2017). En búfalas sólo se encontraron dos trabajos en los que el valor estuvo entre 12 y 19.7 mm (Ekiz et al., 2017; Singh et al., 2018). Por otro lado, sólo se encontró una investigación que comparó sexos; se concluyó que los búfalos tendieron hacia un mayor valor de EGD, 19.8 vs 19.7 mm (Ekiz et al., 2017).

2.7.3. Color

La luminosidad (L^*) fue reportada para búfalos entre 29.22 y 46.2 (Cifuni et al., 2013; Contò et al., 2022; Da Luz et al., 2017; Ekiz et al., 2017; Lapitan et al., 2008; Li et al., 2017; Mello et al., 2017; Spanghero et al., 2004; Turan et al., 2021); mientras que para búfalas entre 36.49 y 40 (Da Luz et al., 2017; Ekiz et al., 2017; Singh et al., 2018; Turan et al., 2021). Se encontraron tres trabajos en los que se comparó la influencia del sexo; en el primero, se concluyó que hubo diferencias, ya que los búfalos fueron superiores en 2.84 unidades (Ekiz et al., 2017); en el segundo caso, los búfalos fueron superiores en 0.96 unidades (Turan et al., 2021); en el tercero, se concluyó que las búfalas fueron superiores en 0.18 unidades (Da Luz et al., 2017).

Las coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde), representadas por " a^* ", se encontraron para búfalos entre 15.61 y 23.89 (Cifuni et al., 2013; Contò et al., 2022; Da Luz et al., 2017; Ekiz et al., 2017; Lapitan et al., 2008; Li et al., 2017; Mello et al., 2017; Spanghero et al., 2004; Turan et al., 2021); las búfalas estuvieron entre 15.69 y 24.49 (Da Luz et al., 2017; Ekiz et al., 2017; Singh et al., 2018; Turan et al., 2021). En un par de trabajos en los que se comparó el efecto del sexo, se concluyó que las búfalas alcanzaron valores más altos en 1.2 (Ekiz et al., 2017) y 1.61 unidades (Turan et al., 2021). En un tercer trabajo, hubo una tendencia a favor de las búfalas con 3.18 unidades por arriba de los búfalos (Da Luz et al., 2017).

Las coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul), representadas por " b^* ", se han reportado en búfalos entre 0.54 y 15.8 (Cifuni et al., 2013; Contò et al., 2022; Da Luz et al., 2017; Ekiz et al., 2017; Lapitan et al., 2008; Li et al., 2017; Mello et al., 2017; Spanghero et al., 2004; Turan et al., 2021); en contraste, el valor para las búfalas osciló entre 5.74 y 7.84 (Da Luz et al., 2017; Ekiz et al., 2017; Singh et al., 2018; Turan et al., 2021). En un par de trabajos se concluyó de forma tendencial, que las búfalas son superiores a los búfalos en 0.08 (Ekiz et al., 2017) y 0.53 unidades (Turan et al., 2021).

Por otro lado, Da Luz et al. (2017) encontraron una tendencia mayor para los búfalos en 2.19 unidades respecto a las búfalas.

2.7.4. Estados de Mioglobina

La deoximioglobina (DMb) ha sido reportada únicamente en búfalos en un trabajo, en el cual se mencionó que la región muscular presentó 24.1 % (Cifuni et al., 2013). Sin embargo, en res, se ha reportado entre 4.5 y 38.5 % (Fu et al., 2015; Hernández et al., 2015; Piao et al., 2021).

En contraste, la metamioglobina (MMb) ha sido reportada para búfalos en tres trabajos; en los dos primeros, donde se evaluó carne de búfalos, estuvo entre 13.5 y 23.94 % (Cifuni et al., 2013; Kiran et al., 2016); en el único de búfalas, se reportó un valor de 65.08 % (Singh et al., 2018). En res y para búfalos, este valor se ha reportado entre 7.5 y 14.4 % (Fu et al., 2015; Hernández et al., 2015; Piao et al., 2021).

Finalmente, la oximioglobina (OMb), ha sido reportada en búfalos en una ocasión; Cifuni et al. (2013) concluyeron que el músculo *Longissimus dorsi* presentó un 62.4 %. Sin embargo, en res ha oscilado entre 50.9 y 87 % (Fu et al., 2015; Hernández et al., 2015; Piao et al., 2021).

2.8. Literatura citada

- APEDA (Agricultural and Processed Food Products Export Development Authority, Government of India). (2024). Indian Meat Industry Red Meat Manual. https://apeda.gov.in/apedawebsite/six_head_product/animal.htm.
- Atencio-Valladares, O., Huerta-Leidenz N., & Jerez-Timaure N. (2008). Predicción del rendimiento en cortes de carnicería de bovinos venezolanos. *Revista Científica FCV-LUZ*, 18(6), 704-714. <https://www.redalyc.org/pdf/959/95911659009.pdf>.
- Bauer, D., Rush, I., & Rasby, R. (2009). Minerales y vitaminas en bovinos de carne. University of Nebraska. 118-minerales_vitaminas-Nebraska.pdf (produccion-animal.com.ar).
- Bustamante, C., Betancourt, L., Gonzalez, C., & Pulgarin, A. (2005). Comparación del perfil de ácidos grasos, contenido de grasa y proteína de la carne de búfalo respecto a la carne de vacuno. Universidad de la Salle-Facultad de Zootecnia, Bogota. Tesis de licenciatura. <https://ciencia.lasalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/63fbe10f-b651-435b-95ba-ab789203e149/content>.
- Canadian Beef. (2024). Valor nutrimental de la carne. <https://canadabeef.mx/portfolio-item/valor-nutrimental-de-la-carne/>. Consultada el día 22 de diciembre de 2024.
- Centro Internacional de Inversión Productiva. (2023). Venezuela sigue liderando la cría de búfalos en el continente. <https://observatorio.gob.ve/venezuela-sigue-liderando-la-cria-de-bufalos-en-el-continente/#:~:text=%E2%80%9CVenezuela%20tiene%20m%C3%A1s%20de%203,Feria%20Nacional%20Criab%C3%BAfalos%20Venezuela%202023>. Consultado el día 20 de marzo de 2025.
- Charles, D. D., & Johnson, E. R. (1976). Breed differences in amount and distribution Of bovine carcass dissectible fat. *Journal of Animal Science*, 42, 332-341. <https://doi.org/10.2527/jas1976.422332x>.
- Charles, D., & Johnson, E. (1975). Liveweight gains and carcass composition of buffalo (*Bubalus bubalis*) steers on four feeding regimes. *Australian Journal of Agricultural Research*, 26(2), 407-413. <https://doi.org/10.1071/ar9750407>.
- Cifuni, G. F., Contò, M., Amici, A., & Failla, S. (2013). Physical and nutritional properties of buffalo meat finished on hay or maize silage-based diets. *Animal Science Journal*, 85(4), 405-410. <https://doi.org/10.1111/asj.12152>.
- Contò, M., Cifuni, G., Lacurto, M., & Failla, S. (2022). Effect of pasture and intensive feeding systems on the carcass and meat quality of buffalo. *Animal Bioscience*, 35(1), 105-114. <https://doi.org/10.5713/ab.21.0141>.
- Crouse, J. D. (1982). Determinants of retail product of carcass beef. *Journal of Animal Science*, 42(3), 584-591. <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1012&context=hruskareports>.

- Da Luz, P., Jorge, A., Francisco, C., De Mello, J., Santos, C., & Andrighetto, C. (2017). Chemical-physical characteristics of buffalo (*Bubalus bubalis*) meat subjected to different aging times. *Maringá*, 39(4), 419-428. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i4.36799>.
- Da Silva, J. A. R., Rodrigues, L. S., De Brito Lourenço-Júnior, J., Alfaia, C. M., Costa, M. M., De Castro, V. C. G., Bezerra, A. S., De Almeida, A. M., & Prates, J. A. M. (2022). Total lipids, fatty acid composition, total cholesterol and lipid-soluble antioxidant vitamins in the *Longissimus lumborum* muscle of water buffalo (*Bubalus bubalis*) from different production systems of the Brazilian Eastern Amazon. *Animals*, 12(5), 595. <https://doi.org/10.3390/ani12050595>.
- Dimov, K., Kalev, R., Tzankova, M., & Penchev, P. (2012). Fatty-acid composition of the lipids in m. longissimus dorsi of bovine and buffalo calves and buffalo cows. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18(5), 778-783. <https://www.agrojournal.org/18/05-20-12.pdf>.
- Fahimuddin, M. (1975). Domestic water buffalo. New Delhi, India: Oxford and IBH Publishing company.
- FAO. (2025). Búfalos. <https://www.fao.org/dairy-production-products/dairy/buffaloes/es#:~:text=Los%20b%C3%BAfalos%20de%20r%C3%ADo%20constituyen,%2C%20Jaffarabadi%2C%20Bhadawari%20y%20Mehsan>. Consultado el día 20 de marzo de 2025.
- FAOSTAT. (2024). Cultivos y productos de ganadería. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>.
- Fu, Q., Liu, R., Zhou, G., & Zhang, W. (2015). Effects of packaging methods on the color of beef muscles through influencing myoglobin status, metmyoglobin reductase activity and lipid oxidation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 1-8. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12740>.
- Giuffrida-Mendoza, M., De Moreno, L. A., Uzcátegui-Bracho, S., Rincón-Villalobos, G., & Huerta-Leidenz, N. (2006). Mineral content of *Longissimus dorsi* thoracis from water buffalo and Zebu-influenced cattle at four comparative ages. *Meat Science*, 75(3), 487-493. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.08.011>.
- Guerrero-Legarreta, I., Mota-Rojas, D., Mora-Medina, P., Bertoni, A., Álvarez-Macías, A. (2019). El búfalo de agua productor de carne por el mundo: indicadores productivos y sanitarios (2da Ed.). El búfalo de agua en las Américas, enfoques prácticos y experimentales (pp. 192-224). México: BM Editores.
- Guerrero-Legarreta, I., Napolitano, F., Cruz-Monterrosa, R., Mota-Rojas, D., Mora-Medina, P., Ramírez-Briebesca, E., Bertoni, A., Berdugo-Gutiérrez, J., & Braghieri, A. (2020). River buffalo meat production and quality: sustainability, productivity, nutritional and sensory properties. *Journal of Buffalo Science*, 9, 159-169. <https://doi.org/10.6000/1927-520X.2020.09.17>.

- Guerrero-Legarreta, I., Ghezzi, M., Napolitano, F., Orihuela, A., Macías, A., Bertoni, A., & Mota-Rojas, D. (2025). El búfalo de agua, un recurso estratégico para la producción de carne saludable y de alto valor nutricional. *El búfalo de agua: carne saludable y nutritiva* (pp. 192-224). México: BM Editores. <https://bmeditores.mx/secciones-especiales/el-bufalo-de-agua-carne-saludable-y-nutritiva/>.
- Hernández, B., Sáenz, C., Alberdi, C., & Diñeiro, J. (2015). Comparison between two different methods to obtain the proportions of myoglobin redox forms on fresh meat from reflectance measurements. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 8212-8219. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1917-x>.
- Infascelli F, Roscia M, & Buffardi F. (2009). La carne di Bufalo. Edizioni Pubblicità Italia. <https://www.informare.camcom.it/wp-content/uploads/2014/12/633845594290017287Carne-di-Bufalo.pdf>.
- Infascelli, F., Cutrignelli, M. I., Bovera, F., Tudisco, R., Calabro, S., Zicarelli, F., Urso, S., & Picollo, V. (2005). Cholesterol content and fatty acid composition of meat from buffalo and Marchigiana young bulls (pp. 146). *Proceedings of 1st Buffalo Symposium of Europe and Americas*.
- Joele, M. R., Lourenço, L. F., Júnior, J. B. L., Araújo, G. S., Budel, J. C., & Garcia, A. R. (2016). Meat quality of buffaloes finished in traditional or silvopastoral system in the Brazilian Eastern Amazon. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(6), 1740-1745. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7922>.
- Kandeepan, G., Anjaneyulu, A., Kondaiah, N., Mendiratta, S., & Lakshmanan, V. (2009). Effect of age and gender on the processing characteristics of buffalo meat. *Meat Science*, 83(1), 10-14. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.03.003>.
- Kandeepan, G., Mendiratta, S. K., Shukla, V., & Vishnuraj, M. R. (2013). Processing characteristics of buffalo meat—a review. *Meat Science*, 95(4), 848–856. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.046>
- Kempster, A. J. (1980). Fat partition and distribution in the carcasses of cattle, sheep and pigs: a review. *Meat Science*, 5, 81-98. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(81\)90007-3](https://doi.org/10.1016/0309-1740(81)90007-3).
- Kiran, M., Naveena, B. M., Reddy, K. S., Shahikumar, M., Reddy, V. R., Kulkarni, V. V., Rapole, S., & More, T. H. (2016). Understanding tenderness variability and ageing changes in buffalo meat: biochemical, ultrastructural and proteome characterization. *Animal*, 10(6), 1007-1015. <https://doi.org/10.1017/s1751731115002931>.
- Kreuzer, M, & Kirchgessner, M. (1991). Endogenous iron excretion. A quantitative means to control iron metabolism?. *Biological Trace Element Research*, 29(2), 77-92. <https://doi.org/10.1007/BF03032686>.
- Lantican, F., Molina, M. C., Lapitan, J. E., Padrid, J. C., Suñaz, E. C., Cañizares, A. R., Lantican, J. A., Loise Ann M. Carandang, L. A. (2017). Buffalo meat value chain analysis in Luzon, Philippines. Department of Agriculture. Philippine Carabao Center: Searca, 121. ISBN 978-971-560-186-3.

- Lapitan, R. M., Del Barrio, A. N., Katsube, O., Ban-tokuda, T., Orden, E. A., Robles, A. Y., Fujihara, T., Cruz, L. C., Homma, H., & Kanai, Y. (2008). Comparison of carcass and meat characteristics of Brahman grade cattle (*Bos indicus*) and crossbred water buffalo (*Bubalus bubalis*). *Animal Science Journal*, 78(6), 596-604. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2007.00480.x>.
- Li, Q., Wang, Y., Tan, L., Leng, J., Lu, Q., Tian, S., Shao, S., Duan, C., Li, W., & Mao, H. (2017). Effects of age on slaughter performance and meat quality of Binlangjiang male buffalo. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(2), 248-252. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.10.001>.
- Mancini, R. A., & Hunt, M. C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, 71(1), 100-121. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003>.
- Mello, J. L. M., Rodrigues, A. B. B., Giampietro-Ganeco, A., Ferrari, F. B., Souza, R. A., Souza, P. A., & Borba, H. (2017). Characteristics of carcasses and meat from feedlot-finished buffalo and *Bos indicus* (Nellore) bulls. *Animal Production Science*, 58(7), 1366. <https://doi.org/10.1071/an16556>.
- Naveena, B. M., & Kiran, M. (2014). Buffalo meat quality, composition, and processing characteristics: Contribution to the global economy and nutritional security. *Animal Frontiers*, 4(4), 18–24. <https://doi.org/10.2527/af.2014-0030>.
- Naveena, B., Muthukumar, M., Kiran, M., Rituparna, B., Arup, R., & Sukhdeo, B. (2022). Asiatic water buffalo: A sustainable and healthy red meat source. *Springer Nature Singapore*, 114-115. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-2619-8>.
- Ordovas, J. M., Ferguson, L. R., Tai, E. S., & Mathers, J. C. (2018). Personalised nutrition and health. *BMJ: Clinical Research*, 361. <https://doi.org/10.1136/bmj.k2173>.
- Owens, F. N., Gill, D. R., Secrist, D. S., & Coleman, S. W. (1995). Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 73, 3152-3172. <https://doi.org/10.2527/1995.73103152x>.
- Pessoa, R., & De Campos, L. (2023). La cadena de suministro del búfalo en el noreste de Brasil. *Rev. Cientif. FCV-LUZ*, 33(308). <https://doi.org/10.52973/rcfcv-wbc145>.
- Piao, D., Denzer, M., Mafi, G., & Ramanathan, R. (2021). Daily quantification of myoglobin forms on beef *Longissimus lumborum* steaks over 7 days of display by near-infrared diffuse reflectance spectroscopy. *Meat and Muscle Biology*, 5(1), 1-14. <https://doi.org/10.22175/mmb.12562>.
- Pinheiro, R., Ramos, P., Roca, R., Bezerra, L., Francisco, C., & Oliveira, R. (2020). Differences between cattle and buffalo in the water-soluble proteins of the *Longissimus* muscle as shown by electrophoretic techniques. *Animal Production Science*, 2020(60), 1759-1768. <https://doi.org/10.1071/AN19239>.
- Ramírez-Briebesca, E., & Cruz-Monterrosa, R. (2021). Factores alimenticios que influyen en la calidad de la carne de rumiantes. *Agroproductividad*, 23-32. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/451/331>.

- Ramírez, R. (1994). Crecimiento y Desarrollo. En: E. Porte (Ed.). Producción de Carne Bovina. 4a. Ed. Universitaria. Santiago, Chile. Pp. 186-199.
- Rey, J. F., Martínez, C. L., & Urrea, A. (2011). Evaluation of sensory characteristics and texture of an economic Buffalo meat (*Bubalus bubalis*) sausage and an economic beef (*Bos indicus*) sausage with addition of bovine hemoglobin powder International Congress on Engineering and Food (ICEF11). *Procedia Food Science*, 1, 545-548. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.082>.
- Rodrigues, L. S., Da Silva, J. A. R., De Brito Lourenço-Júnior, J., Silva, A. G. M. E., De Almeida, A. M., Mourato, M. P., De Castro, V. C. G., Bezerra, A. S., Da Silva, W. C., & Prates, J. A. M. (2023). Muscle mineral profile of water buffaloes (*Bubalus bubalis*) reared in different production systems of the Brazilian Eastern Amazon. *Frontiers In Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1057658>.
- Sierra, V., Coto, A., & Oliván, M. (2010). Evolución post-mortem de parámetros indicativos de calidad en carne de vacuno: efecto de la raza y el gen de la hipertrofia muscular. Tesis doctoral, Universidad de Oviedo, España. https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/12758/TD_Veronica%20Sierra%20Sanchez%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Singh, P., Ahlawat, S., Sharma, D., & Pathera, A. (2018). Carcass characteristics of male buffalo calf and meat quality of its veal. *Buffalo Bulletin*, 37(2), 1-16. <https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/BufBu/article/view/134>.
- Soetan, K. O., Olaiya, C. O., & Oyewole, O. E. (2010). The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants-a review. *African Journal of Food Science*, 4(5), 200-222. https://academicjournals.org/article/article1380713863_Soetan%20et%20al.pdf/1000.
- Spanghero, M., Gracco, L., Valusso, R., & Piasentier, E. (2004). *In vivo* performance, slaughtering traits and meat quality of bovine (Italian Simmental) and buffalo (Italian Mediterranean) bulls. *Livestock Production Science*, 91(2004), 129-141. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.07.013>.
- Suttle, N. F. (1991). Mineral supplementation of low-quality roughages. Proceeding of Symposium on Isotope and Related Techniques in Animal Production and Health. International Atomic Energy Commission, Vienna. Pp. 101-104.
- Tajik, H., Rezaei, A., Alamouti, M., Moradi, M., & Dalir-Naghadeh, B. (2010). Mineral contents of muscle (*Longissimus dorsi thoracis*) and liver in river buffalo (*Bubalus bubalis*). *Journal of Muscle Foods*, 21(3), 459-473. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2009.00195.x>.
- Tamburrano, A., Tavazzi, B., Callà, C. A. M., Amorini, A. M., Lazzarino, G., Vincenti, S., Zottola, T., Campagna, M. C., Moscato, U., & Laurenti, P. (2019). Biochemical and nutritional characteristics of buffalo meat and potential implications on human health for a personalized nutrition. *Italian Journal of Food Safety*, 8(3), 174-179. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2019.8317>.

- Torres, E. (2009). Búfalos: una especie promisor. Universidad Nacional de Colombia. http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/razas_de_bufalos/69-Bufalos_peru.pdf. Consultada el día 13 de septiembre de 2024.
- Tucker, H. F., & Salmon, W. D. (1955). Parakeratosis or zinc deficiency disease in the pig. *Experimental Biology and Medicine*, 88(4), 613-616. <https://doi.org/10.3181/00379727-88-21670>.
- Turan, A., Yalcintan, H., Orman, A., & Ekiz, B. (2021). Effects of gender and slaughter age on meat quality of Anatolian water buffaloes. *Tropical Animal Health and Production*, 2021(53), 415. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02835-8>.
- USDA. (2015). National Nutrient Database for Standard Reference. <https://fdc.nal.usda.gov/>.
- Vasta, V., & Priolo, A. (2006). Ruminant fat volatiles as affected by diet. A review. *Meat Science*, 73(2), 218–228. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.11.017>
- Zava, M., De la Cruz-Cruz, L., Roldán-Santiago, P., & Collado, E. (2021). The buffalo, origin, population and importance in the world. https://www.researchgate.net/publication/353764671_The_buffalo_origin_population_and_importance_in_the_world_El_bufalo_su_origen_poblacion_e_importancia_en_el_mundo/references.
- Ziauddin, K. S., Mahendrakar, N. S., Rao, D. N., Ramesh, B. S., & Amla, B. L. (1994). Observations on some chemical and physical characteristics of buffalo meat. *Meat Science*, 37(1), 103-113. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(94\)90148-1](https://doi.org/10.1016/0309-1740(94)90148-1).

3. PERFIL NUTRICIONAL Y CALIDAD DE CARNE DE BÚFALOS FINALIZADOS EN CONDICIONES DE CONFINAMIENTO EN EL CENTRO DE MÉXICO

3.1. Resumen

La presente investigación evaluó las diferencias nutricionales y de calidad de carne de 10 búfalos (búfalos, n=5; búfalas, n=5) finalizados en confinamiento. Se muestrearon en las medias canales izquierdas de cada individuo: pierna, lomo, diafragma, espaldilla y pecho. Para el análisis de perfil nutricional se utilizaron las cinco regiones anteriormente mencionadas; para los análisis del perfil mineral, electroforético y de la calidad de carne se utilizó el lomo (*Longissimus dorsi*). El análisis de la composición del tejido graso se realizó con grasa del lomo de res (machos) y lomo de búfalos. Los resultados se analizaron ajustando un diseño completamente al azar para observar los efectos de las variables respecto al sexo. Los resultados mostraron que los búfalos fueron diferentes ($p<0.05$) en: humedad en lomo; proteína y humedad en pecho y pierna; contenido de: ácidos grasos saturados, ácidos grasos poliinsaturados, palmítico, esteárico, linoleico; proporción de deoximioglobina y presencia de proteína con peso molecular 37 kDa. Por su parte, las búfalas fueron diferentes ($p<0.05$) en: grasa; colágeno; grasa de lomo y pecho; colágeno de lomo, espaldilla y pecho; contenido de: cobre y cenizas; contenido de: colesterol, ácidos grasos monoinsaturados, oleico, linolénico, espesor de grasa dorsal y metamioglobina. Sin embargo, el lomo de res mostró mayor contenido de colesterol y AGS; mientras que las búfalas tuvieron mayor contenido de AGM; los machos, mayor contenido de esteárico. Estos hallazgos destacan que el sexo modula características nutricionales y de calidad que son clave en carne bufalina bajo confinamiento, ofreciendo bases para optimizar sistemas de producción según objetivos comerciales y saludables.

Palabras clave: *Bubalus bubalis*, composición nutricional, tipo sexual, sistema intensivo.

Tesis de Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, Posgrado en Producción Animal.

Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Javier Herrera Godoy

Director: Gilberto Aranda Osorio

NUTRITIONAL PROFILE AND MEAT QUALITY OF BUFFALOES FINISHED IN FEEDLOT CONDITIONS IN CENTRAL MEXICO

3.2. Abstract

This study evaluated nutritional and quality differences in meat from 10 confined buffaloes (males, n=5; females, n=5). Samples were collected from the left half-carcasses of each individual, including the leg, loin, diaphragm, chuck, and brisket. The five regions mentioned above were used for the nutritional profile analysis; the loin (*Longissimus dorsi*) was used for the mineral profile, electrophoretic, and meat quality analyses. The analysis of fatty tissue composition was carried out with beef loin (male) and buffalo loin. Data were analyzed using a completely randomized design to evaluate sex-related effects. Results revealed differences ($p<0.05$) between males and females: males exhibited higher moisture in the loin, protein, and moisture in the brisket and leg, and elevated levels of saturated fatty acids (SFA), polyunsaturated fatty acids (PUFA), palmitic acid, stearic acid, linoleic acid, deoxymyoglobin proportion, and a 37 kDa molecular weight protein. Females showed higher values ($p<0.05$) in fat, collagen, loin and brisket fat content, collagen in the loin, chuck, and brisket, copper, ash content, cholesterol, monounsaturated fatty acids (MUFA), oleic acid, linolenic acid, backfat thickness, and metmyoglobin. However, beef tenderloin showed higher cholesterol and SFA content, while buffaloes had higher MFA content, and males had higher stearic content. These findings demonstrate that sex modulates key nutritional and quality characteristics in confined buffalo meat, providing a foundation to optimize production systems for commercial and health-oriented objectives.

Key words: *Bubalus bubalis*, nutritional composition, sexual type, intensive system.

3.3. Introducción

En el 2023, el consumo cárnico en México aumentó 4.9 % (9.84 vs 10.32 millones de toneladas) respecto al año anterior; de manera específica, la carne de res tuvo un consumo anual por persona equivalente a 16.4 kg, lo que representa un aumento de 4.8 % respecto al año anterior; es de resaltar que tuvo una participación del 20 % (2.11 millones de toneladas) respecto a otras proteínas de origen animal y a su vez, mostró una tendencia positiva de consumo de 5.6 % más que en el 2022 (2,005,343 vs 2,117,757 ton) (COMECARNE, 2024). Lo anterior, sugiere que en el país existe una tendencia favorable para el consumo de cárnicos y dentro de ellos para la res; esto abre una posibilidad de éxito en la promoción y consumo de carne de búfalo, ya que tiene cierto parecido a la de res. Investigaciones realizadas con anterioridad, sugieren que la carne de res y la del búfalo son diferentes en cuanto a algunas características nutricionales y de calidad, aunque la del búfalo resulta en un producto cárnico más adecuado para la salud humana (Infascelli et al., 2009; USDA, 2015).

Se ha documentado que la producción de carne, leche o fuerza de trabajo provenientes de búfalo de agua se practica en esquemas de finalización extensivos con sus diversas variantes tecnológicas (Da Luz et al., 2017; Li et al., 2017; Piao et al., 2021; Rodrigues et al., 2023). Naveena y Kiran (2014) demostraron que los rumiantes finalizados en confinamiento muestran altos rendimientos en la canal cuando son comparados con animales finalizados en pastoreo; también concluyeron que alimentos con mayor cantidad de energía y proteína influyen en el contenido de la proteína, grasa intramuscular y en el perfil de ácidos grasos poliinsaturados presentes en la carne. En el continente americano: Brasil, Venezuela, Colombia, Costa Rica, Cuba y México han mostrado un interés creciente en la cría y comercialización interna de carne de búfalo en los últimos 15 años (Lantican et al., 2017). La información que se ha reportado sobre finalización de búfalos y búfalas en sistemas intensivos es escasa en México. Por tanto, es necesario profundizar en el conocimiento sobre la carne que se produce en México bajo los sistemas tradicionales de finalización intensiva.

El objetivo fue evaluar el efecto del sexo de búfalos finalizados en confinamiento para definir si existen diferencias en el perfil nutricional y en la calidad de la carne.

3.4. Materiales y Métodos

3.4.1. Animales

En el presente estudio se trabajó con búfalos y búfalas de diferentes razas de búfalo de río. El lote de búfalas fue traído del sur del país, provenían de un sistema de alimentación en pastoreo y sirvieron como reproductoras durante algunos años, su edad se estimó en 7 años. El lote de búfalos fue destetado y desarrollado hasta los 350-400 kg en un sistema en pastoreo, posteriormente, fue trasladado hacía el corral de engorda. Ambos lotes fueron alimentados durante 120 d bajo un esquema de finalización en confinamiento (EM: 2.8 Mcal kg⁻¹ base seca; PC: 14 %) en igualdad de condiciones, en el estado de Tlaxcala. El sacrificio se llevó a cabo cuando los individuos de ambos lotes alcanzaron alrededor de 500 kg.

3.4.2. Muestreo

El muestreo se llevó a cabo en las instalaciones especiales del frigorífico particular del productor donante; las muestras seleccionaron de manera aleatoria las medias canales izquierdas de 10 búfalos, cinco búfalos y cinco búfalas. Se pidió ayuda a un tablajero para identificar y separar las regiones de interés, las cuales se muestran en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Clasificación de las muestras de carne de búfalos

Región	Nombre común	Nombre científico	Clasificación NAMP ¹
Pierna	Gallina	<i>Musculus semitendinosus</i>	167A
Lomo	Roast beef	<i>Longissimus dorsi</i>	1103
Diafragma	Arrachera gallo	<i>Crus dextrum diaphragmatis</i>	140
Espaldilla	Diezmillo	<i>Serratus ventralis, rhomboideus y splenius</i>	116E
Pecho	Flecha	<i>Pectoralis superficialis y profundus</i>	120

¹: North American Meat Processors, 2007.

Por cada media canal se muestrearon cinco regiones anteriormente mencionadas. Cada una de las muestras fue identificada debidamente para su control.

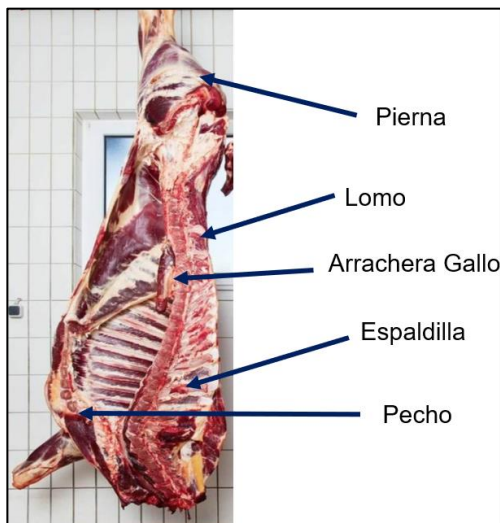


Figura 3. Localización de regiones anatómicas muestreadas en la media canal.



Figura 4. Regiones anatómicas muestreadas. De izquierda a derecha: pierna, lomo, arrachera gallo (diafragma), espaldilla y pecho.

3.4.3. Conservación de muestras

Cada muestra se empacó al alto vacío utilizando una empacadora comercial (Wenzhou, DZP-800/25B) y posteriormente, se depositaron en una hielera a una temperatura promedio de 4 °C hasta su llegada a laboratorio. En el laboratorio, el conjunto de muestras se depositó en un congelador (Frigidaire, FFCD11C4HRW) a una temperatura promedio de -20 °C hasta su análisis. El proceso previo de utilización para cualquier determinación consistió en someter durante 24 h las muestras de interés a temperatura de refrigeración (4 °C).

3.4.4. Determinaciones de composición nutricional

3.4.4.1. Proteína, grasa, humedad y colágeno

Las variables enunciadas para este apartado se llevaron a cabo en el Laboratorio del Posgrado en Producción Animal (PPA)-Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Las muestras de cada región y de ambos sexos se prepararon mediante el procedimiento AOAC 983.18 y se analizaron con el equipo FoodScan TM (FOSS®) conforme al método AOAC 2007.04 (AOAC, 1983; AOAC, 2007). Dentro del Software ISISCan v.2.7.1 se eligió el apartado de muestra de res ya que no se tiene un apartado específico para poder cuantificar las variables de interés en carne de búfalo. Cada muestra fue submuestreada tres veces, girando la celda de muestra un cuarto de vuelta en contra de las manecillas del reloj. Los resultados arrojados para cada variable fueron reportados en porcentaje.

3.4.5. Determinaciones de composición mineral

3.4.5.1. Cenizas

Esta determinación se llevó a cabo en el Laboratorio de nutrición de rumiantes-UACH y se realizó utilizando muestras del lomo de ambos sexos y tomando como referencia las metodologías propuestas por Fick et al. (1979) y por Uzcátegui-Bracho et al. (2008). Cada muestra se determinó por duplicado.

3.4.5.2. Minerales

La determinación de minerales se llevó a cabo en el Laboratorio de Minerales del PPA-UACH. Este análisis se llevó a cabo como continuación de la determinación de cenizas, para ello, se siguieron las metodologías propuestas por Fick et al. (1979) y Uzcátegui-Bracho et al. (2008). Para cada mineral (Fe, Cu y Zn) se prepararon tres curvas de calibración: 1, 3 y 5 ppm; se aceptaron dichas curvas cuando tuvieron un nivel de confianza mínimo de 0.990. La lectura de los minerales se realizó con un espectrofotómetro de absorbancia atómica (PerkinElmer, AA700). Cada muestra se determinó por duplicado.

3.4.6. Determinaciones de composición del tejido graso

Las muestras de tejido graso extraído de la región del lomo, fueron depositadas en dos bolsas plásticas, una para cada sexo. Cada una de las bolsas fue identificada debidamente y se procuró asegurar 300 g de muestra para cada sexo. Por otro lado, se trabajó con tres muestras de lomo de res, de las cuales se realizó la extracción del tejido graso y se recolectaron en una bolsa bien identificada. Una vez teniendo las tres bolsas (búfalos, búfalas y res), se procedió a enviarlas a un laboratorio externo para el análisis correspondiente mediante cromatografía de gases acorde al método de la AOAC Ce1h-05. Se reportaron los valores de: Colesterol ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$), ácidos grasos saturados ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$), ácidos grasos monoinsaturados ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$), ácidos grasos polinsaturados ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$), palmitoleico (%), palmítico (%), esteárico (%), oleico (%), linoleico (%) y linolénico (%).

3.4.7. Determinaciones del perfil electroforético de proteínas

Estos análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de “Biología Molecular y Bioquímica de Macromoléculas” de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa para desarrollar la cuantificación de proteínas y la electroforesis. Se obtuvieron 10 g de tejido por muestra proveniente de la región del lomo de ambos sexos de búfalo y de búfalos de res en tubos Eppendorf y se sometieron a congelación ($-20 \text{ }^{\circ}\text{C}$) hasta su análisis; el análisis se inició macerando individualmente 1 g de tejido de cada muestra en mortero de porcelana y utilizando como diluyente 1 mL de agua desionizada (relación 1:1); el componente líquido del macerado se filtró (filtro Whatman No. 1) y se recuperó en un tubo Eppendorf de 2 mL; posteriormente, el líquido recuperado se centrifugó a 7500 g durante 15 min a $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$; finalmente, se recuperó el sobrenadante y se almacenó individualmente en tubos Eppendorf de 2 mL en un ultracongelador a $-80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta el siguiente análisis (Pinheiro et al., 2020).

3.4.7.1. Cuantificación de proteínas

La cuantificación de proteína soluble se llevó a cabo con la utilización del método de Bradford (Bio-Rad Protein Assay, California, E.U.A.) (Bradford, 1976): evaluando la absorbancia a una longitud de onda de 595 nm.

En cada uno de los pozos de la microplaca se colocaron 160 µL del extracto de proteínas proveniente de las muestras y se le adicionaron 40 µL del reactivo de Bradford, posteriormente se mezclaron e incubaron en ausencia de la luz y a temperatura ambiente (25 °C) durante 5 min. La lectura de absorbancia se realizó en un lector de placas BIOTEK SINERGY HT, empleando como patrón una curva de albúmina sérica bovina (BSA) (Sigma-Aldrich, San Luis, Misuri, E.U.A.).

3.4.7.2. Electroforesis

La preparación de cada una de las soluciones y del gel se realizó siguiendo el Manual de Procedimientos de Bio-Rad para Electroforesis Nativa (Bio-Rad, 2023). Una vez realizado el gel y sumergido en el buffer de corrida, se cargaron 4 µL del extracto de proteínas de la muestra en cada pozo del gel, con la atención de siempre dejar el carril 1 y el 10 sin muestra. El peso molecular aparente de las bandas de proteína se determinó por la comparación con el marcador Precision Plus Protein Dual Color Standards 250-10 kDa (Bio-Rad, 161-0374).

Se realizaron las preparaciones siguiendo las modificaciones de Hurtado et al. (2019): el gel concentrador se constituyó de 4 % de poliacrilamida, mientras que el de separación con el 7 %; la electroforesis fue nativa, y se corrió a 80 V durante 30 min y después a 120 V durante 1.5 h; una vez pasado ese tiempo, se tiñó con azul Coomassie (0.1 % azul de Coomassie G250, 45 % metanol, 10 % ácido acético glacial y 80 % agua); posteriormente, se dejaron los geles en agitación y trascurridas 18 h se destiñeron con una solución de 10 % metanol, 10 % ácido acético glacial y 80 % agua; finalmente, los geles fueron visualizados en un analizador de imágenes (Gel Doc XR, BIO-RAD) utilizando el software Image Lab versión 5.1.

3.4.8. Determinaciones de calidad de la carne

Las variables expuestas en esta sección únicamente se realizaron utilizando la región del lomo de ambos sexos. A excepción del pH, las demás variables se llevaron a cabo en el Laboratorio W-107 “Biología molecular y bioquímica de macromoléculas” de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Por otro lado, el pH se determinó en el Laboratorio del PPA-UACH.

3.4.8.1. pH

Esta variable se determinó con la metodología propuesta por Pérez y Ponce (2013), a las 24 h posteriores al sacrificio, con algunas modificaciones en el equipo de medición, ya que para este estudio se utilizó un potenciómetro portátil (pHep®5, HI98128).

3.4.8.2. Espesor de grasa dorsal (EGD)

Se realizó una medición longitudinal de la porción de la chuleta del lomo y se trazó una línea perpendicular imaginaria a los tres cuartos de la longitud total, en ese punto se tomó la lectura del espesor utilizando una regla milimétrica. Los resultados se reportaron en milímetros.

3.4.8.3. Área del ojo del lomo (AOL)

Se superpuso una hoja de acetato sobre la chuleta del lomo y se trazó el contorno correspondiente al ojo del lomo. Posteriormente, se superpuso la malla cuadrículada sobre el acetato para la estimación del área del ojo del lomo. El área del ojo del lomo se convirtió de pulgadas cuadradas a centímetros cuadrados.

3.4.8.4. Color: L*, a*, b*

La técnica que se utilizó se retomó de Pérez y Ponce (2013) de la mano con la metodología propuesta por King et al. (2023); se llevó a cabo por espectrometría de reflectancia mediante la utilización de un espectrofotómetro Hunter-Lab ColorFlex EZ 45°/0° (HunterLab Associates, Reston, VA, USA, con una apertura de 2.5 cm, iluminante D65, ángulo de 10°), obteniendo los valores L* (luminosidad), a* (componente rojo-verde), b* (componente amarillo-azul) y el espectro de reflectancia en el intervalo de 400 a 690 nm.

3.4.8.5. Estados de la Mioglobina: Metamioglobina (MMb), Oximioglobina (OMb) y Deoximioglobina (DMb)

Las variables enunciadas anteriormente se determinaron como un paso posterior a la determinación de las coordenadas L*, a*, b* del color, puesto que el equipo utilizado (ColorFlexEZ, CFEZ0353) arrojó valores de reflectancia a diferentes longitudes de onda; para obtener los valores en porcentaje de MMb, OMb y DMb se siguió la metodología de King et al. (2023) y de Pérez y Ponce (2013) por lo que se sustituyó la información en la matriz de ecuaciones siguiente:

$$R_{473}=R_{470}+(3*((R_{480}-R_{470})/10))$$

$$R_{525}=(R_{520}+R_{530})/2$$

$$R_{572}=R_{570}+(2*((R_{580}-R_{570})/10))$$

Donde "R" es igual a reflectancia

$$A_{473}=\text{Log}(1/(R_{473}*0.01))$$

$$A_{525}=\text{Log}(1/(R_{525}*0.01))$$

$$A_{572}=\text{Log}(1/(R_{572}*0.01))$$

$$A_{700}=\text{Log}(1/(R_{700}*0.01))$$

Donde "A" es igual a absorbancia

$$\%MMb=(1.395-((A_{572}-A_{700})/(A_{525}-A_{700}))) * 100$$

$$\%DMb=(2.375*(1-((A_{473}-A_{700})/(A_{525}-A_{700})))) * 100$$

$$\%OMb=100-(\%MMb+\%DMb)$$

3.5. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de las variables se analizaron ajustando un diseño completamente al azar (DCA) para ver los efectos de las variables respecto al sexo.

$$Y_{ij} = \mu + S_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : valor observado de la variable respuesta modelada

μ : media general de la variable respuesta.

S_i : efecto del i-ésimo nivel del factor sexo.

ε_{ij} : error experimental asociado a la observación, $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$.

El análisis estadístico para ambos casos se realizó mediante el procedimiento GLM del programa Statistical Analysis System (SAS) v. 3.81, año 2020 y la comparación de medias se llevó a cabo con la prueba Tukey ($\alpha = 0.05$).

3.6. Resultados y discusión

3.6.1. Composición nutricional

En el Cuadro 9, se plasma una comparación entre las diferentes regiones anatómicas muestreadas y algunas variables de composición nutricional de carne de búfalos.

Cuadro 9. Contenido de proteína, grasa, humedad y colágeno de búfalos finalizados en confinamiento según las regiones anatómicas muestreadas.

Variable (%)	Sexo		EEM	Valor P
	<i>Búfalos</i>	<i>Búfalas</i>		
	<i>Pierna</i>			
Proteína	23.86	23.84	0.09	0.9153
Grasa	1.21	1.18	0.06	0.8429
Humedad	75.40	74.72	0.06	0.0009
Colágeno	1.40	1.43	0.02	0.5204
	<i>Lomo</i>			
Proteína	23.98	24.60	0.16	0.0848
Grasa	1.14	1.91	0.05	<0.0001
Humedad	74.56	73.00	0.28	0.0235
Colágeno	1.20	1.34	0.03	0.0492
	<i>Diafragma</i>			
Proteína	20.56	21.16	0.25	0.2593
Grasa	3.25	3.85	0.15	0.0889
Humedad	76.09	74.81	0.36	0.1111
Colágeno	2.43	2.26	0.06	0.1777
	<i>Espaldilla</i>			
Proteína	20.76	21.26	0.16	0.1511
Grasa	8.28	10.43	0.75	0.1896
Humedad	72.23	69.13	0.74	0.0729
Colágeno	1.64	1.95	0.03	0.0013
	<i>Pecho</i>			
Proteína	19.88	18.54	0.22	0.0166
Grasa	11.12	16.77	0.97	0.0195
Humedad	69.36	64.33	0.71	0.0078
Colágeno	2.09	2.49	0.05	0.0072

EEM: Error estándar de la media

Es importante mencionar que, hasta el momento, no se han encontrado investigaciones que reporten valores de proteína, grasa, humedad o colágeno en diafragma, espaldilla y pecho de búfalos finalizados en condiciones de confinamiento. Considerando lo anterior, se discute lo siguiente:

3.6.1.1. Proteína

En pierna, no hubo diferencias entre sexos ($p>0.05$) pero los búfalos tuvieron numéricamente un mayor valor en 0.02 %; en lomo, diafragma y espaldilla no se observó efecto del sexo ($p>0.05$) pero las búfalas fueron más altas en 0.62, 0.60 y 0.50 %, respectivamente; en el pecho, los búfalos tuvieron el mayor valor y fueron diferentes ($p<0.05$) a las búfalas en 1.34 %. El valor de proteína que Bustamante et al. (2005) reportaron para pierna de búfalos resultó menor en 2.36 % en comparación a lo observado en esta investigación. Hasta el momento, no se ha encontrado algún estudio que reporte valores de proteína en pierna de búfalas. Por otro lado, en el lomo de búfalos, se observó un valor 2.78 % mayor al reportado por Contò et al. (2022). En búfalas se observó que el lomo fue 4.4 % mayor que lo reportado en el estudio de Singh et al. (2018). Se ha demostrado en estudios previos que los músculos locomotores y con mayor actividad metabólica tienden hacia valores mayores en proteína, esto debido a una densidad mayor de las fibras musculares (Faustman et al., 2010; Johnson et al., 1995; Moiola et al., 2001).

3.6.1.2. Grasa

Se observó que el contenido de grasa en pierna, diafragma y espaldilla no fue diferente entre sexos ($p>0.05$) pero en la primera región los búfalos tendieron hacia un mayor valor con diferencia de 0.03 %. En lomo y pecho sí hubo diferencia significativa ($p<0.05$) ligada al sexo, las búfalas fueron mayores en 0.77 y 5.65 %, respectivamente. Esto significa que la acumulación de grasa intramuscular tiene una relación estrecha con el sexo, ya que se ha demostrado que la lipogénesis es promovida por hormonas sexuales femeninas (Cameron et al., 2001; Vernon, 2005). En contraste, el lomo de búfalos obtuvo un valor menor en 1.96 % comparado a lo encontrado por Mello et al. (2017). En búfalas el lomo fue superior en 0.91 % a lo reportado por Singh et al. (2018). El contenido de grasa en pierna fue menor en 4.49 % a lo reportado por Bustamante et al. (2005). Hasta el momento, no se ha encontrado algún estudio que reporte valores de grasa en pierna de búfalas.

Sin embargo, en diafragma y espaldilla, las búfalas presentaron 0.6 y 2.15 % más respecto a los búfalos. Por otro lado, Wood et al. (2008) y Cameron et al. (2001), demostraron que la deposición de grasa en pecho y espaldilla se debe a que son regiones menos activas metabólicamente por lo que se tiende a promover mayor adipogénesis.

3.6.1.3. Humedad

El contenido de humedad fue diferente entre sexos ($p < 0.05$) en las regiones de pierna, lomo y pecho los búfalos fueron más altos en 0.68, 1.56 y 5.03 %, respectivamente. En diafragma y espaldilla no hubo diferencias entre sexos ($p > 0.05$) pero los búfalos tendieron a ser más altos en 1.28 y 3.1 %, respectivamente. La humedad presente en el lomo de búfalos fue inferior en 2.04 % a lo reportado por Contò et al. (2022). Las búfalas mostraron un valor inferior en 3.6 % considerando lo reportado por Singh et al. (2018).

Lo anterior, se fundamenta en lo reportado por Aberle et al. (2001), ya que llegaron a la conclusión que hay una relación inversa entre el contenido de grasa y humedad en el tejido muscular. Además, El-Kirdassy y Abdel-Galil (1977) concluyeron que hay diferencias entre sexos en el contenido de humedad en carne de búfalos.

3.6.1.4. Colágeno

El colágeno no fue diferente ($p > 0.05$) entre sexos en pierna y diafragma; en el primer caso, las búfalas tuvieron un valor superior en 0.03 % mientras que, en el segundo, los búfalos en 0.17 %. En lomo, espaldilla y pecho sí hubo diferencia entre sexos ($p < 0.05$) ya que las búfalas fueron más altas en 0.14, 0.31 y 0.40 %, respectivamente. Se observó que el lomo de los búfalos tuvo un valor de colágeno inferior en 6.3 % con base en lo reportado por Spanghero et al. (2004), aunque este valor observado es cercano por 0.3 % al reportado por Ziauddin et al. (1994) pero para búfalos finalizados en pastoreo. Un estudio previo, demostró que las búfalas tienden hacia una mayor proporción de colágeno debido a diferencias estructurales en el tejido conectivo (Light et al., 1985).

Por otro lado, Lepetit (2008) observó que la variación de colágeno se asocia con la función mecánica de cada músculo; el diafragma muestra un mayor contenido de colágeno debido a que es parte fundamental del sistema respiratorio. Finalmente, en una investigación en búfalos se demostró que su carne tiene mayor contenido de colágeno comparada con la de res (Di Stasio & Brugiapaglia, 2021).

En el Cuadro 10 se refieren las variables de la composición nutricional del músculo *Longissimus dorsi* de búfalos finalizados en confinamiento.

Cuadro 10. Contenido de proteína, grasa, humedad y colágeno de búfalos finalizados en confinamiento.

Variable (%)	Sexo		EEM	Valor P
	<i>Búfalos</i>	<i>Búfalas</i>		
Proteína	21.81	21.88	0.08	0.6631
Grasa	5.00	6.82	0.25	0.0007
Humedad	73.52	71.12	0.23	<0.0001
Colágeno	1.75	1.90	0.02	0.0005

EEM: Error estándar de la media; literales diferentes es igual a diferencia significativa ($p < 0.05$).

3.6.1.5. Proteína

El resultado para búfalos se encuentra 0.61 % por arriba de lo que observaron Contò et al. (2022). Por otro lado, las búfalas mostraron 2.08 % más proteína que búfalas finalizadas bajo un sistema semi-intensivo (Singh et al., 2018). Esto concuerda con Moioli et al. (2001), ya que argumentaron que dietas ricas en proteína y energía provocan una síntesis mayor de proteína muscular, no importando el sexo del animal. Se ha demostrado en otras especies de rumiantes, que la edad y la forma de alimentación, impactan más en la composición de proteína que por efecto del sexo (Johnson et al., 1995; Moioli et al., 2001). De manera general, la proteína presente en carne de búfalos no se vio afectada ($p > 0.05$) por el sexo; sin embargo, las búfalas se diferenciaron por arriba de los búfalos en 0.07 %.

Esto concuerda con Johnson (1995), ya que sugiere que bajo condiciones de confinamiento el sexo no es determinante para la acumulación de proteína muscular.

3.6.1.6. Grasa

El contenido de grasa observado en búfalos fue 1.9 % mayor que el reportado por Mello et al. (2017) bajo condiciones similares de finalización. A su vez, el contenido de grasa en búfalas reportado por Singh et al. (2018) fue menor en 5.82 % con base en lo observado en el presente estudio. Esto indica que la energía metabolizable que se aporta a través de la dieta balanceada promueve el aumento de grasa en la carne independientemente del sexo del animal (Moioli et al., 2001). Se encontraron diferencias ($p<0.05$) sobre el contenido de grasa, ya que fue más alto en búfalas en 1.82 %. Esta diferencia se podría explicar porque las hormonas sexuales femeninas, como los estrógenos, promueven la deposición de grasa intramuscular mediante la lipogénesis (Vernon, 2005); un estudio en res ha demostrado que las novillas tienden a tener mayor marmoleo que los novillos lo que se atribuyó a diferencias hormonales (Cameron et al., 2001); en otro estudio, pero con búfalos, se argumentó que la acumulación de grasa en búfalas podría relacionarse con diferencias en el metabolismo energético y la eficiencia de conversión alimenticia (Borghese, 2005).

3.6.1.7. Colágeno

El contenido de colágeno en búfalos, fue inferior en 5.75 % considerando lo reportado por Spanghero et al. (2004). Lo anterior, podría explicarse con lo observado por Judge et al. (1989) ya que el contenido de colágeno se relacionó con la madurez fisiológica, lo que indica que la edad de los búfalos en la presente investigación podría estar influyendo en los resultados. Sin embargo, en búfalas, no se encontró algún dato de referencia sobre el contenido de colágeno. En contraste, se encontraron diferencias ($p<0.05$) sobre el contenido de colágeno, ya que fue más alto en búfalas en 0.15 %.

Esto apoya el fundamento de Light et al. (1985), quienes concluyeron que las búfalas tienden hacia un mayor contenido de colágeno en fibras más gruesas y densas.

3.6.1.8. Humedad

Los búfalos mostraron 3.08 % menos contenido de humedad que lo reportado por Contò et al. (2022). Por otro lado, las búfalas mostraron 5.48 % menos humedad que lo observado por Singh et al. (2018). Mientras tanto, el contenido de humedad fue mayor en búfalos ($p<0.05$) en 2.40 %. Esto podría deberse a la relación inversa entre grasa y agua en los tejidos musculares; a medida que aumenta el contenido de grasa disminuye el contenido de agua (Aberle et al., 2001).

3.6.2. Composición mineral

En el Cuadro 11 se presentan tres minerales analizados en el músculo *Longissimus dorsi* de búfalos.

Cuadro 11. Contenido de Hierro (Fe), Cobre (Cu) y Zinc (Zn) en el lomo de búfalos finalizados en confinamiento.

Variable ¹	Sexo		EEM	Valor P
	Búfalos	Búfalas		
Cenizas (% MS)	4.83	6.71	0.36	0.0317
Fe (ppm)	5.45	5.67	0.32	0.7393
Cu (ppm)	0.51	1.20	0.12	0.0259
Zn (ppm)	9.60	9.68	0.24	0.8523

¹: determinadas en tejido extraído del músculo *Longissimus dorsi*; EEM: Error estándar de la media; literales diferentes igual a diferencia significativa ($p<0.05$); Fe: Hierro; Cu; Cobre; Zn: Zinc; ppm: partes por millón; % MS: Porcentaje en materia seca o base seca.

3.6.2.1. Cenizas

En búfalos se observó que las cenizas fueron superiores en 3.73 % comparado con lo encontrado por Spanghero et al. (2004). Por otro lado, las búfalas mostraron un valor mayor en 5.48 % con base en lo reportado por Singh et al. (2018). Se observó que el contenido de cenizas fue diferente ($p<0.05$), ya que las búfalas mostraron un 1.88 % MS más que los búfalos.

Lo anterior, coincide con lo reportado por Arthington et al. (2004) los estrógenos favorecen una mayor retención de minerales en los tejidos, lo que podría explicar que las búfalas tengan un mayor contenido. En un par de estudios, se observaron diferencias en el contenido mineral entre sexos de res y búfalos, se atribuyeron estas diferencias a factores hormonales y concluyeron que las búfalas tienden a obtener mayores valores que los búfalos; aunque está enfocado en bovinos, aplica el mismo principio a búfalos por la similitud fisiológica y la ausencia de diferencias significativas reportadas en la literatura específica de búfalos (Giuffrida-Mendoza et al., 2007 & Kandeepan et al., 2009).

3.6.2.2. Hierro (Fe)

El contenido de Fe en búfalos se encontró inferior en 2.37 ppm considerando lo reportado por Rodrigues et al. (2023). Las búfalas mostraron un valor mayor en 1.86 ppm tomando en cuenta lo reportado por Tajik et al. (2010). En el contenido de Fe no se encontraron diferencias ($p>0.05$) ligadas al sexo; las búfalas tendieron a presentar valores mayores en 0.22 ppm respecto a los búfalos. Esto tiene fundamento en lo reportado por Neath et al. (2007) ya que demostraron que el contenido de Fe en carne de búfalos se relaciona con factores nutritivos y longevidad del animal que por influencia del sexo. A su vez, Tateo et al. (2007) y Mendoza et al. (2007), coincidieron en que la concentración de Fe presente en carne no se vio influida por el sexo sino por el tipo de músculo, la edad y la nutrición de los animales.

3.6.2.3. Cobre (Cu)

En búfalos, el contenido de Cu, coincide con lo reportado por Rodrigues et al. (2023), aunque fue mayor en 0.04 ppm. Por otro lado, en búfalas, se encontró un valor mayor en 1.06 ppm a lo reportado por Tajik et al. (2010). En el Cu se encontraron diferencias ($p<0.05$) entre sexos, las búfalas mostraron una diferencia de 0.69 ppm respecto a los búfalos. Esto concuerda con López-Alonso et al. (2000) quienes concluyeron que las búfalas de res mostraron una mayor concentración de Cu comparada a la de los búfalos. Por su parte, Arthington et al. (2004) y Cabrera et al. (2010) coinciden en que las hormonas sexuales

(estrógenos) podrían aumentar la absorción y retención de Cu en tejidos; además, concluyen que el Cu se involucra en procesos metabólicos.

3.6.2.4. Zinc (Zn)

El contenido de Zn en búfalos fue menor en 6.92 ppm con base en lo observado por Rodrigues et al. (2023); sin embargo, el valor encontrado en esta investigación se aproxima, aunque es mayor, al reportado por Tajik et al. (2010) variando en 0.14 ppm. Para búfalas, el contenido de Zn observado fue mayor en 1.64 ppm respecto a lo reportado por Tajik et al. (2010). Finalmente, en el Zn no se encontraron diferencias ($p>0.05$) ligadas al sexo; las búfalas tendieron a presentar valores mayores en 0.08 ppm respecto a los búfalos. Esto coincide con diversas investigaciones, ya que se ha llegado a la conclusión que la concentración de Zn en carne de bovino no se relaciona con el sexo, pero sí con factores de la nutrición animal y del tipo de músculo muestreado (Cabrera et al., 2010; Giuffrida-Mendoza et al., 2007; Tateo et al., 2007).

3.6.3. Composición del tejido graso

En el Cuadro 12 se muestran los componentes más relevantes de tejido graso del lomo de res y de búfalos.

Cuadro 12. Componentes del tejido graso de res y búfalos presentes en *Longissimus dorsi*.

Variable ¹	Especie		
	Búfalos	Búfalas	Res
Colesterol (mg 100 g ⁻¹)	48.32	56.51	73.51
AGS (mg 100 g ⁻¹)	50.30	37.48	56.82
AGM (mg 100 g ⁻¹)	46.82	60.05	39.92
AGP (mg 100 g ⁻¹)	2.02	1.80	2.40
Palmítico (%)	18.00	15.63	27.63
Esteárico (%)	24.00	16.00	20.00
Oleico (%)	35.76	47.17	29.27
Linoleico (%)	1.47	1.27	1.80
Linolénico (%)	0.14	0.23	0.25

¹: determinadas en tejido graso extraído del músculo *Longissimus dorsi*; AGS: ácidos grasos saturados; AGM: ácidos grasos monoinsaturados; AGP: ácidos grasos poliinsaturados.

La información presentada en el Cuadro 12 no fue analizada estadísticamente debido a la carencia de repeticiones del muestreo; como ya se mencionó anteriormente, esta determinación se realizó en un laboratorio externo y solamente se pudo mandar una muestra de tejido graso para cada sexo de búfalo y otra para machos de res. Es necesario precisar que en el cuadro anterior se presentan los componentes con mayor relevancia y de los cuales se encontró más información para ambas especies de bovinos. Por tanto, se analizó la información desde el punto de vista tendencial como a continuación se enuncia:

3.6.3.1. Colesterol (COL)

El contenido de colesterol presente en carne de búfalo fue menor en 0.68 mg 100 g⁻¹ según lo reportado por Cifuni et al. (2013) en un trabajo donde se finalizaron búfalos en condiciones de confinamiento.

Aunque el valor encontrado en esta investigación es más aproximado al valor encontrado por Infascelli et al. (2005) siendo menor en 0.48 mg 100 g⁻¹. Para búfalas, el valor de colesterol observado es menor en 52.59 mg 100 g⁻¹ considerando la investigación de Da Luz et al. (2017). El valor observado en res fue ligeramente inferior en 1.49 mg 100 g⁻¹ considerando lo reportado por Infascelli et al. (2009). El contenido de COL fue mayor en la res en 25.19 (34 %) y 17 mg 100 g⁻¹ (23 %) de búfalos y búfalas, respectivamente. Las búfalas tuvieron un valor mayor de COL que los búfalos con una diferencia de 8.19 mg 100 g⁻¹. Lo anterior, coincide con Giuffrida-Mendoza et al. (2007), quienes concluyeron que el colesterol se encontró en menor concentración en carne de búfalo en comparación con bovinos Cebú. Por otro lado, Kandeepan et al. (2009) también reportaron que el colesterol se encontró en una concentración menor en carne de búfalo que la de res atribuyendo esta diferencia al metabolismo lipídico. Finalmente, se ha demostrado que las hormonas sexuales femeninas promueven deposición de colesterol en tejidos musculares (Horcada et al., 2012).

3.6.3.2. Ácidos grasos saturados (AGS)

Para búfalos el valor observado fue similar a lo reportado por Mello et al. (2017), con una pequeña variación de $0.2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Sin embargo, en otros trabajos se encontró un menor valor en 5.3 (Contò et al., 2022), 6.7 (Dimov et al., 2012) y $13.5 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Da Silva et al., 2022), respectivamente. En res, el contenido de AGS observado fue menor en 27.71 (Dimov et al., 2012) y $26.61 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Mello et al., 2017). El contenido de AGS fue mayor en la res en 6.52 y $19.34 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de búfalos y búfalas, respectivamente. Los búfalos tuvieron un valor mayor que las búfalas con una diferencia de $12.82 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Esto muestra que el perfil de AGS está relacionado por la composición de la dieta y el metabolismo ruminal de cada especie (Wood et al., 2008). Según Oliveira et al. (2015) concluyeron que la eficiencia de biohidrogenación ruminal de ácidos grasos insaturados es diferente, siendo menor en búfalos que en res, resultando una mayor acumulación de AGS en el tejido muscular. Se ha comprobado que la actividad enzimática se relaciona con la actividad hormonal, favoreciendo menor contenido de AGS en bovinos (López-Alonso et al., 2000).

3.6.3.3. Ácidos grasos monoinsaturados (AGM)

En los búfalos se observó un valor mayor en $1.42 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ en contraste con lo reportado por Mello et al. (2017). Sin embargo, la diferencia es aún mayor en $1.92 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ teniendo como referencia a Da Silva et al. (2022). Por otro lado, en la res se observó un valor menor al reportado por Dimov et al. (2012) y Mello et al. (2017) en 0.88 y $5.28 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente. El contenido de AGM fue mayor en las búfalas en 13.23 y $20.13 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de búfalos y res, respectivamente. Esto muestra que los búfalos y específicamente las búfalas, tienen mayor actividad de la enzima esteroil-CoA desaturasa (SCD) la cual es responsable de la conversión de AGS a AGM; por tanto, mayor actividad de esta enzima provoca mayor contenido de AGM (Tateo et al., 2007). Por otro lado, se ha observado que la actividad hormonal regula la expresión de la SCD siendo mayor en búfalas que en búfalos.

De acuerdo con Smet et al. (2004) concluyeron que el ácido oleico (AGM) tiene efecto beneficioso para la salud cardiovascular, reduciendo el colesterol LDL (Lipoproteínas de baja densidad, siglas en inglés) sin afectar el colesterol HDL (Lipoproteínas de alta densidad, siglas en inglés).

3.6.3.4. Ácidos grasos poliinsaturados (AGP)

En búfalos, se observó un menor valor en 11.38 mg 100 g⁻¹ según lo reportado por Dimov et al. (2012). En res, el contenido de AGP observado también fue menor en 10.9 mg 100 g⁻¹ según lo reportado por Dimov et al. (2012). El contenido de AGP fue mayor en la res en 0.38 y 0.60 mg 100 g⁻¹ de búfalos y búfalas, respectivamente. Los búfalos tuvieron un valor mayor que las búfalas con una diferencia de 0.22 mg 100 g⁻¹. Lo anterior podría explicarse por la acción de los microorganismos ruminales quienes se encargan de hidrogenar los AGP provenientes de la alimentación y convertirlos a AGS, lo que limitaría la acumulación de AGP en los tejidos (Giuffrida-Mendoza et al., 2007). De acuerdo con Kandeepan et al. (2009), la capacidad de proteger los AGP para que no se conviertan en AGS varía entre especies, aunque demostraron que se protegen mejor en res que en búfalos.

Finalmente, Enser et al. (1998) demostraron que las enzimas involucradas en la desaturación de ácidos grasos varían entre especies de rumiantes, lo cual abre un rubro más de investigación en esta especie.

3.6.3.5. Palmítico (PAL)

El contenido de PAL en búfalos, fue similar a lo reportado por Da Silva et al. (2022), la diferencia fue de 0.5 % menor en lo reportado anteriormente. La misma situación se presentó variando en 3.8 (Contò et al., 2022), 6.2 (Mello et al., 2017) y 7.7 % (Dimov et al., 2012). En búfalas, el contenido observado fue menor en 2.47 % según lo reportado por Ekiz et al. (2018). El contenido de PAL en res, fue menor en 1.07 % (Dimov et al., 2012) pero mayor en 7.63 (Infascelli et al., 2009) y 2.73 % (Mello et al., 2017) respecto a otras investigaciones con la misma especie.

El contenido de PAL fue mayor en la res con 9.63 y 12 % en búfalos y búfalas, respectivamente. Los búfalos tuvieron un valor mayor que las búfalas con una diferencia de 2.37 %. Lo anterior podría deberse a la actividad del enzima ácido graso sintasa (FAS) quién contribuye en la síntesis de ácido palmítico y de la cual, su acción varía entre especies y está influenciada por factores de la dieta y hormonales (Wood et al., 2008). Según Oliveira et al. (2015) la expresión y actividad de la FAS es menor en búfalos que en res, lo que explicaría el menor contenido de palmítico en búfalos. Finalmente, en una investigación, Vernon (2005), reportaron que las hormonas sexuales femeninas pueden reducir la actividad de FAS en tejido adiposo, provocando una disminución de PAL; el menor contenido de PAL en carne de búfalo representa un punto favorable, ya que a menor concentración, menor es el colesterol LDL (disminución de formación de placas de ateroma en las arterias y, por tanto, del riesgo cardiovascular).

3.6.3.6. Esteárico (EST)

En búfalos, se observó un valor mayor en 0.8 % según lo reportado por Mello et al. (2017). Sin embargo, la diferencia fue mayor en 3.28 % considerando lo observado por Contò et al. (2022).

En búfalas, se observó un valor mayor en 1.2 % según lo reportado por Ekiz et al. (2018). En res, se observó un valor mayor en 2.1 (Mello et al., 2017) y 7.57 % (Dimov et al., 2012). El contenido de EST fue mayor en los búfalos en 4.0 y 8.0 % de res y búfalas, respectivamente. Esto muestra que la eficiencia de biohidrogenación ruminal produce EST varía entre especies y se ve afectada por factores inherentes a la nutrición animal y al estado fisiológico (Simone et al., 2005). Según lo investigado por De Smet et al. (2004), el EST tiene un impacto neutro sobre los niveles de colesterol sérico, esto hace que el mayor contenido en búfalos no represente necesariamente una desventaja saludable frente a la res.

3.6.3.7. Oleico (OLE)

El contenido de OLE en búfalos, fue mayor en 2.13 (Da Silva et al., 2022) y 2.34 % (Contò et al., 2022) pero menor en 5.44 % (Mello et al., 2017) y 4.44 % (Dimov et al., 2012). En búfalas, el contenido observado fue menor en 9.93 % según lo reportado por Ekiz et al. (2018). El contenido en res, fue menor en 9.43 % (Mello et al., 2017) y 9.13 % (Dimov et al., 2012). El contenido de OLE fue mayor en las búfalas en 11.41 y 17.9 % de búfalos y res, respectivamente. El mayor contenido de OLE en búfalas podría deberse a una mayor actividad de la enzima SCD, la cual es responsable de la desaturación de EST y conversión a OLE (Tateo et al., 2007). Por otro lado, Cabrera et al. (2010), concluyeron que los estrógenos aumentan la actividad de SCD en tejido adiposo. En una investigación se concluyó que el OLE mejora la relación entre colesterol LDL y HDL reduciendo el riesgo cardiovascular. Por otro lado, Shahein et al. (2021) confirmaron que a mayor cantidad de OLE mejora la jugosidad y sabor de la carne.

3.6.3.8. Linoleico (LIN)

En búfalos, se observó un valor menor en 10.13 % según lo reportado por Dimov et al. (2012). Sin embargo, la diferencia fue mayor en 36.71 % considerando lo observado en la investigación de Da Silva et al. (2022). En búfalas, se observó un valor menor en 1.68 % según lo reportado por Ekiz et al. (2018). En res, se observó un valor menor en 3.92 % (Mello et al., 2017) y 10 % (Dimov et al., 2012). El contenido de LIN fue mayor en la res, desplazándose en 0.33 y 0.53 % de búfalos y búfalas, respectivamente. Los búfalos tuvieron un valor mayor que las búfalas con una diferencia de 0.20 %. De acuerdo con Cruz-Monterrosa et al. (2021), la res presenta una mayor capacidad para depositar grasa intramuscular, lo que favorece la acumulación de LIN y otros ácidos grasos en músculos como el *Longissimus dorsi*. Por otro lado, la diferencia entre sexos en los búfalos se podría explicar porque los andrógenos en búfalos estimulan la lipogénesis en tejido adiposo subcutáneo, mientras que en búfalas se promueve en depósitos grasos viscerales lo que ocasiona perfiles lipídicos distintos (Cedres et al., 2013).

3.6.3.9. Linolénico (LNO)

El contenido de LNO en búfalos, fue menor en 0.26 % (Da Silva et al., 2022), 0.63 % (Contò et al., 2022), 0.16 % (Mello et al., 2017) y 1.61 % (Dimov et al., 2012). En búfalas, el contenido observado fue menor en 0.1 % según lo reportado por Ekiz et al. (2018). El contenido de LNO en res, fue menor en 1.26 % (Dimov et al., 2012) y en 0.15 % (Mello et al., 2017). El contenido de LNO fue mayor en la res en 0.11 y 0.02 % de búfalos y búfalas, respectivamente. Las búfalas tuvieron un valor mayor que los búfalos con una diferencia de 0.09 %.

Lo cual coincide con Giuffrida-Mendoza et al. (2007) y con Wood et al. (2008), quienes sugieren que más del 90 % de los ácidos grasos poliinsaturados consumidos en la dieta animal son hidrogenados por los microorganismos ruminales, lo que limita su incorporación en los tejidos; estos mismos autores, refieren que animales alimentados con forrajes presentan un mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados.

3.6.4. Perfil electroforético de proteínas

En la Figura 5 se observa la corrida de un gel de poliacrilamida mediante la técnica de electroforesis nativa; se muestran en ella, el perfil proteico de cinco muestras del músculo *Longissimus dorsi* de búfalos finalizados en confinamiento.

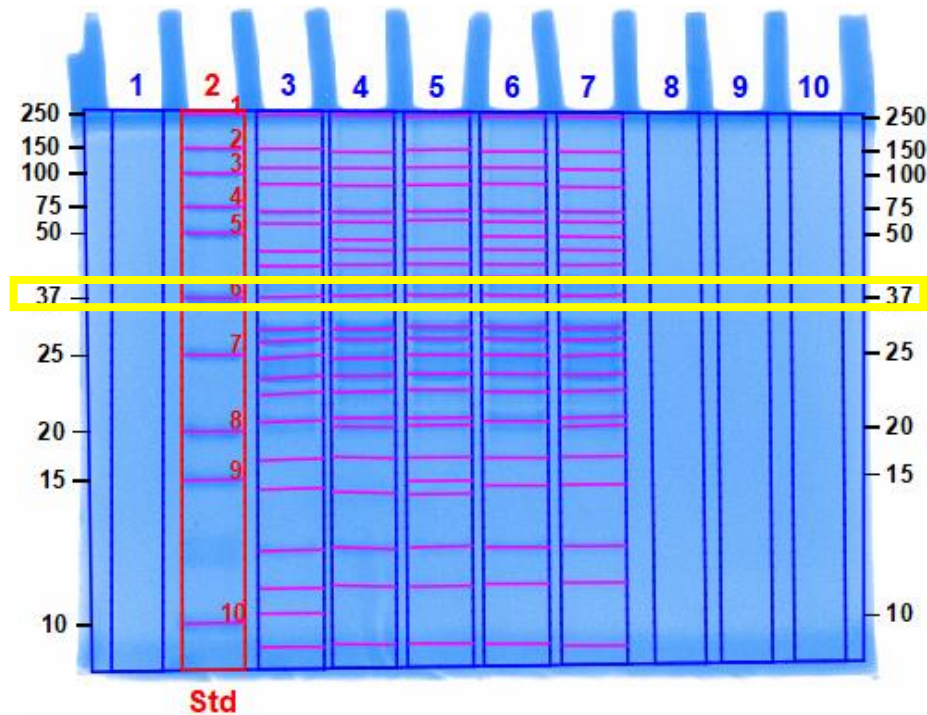


Figura 5. Electroforesis nativa en gel del 7 % de acrilamida de extractos de proteínas solubles en agua del músculo *Longissimus dorsi* de animales alimentados en confinamiento. Los carriles 3, 4, 5, 6 y 7 corresponden a las muestras de lomo de cinco búfalos; mientras que el carril 2, corresponde al marcador de peso molecular (10-250 kDa).

En el gel anterior, se puede resaltar la presencia de diversas proteínas sarcoplásmicas presentes en el lomo de búfalos. De forma específica, la banda 6 correspondiente al peso molecular aparente 37 kDa (rectángulo amarillo) mostró que existe una proteína con ese peso molecular presente en las cinco muestras de lomo, coincidiendo con lo observado por Pinheiro et al. (2020).

En la Figura 6 se observa la corrida de un gel de poliacrilamida mediante la técnica de electroforesis nativa; se muestran en ella, el perfil proteico de cinco muestras del músculo *Longissimus dorsi* de búfalas finalizadas en confinamiento.

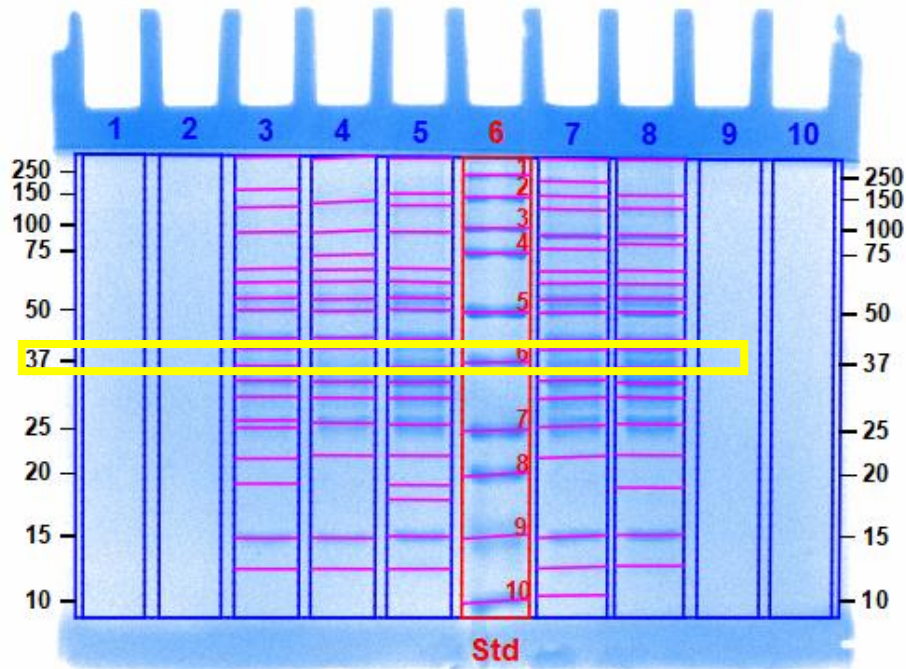


Figura 6. Electroforesis nativa en gel del 7 % de acrilamida de extractos de proteínas solubles en agua del músculo *Longissimus dorsi* de animales alimentados en confinamiento. Los carriles 3, 4, 5, 7 y 8 corresponden a las muestras de lomo de cinco búfalas; mientras que el carril 6, corresponde al marcador de peso molecular (10-250 kDa).

Para este gel, se observa el perfil de proteínas solubles en agua presentes en el lomo de búfalas. Sin embargo, es poca la coincidencia en la banda 6 representada por el peso molecular aparente 37 kDa con base en lo reportado por Pinheiro et al. (2020). Por lo que presumiblemente en carne de búfalas este tipo de proteína no está presente.

En la Figura 7 se observa la corrida de un gel de poliacrilamida mediante la técnica de electroforesis nativa; se muestran en ella, el perfil proteico de un par de muestras del músculo *Longissimus dorsi* de reses finalizadas en confinamiento.

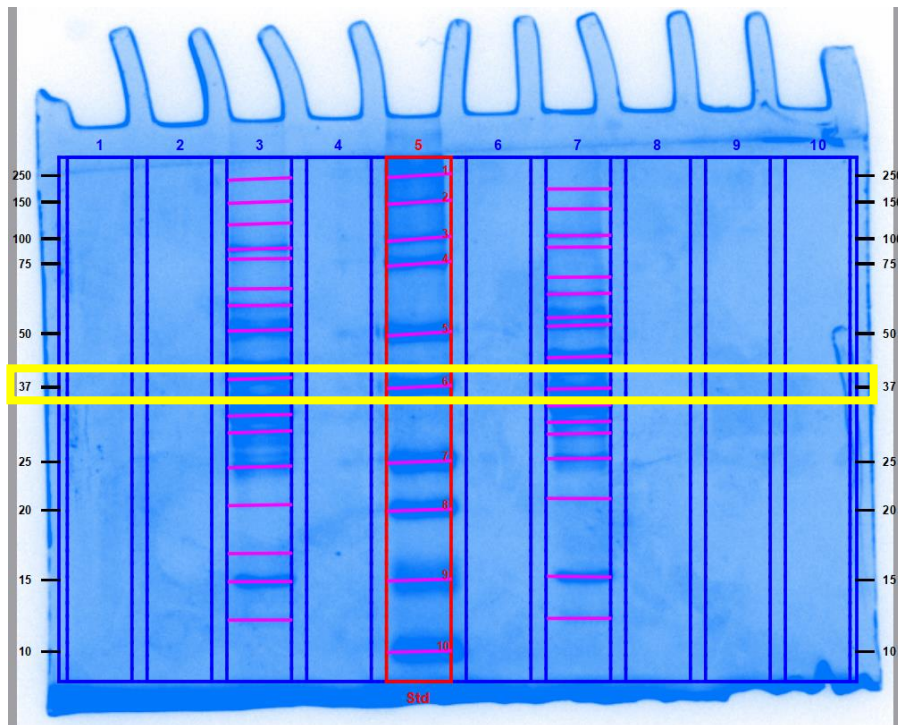


Figura 7. Electroforesis nativa en gel del 7 % de acrilamida de extractos de proteínas solubles en agua del músculo *Longissimus dorsi* de animales alimentados en confinamiento. Los carriles 3 y 7 corresponden a las muestras de lomo de dos reses; mientras que el carril 5, corresponde al marcador de peso molecular (10-250 kDa).

En la Fig. 7, se representa el gel de corrida para las muestras de res. En el carril número cinco, banda seis se representa el marcador para peso molecular aparente de 37 kDa. Se observó que sí se encuentra presente una proteína con ese mismo peso molecular por lo cual no coincide con lo mencionado por Pinheiro et al. (2020).

De manera general, comparando los tres perfiles electroforéticos de proteínas solubles en agua en carne de res y de búfalos, se observó que existen proteínas en el marcador de peso molecular aparente para 37 kDa en búfalos y en res, mientras que en búfalas no es concluyente.

Por tanto, es necesario seguir investigando con otros tipos de técnicas que muestren con mayor claridad la presencia de proteínas en este rango de peso molecular, ya que Pinheiro et al. (2020) sugirió esa banda de los 37 kDa como posible marcador para discernir entre especies. A su vez, es necesario tratar de identificar qué proteína es la que se encuentra en la región de peso molecular antes mencionada.

Para el peso molecular 37 kDa probablemente se trate de la Gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa (GAPDH) ya que ha sido reportada en investigaciones relacionadas con la carne de res y búfalo; es una de las proteínas involucradas en el metabolismo energético *post-mortem*, lo que sugiere su relevancia en los cambios bioquímicos que afectan la calidad de la carne después del sacrificio (Digibuo, 2025). Según lo observado por Wang et al. (2022), en bovinos la alta actividad de la GAPDH se asoció con un descenso del pH del músculo *post-mortem*, lo que a su vez ocasionó la aparición de carne PSE (pálida, suave y exudativa, siglas en inglés). Por otro lado, Zhang et al. (2023) afirman que la expresión de GAPDH modula el metabolismo energético muscular, afectando la textura y el color de la carne.

3.6.5. Calidad de la carne

En el Cuadro 13 se enuncian las variables de calidad presentes en el músculo *Longissimus dorsi* de búfalos finalizados en confinamiento.

Cuadro 13. Variables de calidad del lomo de búfalos finalizados en confinamiento

Variable	Sexo		EEM	Valor P
	<i>Búfalos</i>	<i>Búfalas</i>		
AOL (cm ²)	30.73	29.92	0.81	0.6282
EGD (mm)	4.80	11.20	1.24	0.0329
pH	5.48	5.19	0.06	0.0518
L*	42.31	40.21	0.76	0.2052
a*	16.12	15.79	0.69	0.8145
b*	13.02	13.38	0.55	0.7548
MMb (%)	16.78	22.44	0.75	0.0053
OMb (%)	53.39	57.00	1.27	0.1941
DMb (%)	29.83	20.56	1.14	0.0036

EEM: Error estándar de la media; AOL: Área del ojo del lomo; EGD: Espesor de grasa dorsal; L*: Luminosidad; a*: rojo/verde; b*: amarillo/azul; MMb: Metamioglobina; OMb: Oximioglobina; DMb: Deoximioglobina.

3.6.5.1. Área del ojo del lomo (AOL)

Se observó que el AOL en búfalos fue mayor en 16.93 cm² (13.8 vs 30.73) con base en lo reportado por Mello et al. (2017) en búfalos finalizados en confinamiento. Por otro lado, el valor observado en la presente investigación se encuentra dentro del conjunto de valores observados por Li et al. (2017) con la precisión de que los búfalos fueron finalizados en pastoreo. En búfalas, el valor fue menor en 7.08 cm² a lo reportado por Singh et al. (2018). El AOL no muestra diferencias entre búfalos y búfalas ($p>0.05$), lo que sugiere que el sexo no influye en el desarrollo muscular del lomo bajo condiciones de confinamiento. Esto podría justificarse con lo reportado por Neath et al. (2007) y Robinson et al. (2001) quienes argumentaron que el desarrollo muscular en búfalos está más influenciado por factores nutricionales, de manejo y edad (animales jóvenes) que por efecto del sexo. Por otro lado, Kandeepan et al. (2009) y Spanghero et al. (2004), concluyeron que la dieta animal de calidad y de forma específica, el nivel energético, influyen en el desarrollo del lomo que por influencia del sexo.

3.6.5.2. Espesor de Grasa Dorsal (EGD)

Para búfalos se observó que el EGD fue menor en 9 mm (Mello et al., 2017) y 15 mm (Ekiz et al., 2017). En búfalas se observó que el valor fue menor en 8.5 mm (Ekiz et al., 2017) y 0.8 mm (Singh et al., 2018). Se concluyó que hay diferencias ($p < 0.05$) entre sexos, las búfalas tuvieron un mayor valor en 6.4 mm respecto a los búfalos. La diferencia podría atribuirse a factores hormonales, demostrando que las búfalas tienden a acumular más grasa subcutánea (Kandeeapan et al., 2009). Por otro lado, se ha demostrado que el EGD se relaciona con: la tasa metabólica, ya que las búfalas tienen mayor capacidad de depositar grasa como reserva energética para funciones reproductivas (Vernon, 2005); la alimentación, ya que con dietas altas en energía (como las de confinamiento) se hace mayor la diferencia (Neath et al., 2007).

3.6.5.3. pH

En búfalos, el valor de pH coincidió con lo reportado por Ekiz et al. (2017) y Cifuni et al. (2013). Aunque fue menor en 0.14 unidades a lo reportado por Contò et al. (2022). Para búfalas, el valor de pH fue menor a lo reportado en 0.25 unidades (Ekiz et al., 2017) y 0.58 unidades (Da Luz et al., 2017). Los resultados mostraron que no existen diferencias en pH entre sexos ($p > 0.05$); sin embargo, los búfalos tendieron hacia mayores valores en 0.29 unidades. En este resultado pudo haber influido la diferencia en la tasa de glucólisis después del sacrificio, siendo más rápida en búfalas debido a un menor potencial glucolítico (Tateo et al., 2007). Según Spanghero et al. (2004), el mayor contenido graso en búfalas puede contribuir a una tasa glucolítica más rápida y por tanto, un pH final más bajo. De acuerdo con Miguel et al. (2014), valores de pH entre 5.4 y 5.8 son óptimos para la capacidad de retención de agua y estabilidad del color. Finalmente, el manejo pre-sacrificio puede influir significativamente en las reservas de glucógeno afectando el pH final (Mahmood et al., 2017).

3.6.5.4. Color

El valor de L^* para búfalos fue ligeramente inferior en 0.15 a lo reportado por Contò et al. (2022). Sin embargo, fue menor en 3.89 (Spanghero et al., 2004) y 1.79 (Cifuni et al., 2013); y mayor en 2.98 (Ekiz et al., 2017) y 4.35 (Turan et al., 2021). Para búfalas, el valor de L^* , fue mayor en 3.72 (Ekiz et al., 2017) y 3.21 (Turan et al., 2021). Se observó que búfalos y búfalas no son diferentes, aunque los búfalos tendieron hacia un valor mayor en 2.1. Lo anterior coincide con Kandeepan et al. (2009), ya que L^* se relaciona con la estructura de la carne y el pH final; comparada con el bovino, la carne de búfalo tiene valores de L^* más bajos lo que le confiere un color más oscuro.

Para el valor a^* el valor de los búfalos fue menor en 2.08 (Cifuni et al., 2013), 3.53 (Contò et al., 2022) y 6.76 (Turan et al., 2021). Para búfalas, a^* fue menor en 7.19 (Ekiz et al., 2017) y 8.7 (Turan et al., 2021). Se observó que no hay diferencias entre búfalos y búfalas, aunque los búfalos tendieron hacia un valor mayor en 0.33. En un estudio se comparó carne de búfalo contra carne de res y por el contenido mayor de mioglobina, el búfalo tuvo mayores valores de a^* (Neath et al., 2007). Por otro lado, Spanghero et al. (2004), no encontraron diferencias en el valor de a^* , lo que coincidiría con la presente investigación.

El valor de b^* en búfalos, se observó por abajo en 2.78 según lo reportado por Cifuni et al. (2013); sin embargo, tuvo un valor superior en 6.24 (Mello et al., 2017), 0.42 (Contò et al., 2022) y 5.71 (Turan et al., 2021). En búfalas el valor observado de b^* estuvo por arriba en 5.82 (Ekiz et al., 2017) y 5.54 (Turan et al., 2021). Se observó que no existen diferencias entre búfalos y búfalas, aunque las búfalas tendieron hacia un valor mayor en 0.36. Lo anterior podría explicarse por el contenido graso y la presencia de carotenoides, los cuales podrían provocar un mayor color amarillo en la carne; sin embargo, aunque las búfalas tienden hacia un mayor contenido graso, no necesariamente se traduciría en obtener diferencias en los valores de b^* (Mahmood et al., 2007) sino serían influenciados por factores *post-mortem* como condiciones de almacenamiento o tiempos de maduración (Olivares-Campos et al., 2013).

3.6.5.5. Estados de Mioglobina

El valor de metamioglobina (MMb) reportado por Cifuni et al. (2013) fue mayor en 7.31 % respecto al observado en la presente investigación. Por otro lado, al no haberse encontrado investigaciones que reportaran valores de MMb en búfalos, se optó por revisar las de res; el búfalo obtuvo un menor valor en 1.85 % comparado a reses finalizadas en pastoreo (Fu et al., 2015). La presencia de MMb sí se vio afectada por el sexo ($p < 0.05$); las búfalas fueron superiores en 5.66 %. Según Mancini & Hunt (2005), las diferencias en la química de la mioglobina tienen implicaciones importantes para la estabilidad del color; una mayor proporción de MMb en búfalas, sugiere una mayor susceptibilidad a la oxidación y potencialmente una menor estabilidad de color durante el almacenamiento. Por otro lado, Bekhit & Faustman (2005) demostraron que las búfalas muestran menor actividad de enzimas antioxidantes como glutatión peroxidasa y superóxido dismutasa en músculo, lo que provocó variación en la formación de MMb. Hasta el momento, no se han encontrado investigaciones que reporten resultados de esta variable en búfalas.

La presencia estimada de oximioglobina (OMb) en búfalos fue mayor en 39.89 % respecto a búfalos finalizados en confinamiento (Cifuni et al., 2013). También fue mayor en 29.45 % respecto a búfalos finalizados en pastoreo (Kiran et al., 2016). Sin embargo, fue más marcada la diferencia a favor del búfalo en 38.99 % respecto a reses finalizadas en un sistema semi-intensivo (Piao et al., 2021). En búfalas, el único valor encontrado sugiere que lo observado en la presente investigación fue menor en 8.08 % comparado con búfalas finalizadas en un sistema semi-intensivo (Singh et al., 2018). Los resultados mostraron que no existen diferencias entre sexos ($p > 0.05$) en presencia de OMb; sin embargo, las búfalas fueron mayores por 3.61 %. El estudio de Tateo et al. (2007) demostró que la formación de OMb es más lenta en búfalos que en bovinos debido a diferencias en la estructura química de la mioglobina.

Por otro lado, los valores de OMb podrían variar según algunos factores que afectan su estabilidad: el pH final, entre 5.4 y 5.7 maximizan la estabilidad de la OMb (Mahmood et al., 2017); actividad mitocondrial, el músculo *L. dorsi* al tener menor densidad mitocondrial que otros músculos, favorece mayor formación y estabilidad (McKenna et al., 2005); temperatura, temperaturas más bajas reducen la tasa oxidativa y favorecen la estabilidad (Jeremiah & Gibson, 2001). En búfalos no ha sido reportado algún valor hasta el momento.

La DMb en búfalos fue mayor en 5.73 % respecto a lo reportado por Cifuni et al. (2013); sin embargo, la diferencia fue menor en 8.67 % cuando se comparó con búfalos de vacunos finalizados en pastoreo (Hernández et al., 2005). Es necesario precisar que esta variable no fue reportada con anterioridad en búfalos. La DMb también fue diferente por el sexo ($p < 0.05$), ya que los búfalos tuvieron 9.27 % más presencia de DMb que las búfalas. Se ha demostrado que la DMb predomina en condiciones anaeróbicas (profundidad del tejido muscular o envasado al vacío), esto es importante porque se puede determinar el potencial de florecimiento o enrojecimiento de la carne (Jpseph et al., 2012). Por otro lado, se ha observado que la DMb es más resistente a la oxidación que la OMb, lo que podría indicar mayor estabilidad de color durante almacenamiento prolongado, por lo que los búfalos podrían mantener de mejor forma su color durante el almacenamiento (Bekhit & Faustman, 2005).

3.7. Conclusiones

Se observaron diferencias entre machos y hembras en variables clave como humedad, proteína, grasa, colágeno, perfil de ácidos grasos, contenido mineral y características de calidad del músculo *Longissimus dorsi*.

La carne de búfalos mostró ser diferente en el contenido de: humedad (lomo, pierna y pecho); proteína (pecho y pierna); ácidos grasos saturados (palmítico, esteárico) y poliinsaturados (linoleico); así como en la proporción de deoximioglobina y presencia de proteína de 37 kDa. Mientras que las hembras destacaron por ser diferentes en el contenido de: grasa (lomo y pecho), colágeno (lomo, espaldilla y pecho), ácidos grasos monoinsaturados (oleico, linolénico), colesterol, cobre y cenizas, junto con mayor espesor de grasa dorsal y mayor proporción de metamioglobina.

El análisis comparativo entre las diferentes regiones anatómicas (pierna, lomo, diafragma, espaldilla y pecho) reveló que el lomo (*Longissimus dorsi*) presenta el perfil nutricional más equilibrado, destacando por su alto contenido proteico, bajo porcentaje de grasa y mayor concentración de hierro. Sin embargo, el pecho y la espaldilla en hembras mostraron una mayor deposición de grasa, lo que podría influir positivamente en la jugosidad y textura.

El lomo de res reflejó un perfil lipídico menos saludable, mientras que, el lomo de búfalos presentó una mayor concentración de esteárico con efecto neutro en el colesterol. En contraste, el lomo de búfalas resultó con una mayor proporción de ácidos grasos monoinsaturados (AGM) y oleico, considerados más beneficiosos para la salud cardiovascular.

Finalmente, los búfalos son óptimos para la producción de cortes magros orientados a consumidores preocupados por la salud; mientras que las búfalas, con mayor contenido de grasa y colágeno, pueden destinarse a productos procesados o mercados que valoren la jugosidad y el sabor.

3.8. Literatura citada

- Aberle, E. D., Forrest, J. C., Gerrard, D. E., & Mills, E. W. (2001). Principles of Meat Science (4th ed.). Kendall/Hunt Publishing Company.
- Arthington, J. D., Corah, L. R., & Blecha, F. (2004). The effect of molybdenum-induced copper deficiency on acute-phase protein concentrations, superoxide dismutase activity, leukocyte numbers, and lymphocyte proliferation in beef heifers inoculated with bovine herpesvirus-1. *Journal of Animal Science*, 82(5), 1358-1366. <https://doi.org/10.2527/2004.8251358x>.
- Borghese, A. (2005). Buffalo Production and Research. FAO.
- Bradford, M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 7(72), 48-54. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3).
- Cabrera, M. C., Ramos, A., Saadoun, A., & Brito, G. (2010). Selenium, copper, zinc, iron and manganese content of seven meat cuts from Hereford and Braford steers fed pasture in Uruguay. *Meat Science*, 84(3), 518-528. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.10.007>.
- Cameron, M. R., Odde, K. G., Lehmkuhler, J. W., & Patterson, D. J. (2001). Effects of breed, sex, and time on feed on bovine *Longissimus* muscle fiber characteristics and meat tenderness. *Journal of Animal Science*, 79(12), 3095-3104. <https://doi.org/10.2527/2001.79123095x>.
- Cedres, J., Patiño, E., Judis, M., Sánchez-Negrete, M., Romero, A., Doval, M., Rebak, G., & Crudeli, G. (2013). Efecto del aceite de pescado sobre la concentración de ácidos grasos de la grasa de cobertura en búfalos (*Bubalus bubalis*). *Revista Científica FCV-LUZ*, 23(3), 226-231. <https://www.redalyc.org/pdf/959/95926665010.pdf>.
- COMECARNE. (2024). Compendio Estadístico 2024. <https://comecarne.org/wp-content/uploads/2024/05/compendio-estadistico-2024-V2.pdf>. Consultado el día 02 de marzo de 2025.
- Cruz-Monterrosa, R., Rosmini, M., Mota-Rojas, D., Napolitano, F., Ramírez, E., De la Torre, C., Bertoni, A., Ghezzi, M., Morales, A., Mora, P., & Guerrero-Legarreta, I. (2021). Aspectos sensoriales, inocuidad y autenticidad. *Journal of Buffalo Science*, 2020(9), 170-180. <https://doi.org/10.6000/1927-520X.2020.09.18>.
- Da Luz, P., Jorge, A., Francisco, C., De Mello, J., Santos, C., & Andrighetto, C. (2017). Chemical-physical characteristics of buffalo (*Bubalus bubalis*) meat subjected to different aging times. *Maringá*, 39(4), 419-428. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i4.36799>.
- Enser, M., Hallett, K. G., Hewett, B., Fursey, G. A. J., Wood, J. D., & Harrington, G. (1998). Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science*, 49(3), 329-341. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(97\)00144-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(97)00144-7).

- Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R., & Suman, S. P. (2010). Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science*, 86(1), 86-94. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.025>.
- Fick, K. R., McDowell, L. R., Miles, H. P., Wilkinson, S. N., Funnk, D. J., Conrad, H. J., & Valdivia, R. (1979). Métodos de análisis para tejidos de plantas y animales. Segunda edición. Universidad de Florida, Gainesville, Florida, USA. 358.
- Giuffrida-Mendoza, M., Arenas de Moreno, L., Uzcátegui-Bracho, S., Rincón-Villalobos, G., & Huerta-Leidenz, N. (2007). Mineral content of *Longissimus dorsi thoracis* from water buffalo and Zebu-influenced cattle at four comparative ages. *Meat Science*, 75(3), 487-493. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.09.001>.
- Horcada, A., Polvillo, O., Juárez, M., Avilés, C., Martínez, A. L., & Peña, F. (2012). Influence of feeding system (concentrate and total mixed ration) on fatty acid profiles of beef from three lean cattle breeds. *Journal of Food Composition and Analysis*, 27(2), 169-176. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.04.004>.
- Infascelli F, Roscia M, & Buffardi F. (2009). La carne di Bufalo. Edizioni Pubblicità Italia. <https://www.informare.camcom.it/wp-content/uploads/2014/12/633845594290017287Carne-di-Bufalo.pdf>.
- Johnson, B. J., White, T. W., Fernandez, J. M., & Gentry, L. R. (1995). Effects of protein level and monensin on growth and carcass characteristics of steers fed corn-based diets. *Journal of Animal Science*, 73(11), 3285-3293. <https://doi.org/10.2527/1995.73113285x>.
- Judge, M. D., Aberle, E. D., Forrest, J. C., Hedrick, H. B., & Merkel, R. A. (1989). Principles of Meat Science (2nd ed.). Kendall/Hunt Publishing Co.
- Kandeepan, G., Anjaneyulu, A. S. R., Kondaiah, N., Mendiratta, S. K., & Lakshmanan, V. (2009). Effect of age and gender on the processing characteristics of buffalo meat. *Meat Science*, 83(1), 10-14. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.03.003>.
- King, D. A., Hunt, M. C., Barbut, S., Claus, J. R., Cornforth, D. P., Joseph, P., Kim, Y. H., Lindahl, G., Mancini, R. A., Nair, M. N., Merok, K. J., Milkowski, A., Mohan, A., Pohlman, F., Ramanathan, R., Raines, C. R., Seyfert, M., Sørheim, O., Suman, S. P., & Weber, M. (2023). American Meat Science Association Guidelines for Meat Color Measurement. *Meat and Muscle Biology* 6(4): 12473, 1-81. <https://doi.org/10.22175/mmb.12473>
- Lantican, F., Molina, M. C., Lapitan, J. E., Padrid, J. C., Suñaz, E. C., Cañizares, A. R., Lantican, J. A., Loise Ann M. Carandang, L. A. (2017). Buffalo meat value chain analysis in Luzon, Philippines. Department of Agriculture. Philippine Carabao Center: Searca, 121. ISBN 978-971-560-186-3.
- Lepetit, J. (2008). A review of meat ageing: From past to future. *Meat Science*, 79(2), 203-237. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.004>.
- Li, Q., Wang, Y., Tan, L., Leng, J., Lu, Q., Tian, S., Shao, S., Duan, C., Li, W., & Mao, H. (2017). Effects of age on slaughter performance and meat quality of Binlangjiang male buffalo. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(2), 248-252. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.10.001>.

- Light, N., Champion, A. E., Voyle, C. A., & Bailey, A. J. (1985). The role of epimysial collagen in determining texture of bovine muscle. *Meat Science*, 13(1), 45-57. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(85\)90031-4](https://doi.org/10.1016/0309-1740(85)90031-4).
- López-Alonso, M., Benedito, J. L., Miranda, M., Castillo, C., Hernández, J., & Shore, R. F. (2000). The effect of pig farming on copper and zinc accumulation in cattle in Galicia (North-Western Spain). *The Veterinary Journal*, 160(3), 235-243. <https://doi.org/10.1053/tvjl.2000.0503>.
- Moioli, B., Borghese, A., Napolitano, F., & Romita, A. (2001). Buffalo meat production in Italy: Current status and perspectives. *Meat Science*, 57(2), 167-172. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00110-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00110-6).
- Naveena, B. M., & Kiran, M. (2014). Buffalo meat quality, composition, and processing characteristics: Contribution to the global economy and nutritional security. *Animal Frontiers*, 4(4), 18–24. <https://doi.org/10.2527/af.2014-0030>.
- Neath, K. E., Del Barrio, A. N., Lapitan, R. M., Herrera, J. R. V., Cruz, L. C., Fujihara, T., ... & Kanai, Y. (2007). Difference in tenderness and pH decline between water buffalo meat and beef during postmortem aging. *Meat Science*, 75(3), 499-505. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.08.016>.
- North American Meat Processors. (2007). The Meat Buyers Guide: beef, lamb, veal, pork, and poultry. 1-51. <http://www.namp.com/>. Consultada el día 28 de febrero de 2025.
- Oliveira, R. L., Palmieri, A. D., Carvalho, S. T., Leão, A. G., Abreu, C. L., Ribeiro, C. V. D. M., ... & Bezerra, L. R. (2015). Commercial cuts and chemical and sensory attributes of meat from crossbred Boer goats fed sunflower cake. *Animal Science Journal*, 86(5), 557-562. <https://doi.org/10.1111/asj.12327>.
- Pérez, M., & Ponce, E. (2013). Manual de Prácticas de Laboratorio: Tecnología de Carnes. Universidad Autónoma Metropolitana, México. http://148.206.53.210/omp_cbs/index.php/cbs/catalog/view/39/32/180-1. Consultado el día 13 de marzo de 2024.
- Piao, D., Denzer, M., Mafi, G., & Ramanathan, R. (2021). Daily quantification of myoglobin forms on beef *Longissimus lumborum* steaks over 7 days of display by near-infrared diffuse reflectance spectroscopy. *Meat and Muscle Biology*, 5(1), 1-14. <https://doi.org/10.22175/mmb.12562>.
- Pinheiro, R., Ramos, P., Roca, R., Bezerra, L., Francisco, C., & Oliveira, R. (2020). Differences between cattle and buffalo in the water-soluble proteins of the *Longissimus* muscle as shown by electrophoretic techniques. *Animal Production Science*, 2020(60), 1759-1768. <https://doi.org/10.1071/AN19239>.
- Rodrigues, L. S., Da Silva, J. A. R., De Brito Lourenço-Júnior, J., Silva, A. G. M. E., De Almeida, A. M., Mourato, M. P., De Castro, V. C. G., Bezerra, A. S., Da Silva, W. C., & Prates, J. A. M. (2023). Muscle mineral profile of water buffaloes (*Bubalus bubalis*) reared in different production systems of the Brazilian Eastern Amazon. *Frontiers In Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1057658>.

- Shahein, T. M., Mohamed, M. A., Emara, M. M. T., & Nouman, T. M. (2021). The quality characteristics of cold cuts processed from beef and buffalo meat: a comparative study. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 9(8), 1229-1237. <https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2021/9.8.1229.1237>.
- Spanghero, M., Gracco, L., Valusso, R., & Piasentier, E. (2004). *In vivo* performance, slaughtering traits and meat quality of bovine (Italian Simmental) and buffalo (Italian Mediterranean) bulls. *Livestock Production Science*, 91(1-2), 129-141. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.07.013>.
- Tateo, A., De Palo, P., Quaglia, N. C., & Centoducati, P. (2007). Some qualitative and chromatic aspects of thawed buffalo (*Bubalus bubalis*) meat. *Meat Science*, 76(2), 352-358. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.12.003>.
- USDA. (2015). National Nutrient Database for Standard Reference. <https://fdc.nal.usda.gov/>.
- Uzcátegui-Bracho, S., Rodas-González, A., Hening, K., Leal, L., Vergara-López, J., & Jerez-Timaure, N. (2008). Composición proximal, mineral y contenido de colesterol del músculo *Longissimus dorsi* de novillos criollo limonero suplementados a pastoreo. *FCV-LUZ*, 18(5), 589-594. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95918510>.
- Vernon, R. G. (2005). Control of lipogenesis in adipose tissue. *Essays in Biochemistry*, 41, 171-188. <https://doi.org/10.1042/bse0410171>.
- Wood, J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V., Campo, M. M., Kasapidou, E., ... & Enser, M. (2008). Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 78(1-2), 35-49. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.016>.
- Wang, Y., Li, Y., Li, X., Wang, X., Zhang, L., & Xu, X. (2022). Proteomic analysis reveals key proteins affecting meat quality in porcine *Longissimus dorsi* muscle. *Food Chemistry*, 373, 131534. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131534>.
- Zhang, X., Chen, X., Liu, L., Wang, S., & Zhou, G. (2023). Proteomic insights into the molecular mechanisms underlying meat quality traits in livestock. *Meat Science*, 199, 109057. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109057>.