

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
CAMPUS TECNOLOGICO LOCAL SAN CARLOS

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN DE LA CANAL
Y CALIDAD DE LA CARNE DE BÚFALOS DE AGUA (BUBALUS
BUBALIS) EN LA VEGA DE FLORENCIA, SAN CARLOS**

Trabajo Final de Graduación Presentado a la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para optar al grado de
Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

LEONARDO LÓPEZ SÁNCHEZ



Carrera de Ingeniería en Agronomía
Campus Tecnológico Local
San Carlos
2019 - 2023

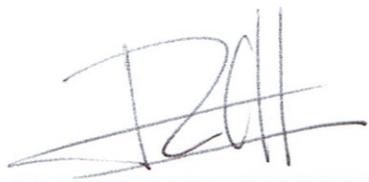
2019

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN DE LA CANAL
Y CALIDAD DE LA CARNE DE BÚFALOS DE AGUA (BUBALUS
BUBALIS) EN LA VEGA DE FLORENCIA, SAN CARLOS**

LEONARDO LÓPEZ SÁNCHEZ

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Julio Rodríguez González, M. Sc.



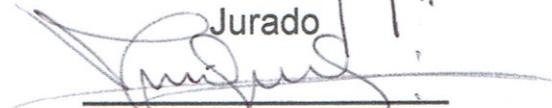
Asesor principal

Ing. Agr. Olger Murillo Bravo. M. Sc.



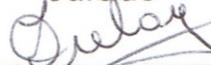
Ing. Agr. Milton Villareal Castro, Ph. D.

Jurado



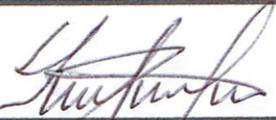
Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA.

Jurado



Coordinadora Trabajos
Finales de Graduación

Ing. Agr. Luis Alberto Camero Rey, M. Sc.



Director de la
Escuela de Agronomía

AGRADECIMIENTO

A todas aquellas personas que de una u otra forma han ayudado a mi formación.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO.....	I
TABLA DE CONTENIDO.....	II
LISTA DE CUADROS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	XII
LISTA DE CUADROS DE ANEXOS.....	XVI
LISTA DE FIGURAS DE ANEXOS.....	XX
RESUMEN.....	XXI
ABSTRACT	XXII
1. INTRODUCCION.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Hipótesis de investigación.....	3
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Origen y clasificación taxonómica del búfalo de agua	4
2.2 El búfalo de agua (<i>Bubalus bubalis</i>) en Costa Rica	4
2.3 Factores competitivos de los búfalos para la producción de carne. 5	
2.3.1 Amplitud de hábitats de crecimiento	5
2.3.2 Índices productivos y reproductivos eficientes	6

2.3.3	Rápido crecimiento y desarrollo muscular	7
2.3.3.1.	Curva de crecimiento	8
2.3.3.2.	Ganancia diaria de peso	8
2.4	Cosecha de los búfalos.....	9
2.4.1	Rendimientos implícitos en la cosecha de búfalos.....	10
2.4.2.1	Rendimiento Pie-canal	10
2.4.2.2	Rendimiento Finca-planta.....	11
2.4.2.3	Pérdida por frío.....	11
2.4.2	Conversión de músculo a carne.....	12
2.4.2.1	Alteraciones del proceso	13
2.4.2.2	Valores de pH establecidos para canales bufalinas	14
2.5	Caracterización de la canal.....	15
2.5.1	Conformación muscular	15
2.5.2	Área del ojo del lomo	15
2.5.3	Color de la carne.....	16
2.5.4	Grasa de cobertura	17
2.5.5	Relación carne, hueso y grasa.....	17
2.6	Composición fisicoquímica de la carne	18
2.6.1	Composición lipídica	19

2.6.2	Contenido de humedad.....	20
2.6.3	Contenido de colágeno total	20
2.7	Maduración de la carne	21
2.7.1	Color	22
2.7.2	Pérdidas por goteo.....	22
2.7.3	Pérdidas por cocción	22
2.7.4	Longitud de sarcómero	23
2.7.5	Índice de desfragmentación miofibrilar	23
2.7.6	Fuerza de corte.....	23
2.8	Panel sensorial	24
3.	MATERIALES Y METODOS	25
3.1	Crecimiento de los búfalos (<i>B. bubalis</i>).....	25
3.1.1	Ubicación y periodo de estudio	25
3.1.2	Material de evaluación	25
3.1.3	Variables de respuesta	27
3.1.3.1	Crecimiento y ganancia de peso diaria	27
3.1.3.2	Profundidad del músculo <i>Longissimus dorsi lumborum</i> y espesor de grasa dorsal	28
3.2	Cosecha de los búfalos (<i>B. bubalis</i>).....	28

3.2.1	Ubicación y periodo de estudio	29
3.2.2	Material de evaluación	29
3.2.3	Variables de respuesta	29
3.2.3.1	Merma por transporte (%)	29
3.2.3.2	Rendimiento pie/canal (%)	29
3.2.3.3	Cronometría dentaria	30
3.2.3.4	Conformación muscular.....	31
3.2.3.5	Grasa de cobertura	31
3.2.3.6	pH-24 h y temperatura de la canal	32
3.2.3.7	Dimensiones de la canal	32
3.2.3.8	Área del ojo del lomo (AOL)	33
3.2.3.9	Espesor de la grasa dorsal en la canal	33
3.2.3.10	Colorimetría del lomo	33
3.2.3.11	Pérdidas por frío de la canal y su composición	34
3.3	Composición química de la carne de búfalo (<i>B. bubalis</i>)	36
3.3.1	Ubicación y periodo de estudio	36
3.3.2	Material de evaluación	36
3.3.3	Variables de respuesta	37
3.3.3.1	Porcentaje de humedad y materia seca	37

3.3.3.2	Contenido de colágeno total.....	38
3.3.3.3	Perfil lipídico	45
3.4	Caracterización física y sensorial de la carne de búfalo	46
3.4.1	Ubicación y periodo de estudio	46
3.4.2	Material de evaluación y tratamientos.....	46
3.4.3	Diseño experimental	47
3.4.4	Variables de respuesta	48
3.4.4.1	Pérdidas por goteo	48
3.4.4.2	Color.....	49
3.4.4.3	Pérdida por cocción.....	49
3.4.4.4	Índice de desfragmentación miofibrilar	50
3.4.4.5	Longitud de sarcómero.....	51
3.4.4.6	Fuerza de corte	53
3.4.4.7	Panel sensorial.....	55
3.5	Análisis estadístico	57
4.	RESULTADOS Y DISCUSION	59
4.1	Crecimiento de los búfalos (<i>B. bubalis</i>).....	59
4.2	Cosecha de los búfalos (<i>B. bubalis</i>).....	65
4.2.1	Rendimientos de la canal bufalina	65

4.2.2	Caracterización cualitativa de la canal.....	67
4.2.3	Caracterización cuantitativa de la canal.....	70
4.3	Composición cárnica de la canal	72
4.4	Composición física y química de la carne	78
4.4.1	Humedad (%).....	78
4.4.2	Colágeno total.....	79
4.4.3	Composición lipídica	80
4.5	Evaluación de la maduración de la carne	82
4.5.1	Pérdidas por goteo (%) y Pérdidas por cocción (%)	82
4.5.2	Índice de desfragmentación miofibrilar (%).....	83
4.5.3	Longitud de sarcómero (μm).....	86
4.5.4	Fuerza de corte (Kg)	86
4.5.5	Colorimetría del corte.....	88
4.6	Evaluación sensorial de la carne	91
5.	CONCLUSIONES.....	95
6.	RECOMENDACIONES	96
7.	BIBLIOGRAFIA.....	97
8.	ANEXOS.....	105

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Izq. Panorama y dimensiones de los repastos empleados durante el estudio (Modificado de Google Earth 2017). Der. Repasto de Tanner (<i>Brachiaria arrecta</i>) y hato bufalino estudiado de la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega Florencia, septiembre 2017.	26
2	Canoa de alimentación, suplemento diario y hato bufalino en estudio. En Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega Florencia, 11 noviembre 2017.	27
3	Medición de ultrasonografía con el equipo ALOKA (Mod. SSD-500), en el corral ganadero de la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega Florencia, octubre de 2017.	28
4	Evaluaciones sobre el músculo <i>Longissimus dorsi lumborum</i> en búfalos. De izquierda a derecha: Medición del Área del Ojo del Lomo, espesor de la grasa dorsal y colorimetría del músculo durante el estudio. Coopemontecillos Alajuela, 4 de diciembre de 2017.	34
5	Análisis fisicoquímico de la carne. De izquierda a derecha: preparación de la muestra, determinación de peso analítico, liofilización y muestra liofilizada. Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018.	38
6	Preparación de la solución madre de hidroxiprolina. Izq. Pesado del reactivo. Der. Aforo de disolución. Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018.	39

- 7 Izq. Resultados de curva estándar de la hidroxiprolina. Der. Microplaca de lectura en espectrofotómetro. Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018. 40
- 8 Izq. Herramientas para la preparación de la muestra de carne. Der. Recuperación de peso analítico de las muestras a hidrolizar. Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018. 41
- 9 Hidrolización de las muestras de carne de búfalos. De derecha a izquierda: Hidrólisis de la carne, equipo de filtración de hidrolizado preparado, muestras hidrolizadas y filtradas. Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018. 43
- 10 Izq. Microviales con muestra para espectrofotometría. Der. microplaca de espectrofotometría con muestra. Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018. 44
- 11 Preparación de las muestras y asignación de tratamientos. De izquierda a derecha: Lomos (*Longissimus dorsi lumborum*) enteros, corte de bistecs y asignación de tratamientos, almacenado en cámara de maduración en húmedo. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. 6 de diciembre 2017. 47
- 12 Evaluación de pérdidas de rendimiento cárnico por goteo en búfalos. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017. 48
- 13 Colorimetría de la carne, bistecs de *Longissimus dorsi lumborum* de búfalos. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017. 49
- 14 Preparación de los bistecs para cocción. De izquierda a derecha: Retirado de la grasa de cobertura, colocación de la termocupla,

	cocción en horno. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017	50
15	Evaluación del índice de Desfragmentación Miofibrilar. Izq. Corte de la muestra. Der. Muestras procesadas. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017.	51
16	Evaluación de longitud de sarcómero, microscopio óptico y PC con correspondiente Software. Laboratorio de Nematodología, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017.	53
17	Recuperación de muestras de carne de búfalo para medición de fuerza de corte. Izq. Revisión de la dirección de las fibras de la carne. Der. Extracción de cilindros de carne. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017.	54
18	Evaluación de fuerza de corte mediante Warner-Bratzler Shear Force. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017.	54
19	Preservación de la temperatura de las muestras de panel sensorial. Trozos de media pulgada cúbica, temperatura del baño maría 37 oC. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. 18 de abril de 2018.	56
20	Panel sensorial. Izq. Materiales de evaluación. Der. Panelistas en cubículos de evaluación. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. 18 de abril de 2018.	56
21	Curva de crecimiento y modelo de la ganancia diaria de peso de los búfalos de agua criados bajo pastoreo rotacional en la Finca	

Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de
Florencia, San Carlos. Mayo - diciembre 2017. PV= Peso Vivo en kg,
GDP= Ganancia Diaria de Peso en kg.

61

LISTA DE FIGURAS

Cuadro	Título	Página
1	Izq. Panorama y dimensiones de los repastos empleados durante el estudio (Modificado de Google Earth 2017). Der. Repasto de Tanner (<i>Brachiaria arrecta</i>) y hato bufalino estudiado de la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega Florencia, septiembre 2017.	26
2	Canoa de alimentación, suplemento diario y hato bufalino en estudio. En Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega Florencia, 11 noviembre 2017.	27
3	Medición de ultrasonografía con el equipo ALOKA (Mod. SSD-500), en el corral ganadero de la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega Florencia, octubre de 2017.	28
4	Evaluaciones sobre el músculo <i>Longissimus dorsi lumborum</i> en búfalos. De izquierda a derecha: Medición del Área del Ojo del Lomo, espesor de la grasa dorsal y colorimetría del músculo durante el estudio. Coopemontecillos Alajuela, 4 de diciembre de 2017.	34
5	Análisis fisicoquímico de la carne. De izquierda a derecha: preparación de la muestra, determinación de peso analítico, liofilización y muestra liofilizada. Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018.	38
6	Preparación de la solución madre de hidroxiprolina. Izq. Pesado del reactivo. Der. Aforo de disolución. Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018.	39

- 7 Izq. Resultados de curva estándar de la hidroxiprolina. Der. Microplaca de lectura en espectrofotómetro. Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018. 40
- 8 Izq. Herramientas para la preparación de la muestra de carne. Der. Recuperación de peso analítico de las muestras a hidrolizar. Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018. 41
- 9 Hidrolización de las muestras de carne de búfalos. De derecha a izquierda: Hidrólisis de la carne, equipo de filtración de hidrolizado preparado, muestras hidrolizadas y filtradas. Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018. 43
- 10 Izq. Microviales con muestra para espectrofotometría. Der. microplaca de espectrofotometría con muestra. Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018. 44
- 11 Preparación de las muestras y asignación de tratamientos. De izquierda a derecha: Lomos (*Longissimus dorsi lumborum*) enteros, corte de bistecs y asignación de tratamientos, almacenado en cámara de maduración en húmedo. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. 6 de diciembre 2017. 47
- 12 Evaluación de pérdidas de rendimiento cárnico por goteo en búfalos. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017. 48
- 13 Colorimetría de la carne, bistecs de *Longissimus dorsi lumborum* de búfalos. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017. 49
- 14 Preparación de los bistecs para cocción. De izquierda a derecha: Retirado de la grasa de cobertura, colocación de la termocupla,

	cocción en horno. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017	50
15	Evaluación del índice de Desfragmentación Miofibrilar. Izq. Corte de la muestra. Der. Muestras procesadas. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017.	51
16	Evaluación de longitud de sarcómero, microscopio óptico y PC con correspondiente Software. Laboratorio de Nematodología, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017.	53
17	Recuperación de muestras de carne de búfalo para medición de fuerza de corte. Izq. Revisión de la dirección de las fibras de la carne. Der. Extracción de cilindros de carne. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017.	54
18	Evaluación de fuerza de corte mediante Warner-Bratzler Shear Force. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017.	54
19	Preservación de la temperatura de las muestras de panel sensorial. Trozos de media pulgada cúbica, temperatura del baño maría 37 oC. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. 18 de abril de 2018.	56
20	Panel sensorial. Izq. Materiales de evaluación. Der. Panelistas en cubículos de evaluación. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. 18 de abril de 2018.	56
21	Curva de crecimiento y modelo de la ganancia diaria de peso de los búfalos de agua criados bajo pastoreo rotacional en la Finca	

Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de
Florencia, San Carlos. Mayo - diciembre 2017. PV= Peso Vivo en kg,
GDP= Ganancia Diaria de Peso en kg.

61

LISTA DE CUADROS DE ANEXOS

Cuadro	Título	Página
1	Determinación de la disponibilidad de forraje de los lotes de pastoreo para el desarrollo y acabado de búfalos en Finca Ganadera de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, ubicada en La Vega de Florencia, San Carlos. Laboratorio de Análisis Agronómicos Sede San Carlos. Septiembre – octubre 2017.	105
2	Análisis bromatológico de los lotes de pastoreo para el desarrollo y acabado de búfalos en Finca Ganadera de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, ubicada en La Vega de Florencia, San Carlos. Análisis por el Laboratorio Ciruelas Dos Pinos, 19 de diciembre de 2017.	106
3	Cortes provenientes de la canal bovina, nombre común en español e inglés y músculo (s) que le componen. Adaptado de Rodríguez (2012).	107
4	Reactivos necesarios para la valoración de colágeno total (%) en muestras de carne de búfalo. Protocolo modificado de Neuman y Logan (1949). Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018.	108
5	Equipo y materiales necesarios para la valoración de colágeno total (%) en muestras de carne de búfalo. Protocolo modificado de Neuman y Logan (1949). Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018.	109
6	Prueba de correlación para las variables grasa de cobertura evaluada mediante ultrasonografía un día antes de la cosecha animal y grasa de cobertura evaluada directamente sobre la canal de	

	los búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018).	109
7	Prueba de Comparación de Medias LSD Fisher para la variable Colágeno total a los 14 y 21 días de maduración en húmedo del músculo Longissimus dorsi lumborum de búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018).	110
8	Perfil lipídico del músculo Longissimus dorsi lumborum en búfalos en Finca Ganadera de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, ubicada en La Vega de Florencia, San Carlos. CINA, UCR abril 2018.	111
9	Prueba de Comparación de Medias LSD Fisher para la variable Pérdidas por goteo a los 7, 14, 21 y 28 días de maduración en húmedo del músculo Longissimus dorsi lumborum de búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018).	112
10	Prueba de Comparación de Medias LSD Fisher para la variable Pérdidas por cocción a los 7, 14, 21 y 28 días de maduración en húmedo del músculo Longissimus dorsi lumborum de búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018).	113
11	Prueba de Comparación de Medias LSD Fisher para la variable Índice de Desfragmentación Miofibrilar a los 7, 14, 21 y 28 días de maduración en húmedo del músculo Longissimus dorsi lumborum de búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018).	114
12	Prueba de correlación para las variables Fuerza de corte a través del dinamómetro e Índice de Desfragmentación Miofibrilar del músculo Longissimus dorsi lumborum de búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018).	114

- 13 Prueba de Comparación de Medias LSD Fisher para la variable Longitud de sarcómero a los 7, 14, 21 y 28 días de maduración en húmedo del músculo Longissimus dorsi lumborum de búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018). 115
- 14 Prueba de Comparación de Medias LSD Fisher para la variable Fuerza de corte a los 7, 14, 21 y 28 días de maduración en húmedo del músculo Longissimus dorsi lumborum de búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018). 116
- 15 Prueba de Comparación de Medias LSD Fisher para las variables L*a*b* a los 7, 14, 21 y 28 días de maduración en húmedo del músculo Longissimus dorsi lumborum de búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018). 117
- 16 Análisis de Varianza Multivariado (Prueba de Wilks) para la evaluación de los Animales y de los panelistas durante la evaluación sensorial de la carne del músculo Longissimus dorsi lumborum de los búfalos a los catorce días de maduración en húmedo. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018). 118
- 17 Prueba de Comparación de Medias LSD Fisher para los conglomerados de animales según las variables del panel sensorial a 14 días de maduración en húmedo del músculo Longissimus dorsi lumborum de búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo 119
- 18 Prueba de Comparación de Medias LSD Fisher para los conglomerados de panelistas según las variables del panel sensorial a 14 días de maduración en húmedo del músculo Longissimus dorsi lumborum de búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018). 120

19 Escala hedónica utilizada para la evaluación de panel sensorial por parte de los panelistas.

121

LISTA DE FIGURAS DE ANEXOS

Cuadro	Título	Página
1	Determinación de la conformación muscular de la canal. A) Conformación muscular grado 1; perfil convexo/rectilíneo, amplitud de ambos cuartos y lomo prominente. B) Conformación muscular grado 2; perfil rectilíneo, amplitud de ambos cuartos, costillar y lomo “llenos”. C) conformación muscular grado 3; perfil cóncavo, descarnadas, escasa amplitud y costillas marcadas. D) Conformación muscular grado 4; perfil cóncavo - ultracóncavo, descarnadas y angulosas, característico de vaca lechera. CORFOGA 2002.	122
2	Grado de cobertura de grasa de la canal. A) Sin presencia de grasa o capa muy ligera. B) Grasa parcialmente distribuida en toda la canal, con un grosor inferior a un centímetro. C) Grasa ampliamente distribuidas en toda la canal, espesor mayor al centímetro. CORFOGA 2002.	123
3	Color de grasa de cobertura. A) Color de blanco a color rosado. B) Color de crema a color amarilla. C) Color amarillo intenso. CORFOGA, 2002.	123

RESUMEN

Se trabajó con un hato de quince búfalos (*Bubalus bubalis*) castrados y posteriormente destetados de forma grupal a los siete meses de edad en promedio, criado bajo pastoreo rotacional y suplementación energética diaria en condiciones tropicales hasta los 16 meses de edad, momento en que los animales alcanzaron el peso comercial y se destinaron a la planta de cosecha. Se evaluó: su crecimiento, reflejado en el incremento de peso vivo, aumento de masa muscular y deposición grasa sobre el músculo *Longissimus dorsi lumborum*; los rendimientos cárnicos y composición de la canal, mediante el deshuese y seguimiento del proceso industrial; la composición bioquímica de la carne, determinando el perfil lipídico y contenido de colágeno total; la terneza de la carne y su respuesta a la maduración en húmedo entre períodos comprendidos entre los 2, 7, 14, 21 y 28 días tras la cosecha animal, se emplearon técnicas como Índice de Desfragmentación Miofibrilar, medición de longitud de sarcómero y la evaluación de la fuerza de corte (WBSF); finalmente la evaluación sensorial de la carne, se ejecutó a los catorce días de maduración de la carne por un grupo de panelistas entrenados. Se obtuvo un crecimiento rectilíneo de los animales entre los nueve y 16 meses de edad, con ganancias diarias de peso siempre positivas; así como un incremento de la masa muscular y la deposición de grasa de cobertura. El rendimiento pie canal obtenido superó el 53%, más del 85% de la canal resultó en carne aprovechable y 14% de esta fue representada por cortes de alto valor comercial. El colágeno total obtenido representó un 1,18% de la muestra, mientras el perfil lipídico mostró un alto contenido de ácidos grasos saturados con respecto a los insaturados. La carne mostró un incremento de su terneza conforme transcurrieron los días de maduración, siendo significativamente distinto a los 21 días después de la cosecha ($p < 0,05$), otros fenómenos como cambio de color y pérdidas de peso y humedad se reflejaron durante este tiempo. Finalmente, se determinó la carne como aceptable para el público a los catorce días de maduración, siendo la terneza, jugosidad y sabor aspectos importante de esta decisión.

ABSTRACT

Fifteen buffaloes (*bubalus bubalis*), castrated and weaned as a group most of them when 7 months old were raised in rotational grazing system with an energetic supplementation on daily basis and tropical conditions until 16 months old, moment in which they reached their commercial weight and were sent to the harvest plant. During this time, several points were evaluated: Growing rate, reflected by weight, muscle mass and fat cover increase on Longissimus dorsi lumborum muscle; meat yields and carcass composition, done by the deboned and follow up of the industrial process; the biochemical composition of the meat, setting up the lipid profile and total collagen content; meat tenderness and its response to wet aging on different periods between 2, 7, 14, 21 and 28 days after the animal harvest, several techniques were used as: Myofibrillar Desfragmentation index, measurement of sarcomere length and the evaluation of shear force (WBSF); and finally the sensorial evaluation of meat, executed at 14 days on meat aging by trained panelists.

The results showed a rectilinear growing on animals between 9 and 16 months old, with daily gains on weight, all of them positive; and an increase on muscle mass and fat cover. The carcass yield obtained exceeded 53%, more than 85% of this carcass resulted in usable meat and 14% of this was represented by high commercial value cuts. The total collagen obtained represented 1.18% of the sample, while the lipid profile showed a high content of saturated fatty acids in relationship to unsaturated ones. The meat showed an increase in its tenderness as aging days passed, being significantly different at 21 days after harvest ($p < 0.05$), other variables evaluated such as color change and weight and moisture losses were reflected during the time. Finally, the meat was determined as acceptable by the panelists at fourteen days of maturation, being tenderness, juiciness and flavor important aspects of this decision.

1. INTRODUCCION

Los búfalos (*Bubalus bubalis*) son una especie animal proveniente de Asia. Se han extendido en el mundo por su potencial para brindar carne, leche y trabajo en ambientes desfavorables, principalmente de carácter tropical, donde la productividad de su contendiente, el bovino, se ve comprometida (Mingala *et al.* 2017). Aun así, en Costa Rica, al igual que en el resto del mundo, esta especie no es la principal en la industria de carne y leche (Rosales 2011, FAO 2015, Mingala *et al.* 2017). No obstante, frente la necesidad de alternativas más eficientes en el campo pecuario se ha incrementado el interés por estudiar la agroindustrialización de esta especie como una posible alternativa (Rosales 2011).

La ganadería bufalina de Costa Rica carece de un enfoque definido, de forma que algunos ganaderos no especializan el cuidado de su hato limitando su potencial cárnico o lácteo según sea. Por otra parte, en el mercado existe una serie de mitos acerca de los productos que esta especie ofrece (Rosales 2011, Rosales y Wing Ching 2007), uno de ellos, y de especial interés para este estudio, el que se refiere a su carne. Recientemente se han realizado investigaciones con el objeto de disminuir la problemática en torno a ese mito, a fin de ofrecer un criterio objetivo acerca del potencial de esta especie (Varela y Cardona 2014, Arguedas 2017).

La investigación sobre la carne conlleva el estudio de múltiples factores tanto antemorten como postmorten. Estos factores definen la conversión de músculo a carne y, así mismo, su calidad; entendiendo que el termino calidad en carne connota, desde un punto de vista objetivo, su valor nutricional y su inocuidad para el consumidor y, desde una perspectiva subjetiva, la satisfacción de sus gustos (Purslow 2017, Toldra 2017).

Igualmente busca contribuir con la inserción de la ganadería bufalina en el mercado cárnico costarricense, mediante evaluaciones competentes al crecimiento, acabado, faenado, caracterización de la canal y valoración de la calidad de su carne. Este estudio proyecta su alcance, a través de la incorporación de pruebas innovadoras para Costa Rica, permitiendo así la validación del potencial de esta ganadería y propiciando futuras investigaciones entre especies animales.

1.1 Objetivo general

Evaluar el crecimiento, la composición de la canal y la calidad de la carne de búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) sometida a diferentes periodos de maduración.

1.2 Objetivos específicos

- Evaluar el peso vivo, profundidad del músculo y espesor de la grasa dorsal sobre el músculo *Longissimus dorsi lumborum* como indicadores del crecimiento de búfalos de agua (*B. bubalis*) criados en La Vega de San Carlos.
- Evaluar el rendimiento y la composición de la canal en búfalos de agua (*B. bubalis*) criados en La Vega de San Carlos.
- Determinar el contenido de colágeno total y perfil lipídico en el músculo *Longissimus dorsi lumborum* en búfalos de agua (*B. bubalis*) criados en La Vega de San Carlos.
- Comparar la terneza, transcurridos 2, 7, 14, 21 y 28 días de maduración, del músculo *Longissimus dorsi lumborum* en búfalos de agua (*B. bubalis*) criados en La Vega de San Carlos.
- Evaluar, mediante panel sensorial, las características organolépticas del músculo *Longissimus dorsi lumborum* transcurridos 14 días de maduración para búfalos de agua (*B. bubalis*) criados en La Vega de San Carlos.

1.3 Hipótesis de investigación

- El peso vivo y la profundidad del músculo *Longissimus dorsi lumborum*, así como el espesor de su grasa de cobertura aumentan con la edad del animal.
- El rendimiento pie/canal de los búfalos se encuentra entre el 50% y 60%.
- El contenido de colágeno total (%) de la carne bufalina proveniente del músculo *Longissimus dorsi lumborum* supera el 2%.
- La terneza de la carne del músculo *Longissimus dorsi lumborum* aumenta conforme transcurren los días de maduración en húmedo.
- La carne de búfalo tiene aceptación por un panel sensorial los 14 días de maduración en húmedo.

2. REVISION DE LITERATURA

El búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) constituye un elemento significativo en el desarrollo cultural y social de algunas civilizaciones humanas, principalmente del continente asiático, de donde es originaria esta especie. Apreciados por su capacidad para proporcionar trabajo, carne y leche de alta calidad, los búfalos han acompañado al hombre por milenios (Mingala *et al.* 2017).

2.1 Origen y clasificación taxonómica del búfalo de agua

El detalle del origen de los búfalos de agua requiere comprender su clasificación taxonómica. La especie *Bubalus bubalis* proviene de la clase del reino animal *Mammalia*, sub-clase *Ungulados*, orden *Artiodactyla*, sub-orden *Ruminantia*, súper familia *Bovidea*, familia *Bovidae*, sub-familia *Bovinae* y tribu *Bovini*.

La tribu Bovini se clasifica en tres grupos: los bovinos, reconocidos a nivel mundial y principales contendientes en carne y leche; Syncerina, propio de los búfalos salvajes de África y *Bubalus*, grupo que da origen en Asia al género *Bubalus*. Este último género se compone de tres especies, entre ellas únicamente *bubalis* ha sido completamente domesticada, las otras dos se consideran salvajes (Rosales 2009, Naveena y Kiran 2014, Mingala *et al.* 2017).

El 95,8% de la población mundial de búfalos de agua se concentra en Asia, África y Sur América albergan el 2,2% y 1,9%, respectivamente (Mingala *et al.* 2017).

2.2 El búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) en Costa Rica

De acuerdo con Rosales (2009), en Costa Rica, el búfalo de agua se ha caracterizado erróneamente, por la creencia de que posee un temperamento agresivo, pero además, se desconoce su potencial productivo. Sin embargo, el autor señala que esta especie es dócil bajo un manejo adecuado, considerando

que posee una conducta gregaria, elevada inteligencia, hábitos rutinarios y muy buena memoria.

El censo nacional agropecuario de Costa Rica indicó que, en el 2014, la población bufalina contaba con unos 4370 individuos y cerca del 60% concentrado en Alajuela (INEC 2015). Esta cifra es, al menos, tres veces mayor que la señalada años atrás por Rosales (2009), lo que evidencia el significativo incremento.

El origen de bufalinos en Costa Rica se remonta a 1974, tras una iniciativa de importación por parte de la entidad autónoma del Estado, JAPDEVA, que buscaba promover el desarrollo de la zona mediante la incorporación de especies productivas bajo las condiciones tropicales de la zona de Limón. Se instaló un hato compuesto por 18 hembras y dos machos de la raza Bufalipso en Finca Blanco en Limón y ocho años más tarde, distribuyeron 225 animales en las zonas aledañas (Rosales 2011).

2.3 Factores competitivos de los búfalos para la producción de carne

Mucha de la bibliografía disponible referente a búfalos busca demostrar la competitividad de esta especie en el mercado cárnico. Almaguer (2007), Marai y Haebe (2009), Barboza (2011), Rosales (2011) y López (2013), por citar algunos, coinciden en que la superioridad de esta especie doméstica, frente otras como los bovinos, ovinos y porcinos, se debe a su capacidad de adaptación a un amplio rango de hábitats, su rápido crecimiento, precocidad y buen desarrollo muscular.

2.3.1 Amplitud de hábitats de crecimiento

Aun cuando la bibliografía es consistente en exponer a los búfalos como animales de alta rusticidad y capacidad adaptativa al ambiente, no ocurre lo mismo con aspectos como la definición de rangos sobre parámetros ambientales como temperatura, humedad relativa (%), altura sobre el nivel del mar, precipitaciones

y/o otras exigencias como calidades de forrajes y manejo sanitario, que son de interés dentro de una explotación pecuaria.

Esta situación deja muy abiertas las virtudes productivas de la especie bufalina. Sin embargo, recientes estudios evidencian esfuerzos en la definición de factores implícitos en la producción bufalina. Barboza (2011), concluye que los búfalos, por la fortaleza de sus podales, tienen capacidad para soportar terrenos áridos o bien húmedos; además, los pigmentos contenidos en la melanina de su piel retienen los rayos ultravioletas de forma más eficiente que en otras especies, como en porcinos y vacunos, facultándolos para soportar una mayor radiación solar.

En su investigación, Marai y Haeeb (2009), encuentran que el rango temperatura comprendido entre 13 °C y 18 °C es óptimo para el desarrollo de búfalos, así como una humedad relativa entre el 55% y 65%. Además, señalan que las altas temperaturas, conjugadas con niveles altos de humedad relativa, son su mayor complicación para la eficacia de su metabolismo. Estos rangos de condiciones ambientales suponen una limitante para los animales en los ambientes tropicales, pero es un primer intento en la definición de parámetros de adaptación relacionados a variables climáticas.

Almaguer (2007) y López (2013) concluyen que la ventaja competitiva de esta especie, en ambientes desfavorables, se debe a la fisiología de su sistema digestivo, capaz de almacenar cerca de un 5% a un 10% más de alimento y posee una población microbiana y protozoaria mayor que la del sistema de los bovinos. Esto se refleja en una mejor eficiencia digestiva, cerca de 2,5% más que esta última especie, facultándolo con un mejor aprovechamiento de forrajes toscos.

2.3.2 Índices productivos y reproductivos eficientes

Los búfalos, según Rosales (2011), son animales con rendimientos productivos y reproductivos muy buenos en Costa Rica. De acuerdo con el autor, en promedio, el 85% de las búfalas reproductivas de un hato pare al año y

demoran entre 380 a 420 días para el próximo parto. Al nacer, los bucerros presentan índices de mortalidad bajos (2,5% a 3,5%) y buenos pesos (33 a 38 kg). Reciben de 3 a 5 l de leche por día de sus madres; al destete, con siete meses de edad, logran alcanzar pesos entre los 160 a 220 kg y de 420 a 570 kg de peso vivo, al sacrificio, con 24 – 30 meses de edad.

Considerando que los datos expuestos por Rosales (2011), son propios de ganaderías costarricenses, donde se destinan los hatos bufalinos a lotes de baja calidad, estos animales estarían logrando producir mayor cantidad de carne en menor tiempo, en comparación con otras especies, bajo las mismas condiciones. Almaguer (2007), presenta datos sobre rendimientos similares a los de Rosales (2011), también para condiciones tropicales.

2.3.3 Rápido crecimiento y desarrollo muscular

De acuerdo con Ayala (2018), los términos crecimiento y desarrollo suelen ser empleados erróneamente como análogos y, aunque se encuentran semánticamente vinculados, el primero se refiere al aumento de masa expresado en volumen, mientras que el segundo describe los cambios en forma y composición de los órganos o bien el cuerpo. La distinción es importante para la comprensión de la curva de crecimiento de los animales y los comportamientos de las ganancias de peso.

Almaguer (2007) y Rosales (2009), segregan el ciclo de vida de los búfalos en etapas según su edad y desarrollo reproductivo: bucerro (a), desde el nacimiento hasta los doce meses de edad; añojo (a), desde los doce a los 18 meses de edad; bubilla desde los 18 meses hasta el primer parto o bien butorete para los machos desde los 18 hasta los 24 meses de edad; y finalmente búfala y butoro para los adultos.

2.3.3.1. Curva de crecimiento

Los estudios del crecimiento y desarrollo de los búfalos son consistentes en que presentan una curva de crecimiento de tipo sigmoidea, comprendida por tres fases separadas por dos puntos de inflexión. Estos puntos están determinados por las tasas de crecimiento: el primero ocurre al destete (siete meses de edad en promedio) y el segundo cuando el animal ha alcanzado la pubertad, aproximadamente a los 18 meses de edad (Alves y Franzolin 2015, Barrera *et al.* 2015, Ayala 2018).

Durante la primera etapa de la curva se evidencia un crecimiento abrupto de la cabeza y extremidades del cuerpo (Ayala 2018). Siempre y cuando se deje al buccero la totalidad de la leche materna, esta fase mostrará el más fuerte crecimiento óseo y muscular, superando, en la mayoría de los casos, los 180 kg de peso vivo (Alves y Franzolin 2015, Barrera *et al.* 2015).

En la segunda etapa de la curva, se inicia una leve desaceleración del crecimiento; pero, bajo un crecimiento lineal y estable, se da el ensanchamiento general del cuerpo e inicia el desarrollo de tejido graso. Para esta etapa se han logrado establecer modelos de predicción de peso lineales y no lineales, a partir de la edad del animal, con muy buena correlación (Crudeli y Konrad 2013, Alves y Franzolin 2015, Barrera *et al.* 2015, Arguedas 2017).

Para la tercera etapa, se espera que los animales hayan superado los 400 kg de peso vivo y se encuentren aumentando levemente la profundidad del cuerpo y deposición de grasa hasta alcanzar el peso adulto, que fácilmente supera los 500 kg (Crudeli y Konrad 2013, Alves y Franzolin 2015, Barrera *et al.* 2015, Arguedas 2017, Ayala 2018).

2.3.3.2. Ganancia diaria de peso

Los búfalos se caracterizan por la significativa ganancia diaria de peso, en su mayoría, poco afectadas por las variables ambientales en comparación con los

bovinos (Crudeli y Konrad 2013, Alves y Franzolin 2015, Barrera *et al.* 2015, Arguedas 2017).

Como es de esperar, a partir de la curva de crecimiento estudiada, las mejores ganancias de peso se obtienen previo al destete, donde es frecuente que se alcancen valores por encima de los 623 g diarios. El destete acarrea un estrés para el buco; aún así, la necesidad de adaptarse a nuevas dietas y culminar la madurez de su sistema digestivo no parece afectarle significativamente (Barrera *et al.* 2015). No obstante, Alves y Fanzolin (2015) señalan que la variabilidad del crecimiento en el hato podría ser mayor después del destete, produciendo subgrupos de animales con distintos niveles de crecimiento.

Barrera *et al.* (2015) y Arguedas (2017), encuentran ganancias diarias de peso, fluctuantes en animales estudiados durante la segunda fase de su crecimiento y lo atribuye a las variables ambientales.

2.4 Cosecha de los búfalos

De acuerdo con Ayala (2018), hasta la pubertad, el animal profundiza su cuerpo, incrementando la masa muscular del dorso y las extremidades, además de depositar grasa subcutánea y, en menor medida, intramuscular. Este fenómeno es estudiado mediante ultrasonografía, técnica no invasiva que permite, entre otras cosas, dar seguimiento a parámetros determinantes del desarrollo animal, como la profundidad del músculo *Longissimus dorsi lumborum* y el espesor de su grasa de cobertura, con lo que se logra determinar el momento oportuno para el sacrificio de los animales (Jorge y Francisco 2011, Ramírez *et al.* 2012).

La cosecha de los búfalos se considera oportuna cuando alcanzan la pubertad o bien entre los 18 y 24 meses de edad, logrando pesos de 400 kg en promedio y buen acabado del cuerpo (Rosales 2009; Jorge y Francisco 2011, Ramírez *et al.* 2012. Arguedas 2017).

De acuerdo con Jorge y Francisco (2011), dada la precocidad de los búfalos y su alto aprovechamiento de los alimentos, mediante su confinamiento por tiempos de hasta cuatro meses, se podría anticipar el momento de sacrificio. Arguedas (2017), se refiere a animales de 413 Kg, a los 18 meses, mediante pastoreo rotacional en pasturas mejoradas y una suplementación energética diaria, durante los últimos cuatro meses de vida de los animales. Holló *et al.* (2013), logran buenos rendimientos con bucerros lactantes de tan solo 223 días de edad.

2.4.1 Rendimientos implícitos en la cosecha de búfalos

Hasta donde se ha descrito, los búfalos son una especie precoz que muestra buen crecimiento bajo condiciones tropicales. Sin embargo, se cuestiona su aptitud cárnica post-cosecha. León (2010), señala que los búfalos tienen una clara desventaja en el rendimiento pie canal frente los bovinos, por el aporte de peso de su cabeza, cuero, patas y contenido gastrointestinal en proporción a su cuerpo. Aún así Almaguer (2007) y Merlé (2004), consideran que los búfalos son capaces de sopesar bajos rendimientos post-cosecha con su precoz desarrollo y buen acabado corporal.

2.4.2.1 Rendimiento Pie-canal

En Costa Rica se carece de ensayos que permitan establecer el rendimiento pie canal de esta especie para esta zona. Aun así, algunos estudios pioneros han obtenido rendimientos de la canal entre el 49% hasta el 54% en relación con su peso vivo (León 2010, Arguedas 2017). Estos valores se encuentran dentro de lo esperado por otros autores a nivel internacional (Almaguer 2007, Jorge y Francisco 2011, Peixoto *et al.* 2012, Fundora 2013 y Lambertz *et al.* 2014), quienes han encontrado rendimientos pie canal desde 44% hasta 58%, con mayor frecuencia de valores altos cuando los animales repastan forrajes de alta calidad y reciben algún tipo de suplementación energética.

2.4.2.2 Rendimiento Finca-planta

De acuerdo con Rodríguez y Wing Ching (2012), el transporte de los animales de un sitio a otro les representa un estrés, lo que tiende a reducir su peso vivo drásticamente en las primeras doce horas de transporte o confinamiento sin alimento. Los principales detonantes de la reducción de peso, según los mismos autores, son el vaciado del contenido intestinal y urinario; en menor medida, la transpiración y metabolismo de reservas corporales también afectan. Además, determinaron que no hay diferencias significativas entre factores como peso, genotipo o sexo. Sí influye el tamaño del animal, muy coherente con la capacidad intestinal.

Arguedas (2017), determinó pérdidas de un 6,17% del peso vivo de los animales, por el transporte y ayuno de los búfalos en la planta de cosecha. El porcentaje representa más del doble de la merma obtenida por Rodríguez y Wing Ching (2012), en bovinos (1,57% a 2,5%).

La superioridad señalada por Almaguer (2007), de los bufalinos para almacenar alimento es su sistema gastrointestinal con respecto a los bovinos y los resultados de la investigación de Rodríguez y Wing Ching (2012), sugiere que los búfalos presentarán mayor merma por transporte que los bovinos.

2.4.2.3 Pérdida por frío

Las pérdidas de peso en las canales durante su refrigeración ocurren debido a la desecación superficial y transpiración de sus músculos, al exponerse a un ambiente frío y de baja humedad relativa. Este fenómeno se agrava si la canal carece de tejido graso y/o conectivo de recubrimiento (Lawries 2007). Los resultados del ensayo de Lambertz *et al.* (2014), sugieren que dietas altas en energía permiten obtener canales con mayor nivel de cobertura grasa y, consecuentemente, menores pérdidas de peso durante la refrigeración. Por otro lado, Merlé (2004), encontró pérdidas de peso en canales bufalinas, con 0,4 cm de espesor graso, relativas al 0,96% de su peso caliente, mientras canales en

bovinas, con 0,1 cm de grasa de cobertura, perdieron hasta 1,19% de su peso caliente.

El valor medio esperado de pérdidas por frío de las canales bufalinas se encuentra entre el 0,08% y 0,97% de su peso caliente, según lo obtenidos por Merlé (2004), Fundora (2013), Lambertz (2014) y Arguedas (2017). Peixoto *et al.* (2012) definen 3 mm de espesor graso de cobertura como el mínimo para evitar daños en la coloración de la carne asociados a su deshidratación y consecuente oxidación fuerte, producto de la concentración de sales.

2.4.2 Conversión de músculo a carne

La carne es el resultado de una serie de cambios bioquímicos y estructurales del músculo, que se desencadenan como respuesta de las células musculares por mantener su equilibrio, una vez que el animal muere y carecen de abastecimiento de energía (glucosa y ácidos grasos) a través de la sangre (Lawries 2007, Warner 2016).

Este proceso se compone de tres fases. La primera se denomina pre-rigor y es la etapa en la que más procesos metabólicos ocurren. Cuando el animal muere y es desangrado les deja de llegar oxígeno y energía a sus células musculares; como consecuencia, estas activan un mecanismo auxiliar llamado glucólisis anaeróbica, que emplea reservas de glucógeno en los músculos para obtener energía (en forma de ATP o adenosín trifosfato) y así lograr mantenerse en equilibrio. No obstante, esta ruta metabólica produce ácido láctico, que normalmente, en vida, sería expulsado al torrente sanguíneo y el hígado lo procesaría. Al no ser posible, este ácido se acumula entre las células musculares e inhibe las enzimas que permiten la glucólisis anaeróbica; consecuentemente, se deja de producir ATP y las células pierden movilidad y extensibilidad tornándose rígidas (Lawries 2007, Warner 2016).

Cuando la acidez (pH) del músculo ha alcanzado valores entre 5,4 y 5,6, como consecuencia del acúmulo del ácido láctico, se considera que la

disponibilidad de energía es inexistente y las células han alcanzado su contracción natural máxima, dando paso a la segunda etapa o *rigor mortis*. Este proceso culmina con la tercera etapa, post-rigor, que conlleva vencer la rigidez alcanzada anteriormente. Este proceso no ocurre como consecuencia de la extensión de los sarcómeros (unidad básica de la célula muscular, compuesta por actina, miosina, entre otras), pues esto involucra el gasto de energía (ATP) ahora inexistente. De modo que los sarcómeros se han contraído irreversiblemente y la flexibilidad muscular que procede se logrará a partir de la desnaturalización proteica los sarcómeros a través de enzimas endógenas al músculo, como las calpains y catepsinas y, en menor medida, la descomposición del tejido conectivo mediante las metaloproteinasas (Lawries 2007, Warner 2016).

2.4.2.1 Alteraciones del proceso

Durante la conversión de músculo a carne, se determinan cualidades propias de la calidad de esta última, como su inocuidad, vida de anaquel, terneza, jugosidad y suavidad. El comportamiento del pH de la canal y su temperatura durante este proceso de conversión son los dos factores más determinantes de las cualidades predichas.

El pH de los músculos es ligeramente neutro (cerca de 7). Tras la muerte del animal, se espera que descienda a valores cercanos a 5,4 por acción de la glucólisis anaeróbica; en un tiempo medio de 24 horas a 48 horas, para especies grandes como bufalinos o bovinos. La temperatura influye en la velocidad en la que ocurre esta reacción.

a) Carnes pálidas, suaves y exudativas

Este fenómeno se genera tras la caída brusca del pH de la canal bajo temperaturas elevadas (cerca de la temperatura corporal del animal) y ocurre como resultado de un estímulo estresante para el animal, previo a su sacrificio. Esto último, debido a la liberación de ácido láctico en el cuerpo, sin darse paso a su metabolización por la muerte del animal. Sumado a esto, la glucólisis

anaeróbica que procede resulta acelerada por la temperatura de la canal, llevando el pH rápidamente por debajo del límite permisible, lo que provoca la desnaturalización (daño estructural) de proteínas (miosina principalmente) y culmina con la pérdida de la capacidad de retención del agua intracelular y consistencia de los tejidos.

b) Carnes oscuras, secas y firmes

Esta alteración resulta del sacrificio de animales con bajos niveles de energía (glucógeno) en músculo, comúnmente como resultado de la exposición prolongada del animal a situaciones estresantes, previo al sacrificio. Como consecuencia, los niveles bajos de glucógeno en la canal no permiten que se dé el proceso de acidificación normal, obteniéndose una lectura de pH último superior al límite permisible. Esto implica que no ocurre una debida desnaturalización de las proteínas con el tiempo, evidenciándose una fuerte retención del líquido celular y su firmeza estructural.

2.4.2.2 Valores de pH establecidos para canales bufalinas

El pH último de las canales bufalinas debe alcanzar un valor promedio de 5,5 a las 24 horas después del sacrificio del animal, para que se complete, adecuadamente, el *rigor mortis* (Naveena 2004, Kandeepan *et al.* 2009 y Naveena 2011).

Joele *et al.* (2016), obtuvieron valores promedio de 5,4 de pH último, a las 24 horas *post-mortem*, advirtiendo haber obtenido valores cercanos al límite superior, para encontrar carnes DFD, que define como pH 6. Los valores medios encontrados por Holló *et al.* (2013) y Lambertz *et al.* (2014), en sus ensayos son relativamente altos respecto al primer autor, de 5,2 a 5,92 y 5,77 a 5,97 respectivamente. Aun así, en sus ensayos, estos autores no identificaron problemas de carnes DFD.

2.5 Caracterización de la canal

Muchos de los ensayos realizados para evaluar la aptitud cárnica de los búfalos tienen la canal como centro de estudio. En ella se podrían esperar comportamientos marcados por factores de manejo zootécnico durante el crecimiento de los búfalos (Marlé *et al.* 2004 y Holló *et al.* 2013); evaluación de dietas para el crecimiento y finalización de los animales (Lambertz *et al.* 2014); nuevas técnicas de investigación (Jorge *et al.* 2007) y establecimiento de parámetros de conocimiento práctico en nuevos territorios (León 2010 y Arguedas 2017). Esto es posible gracias a la respuesta de los principales descriptores de la canal a las distintas circunstancias.

2.5.1 Conformación muscular

La bibliografía consultada sugiere distintas formas de evaluar la conformación de las canales o su grado de finalización. En su mayoría, están confeccionadas según las cualidades de los animales y factores asociados al manejo y comercialización de la cada una de las zonas donde se emplean. Merlé *et al.* (2004) encuentran muy buenos niveles de acabado en búfalos, incluso en su estudio, en el que comparan canales bufalinas contra bovinas. Las primeras sobresalen por 1,63 unidades en una escala del uno a cinco. Holló *et al.* (2013) encuentran puntuaciones satisfactorias en canales de bucerros lactantes. De forma similar, Arguedas (2017) puntuó las canales de su ensayo de grado dos en una escala de uno a cinco, describiendo un buen llenado de los cuartos traseros. Estos resultados son congruentes con las conclusiones generadas por de Almaguer (2007) y Ramírez *et al.* (2012), referentes a que los búfalos son una especie precoz que logra buena profundidad de sus canales.

2.5.2 Área del ojo del lomo

El área de ojo de lomo es una variable que suele ser empleada en los estudios para determinar otros parámetros de rendimiento, a partir de su fuerte correlación con la conformación de la canal y/o los otros músculos. De acuerdo

con los estudios de Lambertz *et al.* (2014), Rodríguez (2014) y Arguedas (2017), en animales con pesos de 400 kg se estima un área de ojo entre 39,8 cm² y 47 cm². Mientras tanto, animales cercanos a 500 Kg de peso vivo podrían ofrecer entre 68,9 cm² y 69,46 cm² (Jorge y Francisco 2011 y Peixoto *et al.* 2012).

Marlé *et al.* (2011) y Rodríguez (2014), encontraron que los búfalos obtienen menores áreas de ojo del lomo con respecto al bovino y sugieren que esto podría implicar un rendimiento cárnico inferior.

2.5.3 Color de la carne

De acuerdo con Lawries (2007), Peixoto *et al.* (2012) y Rodríguez (2014), la mioglobina es la proteína encargada de almacenar y transportar oxígeno en el tejido muscular; además, se ha identificado como el principal pigmento de la carne. Esta proteína contiene un grupo de hierro en su estructura, lo que la faculta para reaccionar con el oxígeno. En condiciones normales, cuando se ha sacrificado el animal y el músculo ha agotado el oxígeno, la mioglobina contenida se reduce a deoximioglobina, tornando su tono rojo púrpura. Sin embargo, la mioglobina superficial de la carne se puede oxigenar, dando paso a la oximioglobina, cuyo tono es el rojo cerezo característico de la carne. Aún cuando el grupo de hierro está estructuralmente protegido, la abundancia de oxígeno en la atmósfera conduce a su oxidación, originando la metamioglobina y los tonos pardos.

Los mismos autores indican que hay una estrecha relación entre la caída del pH durante el *rigor mortis* y la desnaturalización de proteínas y consecuente concentración de mioglobina, donde a pH más altos se han encontrado carnes más oscuras.

La carne de búfalo tiende a ser oscura (Lambertz *et al.* 2014 y Arguedas 2017), incluso los estudios comparativos con bovinos lo confirman así (Peixoto *et al.* 2012 y Rodríguez 2014).

2.5.4 Grasa de cobertura

La grasa puede ser descrita a partir del grosor y grado de cobertura sobre la canal y su coloración. Según se mencionó, los estudios exponen una ligera ventaja en el grado de cobertura de grasa de las canales bufalinas con respecto a las bovinas (Merlé 2004). Es así como se les concede una buena protección contra la desecación por el frío durante el proceso de industrialización y comercialización además de buenas cualidades gustativas.

Jorge y Francisco (2011), consideran necesarios, al menos, 4 mm de espesor graso para obtener una buena cobertura de la canal y asegurar la calidad de la carne. Los valores encontrados sugieren que bufalinos en pastoreo fácilmente desarrollan 3 mm de espesor graso y una buena cobertura (Merlé 2004) y mediante algún tipo de suplementación energética podrían superar los 5mm (Peixoto *et al.* 2012, Arguedas 2017).

El color de la grasa parece ser favorable en esta especie, caracterizándose por presentar tonos claros y cremosos, lo que la hace más apetecible para el consumidor (Merlé *et al.* 2004 y Arguedas 2017, Ekiz *et al.* 2018). De acuerdo con Dunne *et al.* (2004), el color de la grasa subcutánea es afectado principalmente por la dieta del animal. Las dietas altas en forrajes contienen altas concentraciones de carotenoides (β -carotenos y luteína) que se depositan en grasa. Sin embargo, la investigación de Jorge y Francisco (2011) y Rodríguez (2014), sugiere que los búfalos, a diferencia de los bovinos, no depositan grandes cantidades de carotenoides en su grasa por la eficiencia de su metabolismo, que convierte estos últimos componentes en vitamina "A", vitamina que se deposita de forma intramuscular.

2.5.5 Relación carne, hueso y grasa

Las relaciones de participación entre los tejidos que componen las canales son un evaluador eficiente de la aptitud cárnica de una especie. De acuerdo con Merlé *et al.* (2004), se considera que los búfalos podrían tener una estructura ósea

más representativa del peso de la canal en comparación con los bovinos. Sin embargo, en su estudio no encuentra diferencias significativas entre la inclusión del peso limpio de los huesos en la canal, el cual es de 15,7% versus 16,8% respectivamente. Por otro lado, también sostiene que la precocidad aludida hasta el momento de los búfalos por encebar, podría ser un problema si esta es excesiva; pero, en su estudio tampoco encuentra diferencias significativas en la grasa recortada (de bajo o nulo valor) entre ambas especies (5,67% vs 5,05% respectivamente).

Los resultados obtenidos por Jorge *et al.* (2003) sugieren que, a medida que el búfalo crece, la representatividad del hueso dentro de la canal disminuye, lo que es coherente el ciclo de crecimiento de los animales, pues durante la tercera fase los animales cesan el crecimiento óseo y profundizan y enceban el cuerpo. Este autor encuentra diferencias significativas entre la inclusión ósea de los búfalos en canales de 400 kg contra 500 kg, la que resulta de 16,5% frente 14,5 respectivamente.

Los resultados medios encontrados en la literatura señalan que es de esperar un porcentaje de inclusión de 60,34% de carne, 25,65% de hueso y 14,1% de grasa (Peixoto *et al.* 2012, Fundora 2013, Holló *et al.* 2013, Cifuni *et al.* 2014, Lambertz *et al.* 2014).

2.6 Composición fisicoquímica de la carne

De acuerdo con la FAO (2014), la calidad de la carne puede ser definida objetivamente a partir de su inocuidad y aporte nutricional a la dieta del ser humano. El aporte de energía, a través de las grasas y su naturaleza, se considera uno de los principales campos de estudio en este sentido. Adicionalmente, evaluaciones sobre el porcentaje de humedad retenido y contenidos de colágeno total podrían responder a los aspectos subjetivos de la calidad de carne, como jugosidad y terneza, entre otros.

2.6.1 Composición lipídica

Giordano *et al.* (2010), Kandepan *et al.* (2013), Navenna y Kiran (2014) y otros, expresan la importancia de las grasas en la carne para acentuar su sabor, ternura y jugosidad, como principales determinantes de la calidad gustativa, sin ignorar el impacto negativo de la abundancia de este nutriente en la salud humana. Los estudios de estos autores se centran en determinar el perfil lipídico de la carne de búfalo y, entre los resultados, encuentran menores proporciones de grasa en la carne y mejor relación de ácidos grasos insaturados respecto a los saturados, en comparación con la especie bovina, lo que resulta de interés en la prevención de enfermedades, como se verá a continuación.

El consumo inadecuado de grasas desequilibra el perfil lipídico del cuerpo humano, lo cual aumenta las probabilidades de padecer enfermedades cardiovasculares y cancerígenas. Además, desproporciona el índice de masa corporal (Cabezas *et al.* 2016). De acuerdo con el mismo autor, las grasas cumplen funciones fisiológicas muy importantes dentro de las que destaca su aporte de energía y contribución a la absorción, transporte y almacenamiento de compuestos liposolubles. El consumo de grasas debe ser medido a partir de la cantidad y tipo, y para este estudio son de particular interés las grasas saturadas y las insaturadas.

Las grasas saturadas (SFA, por sus siglas en inglés saturated fatty acids), han demostrado estar vinculadas con problemas cardiovasculares producto de altos niveles de proteínas de baja densidad, por lo que se recomienda la reducción de su consumo en proporción a los ácidos grasos insaturados (UFA; por sus siglas en inglés, unsaturated fatty acids), dado que estos últimos reducen la cantidad de proteínas de baja densidad y además, dentro de ellos se encuentran los ácidos grasos esenciales (Giordano *et al.* 2010, Lambertz *et al.* 2014 y Cabezas *et al.* 2016).

De acuerdo con los valores medios obtenidos por Cifuni *et al.* (2014), Lambertz *et al.* (2014), Naveena y Kiran (2014) y Arguedas (2017), la carne del

músculo *Longissimus dorsi lumborum* contiene un 49,41% de ácidos grasos saturados, 30,64% de ácidos grasos monoinsaturados y 23,68% de ácidos grasos poliinsaturados.

2.6.2 Contenido de humedad

La humedad contenida en la carne, al igual que los lípidos, se encuentra vinculada con su terneza, sabor y jugosidad. Se ha demostrado que el contenido de humedad muestra una fuerte correlación negativa con los contenidos de grasa y proteína de la carne; disminuye conforme avanza la edad del animal y aumenta en animales desnutridos o mal acabados (Francisco *et al.* 2007; Kandeepan *et al.* 2009, Cifuni 2014). De forma congruente, Naveena y Kiran (2014) y Rodrigues (2014), realizan comparaciones de la composición química de la carne entre bufalinos y bovinos. Los resultados sugieren un mayor contenido de humedad en la carne de los búfalos y, en efecto, una menor participación de la proteína y grasa.

La humedad contenida en la carne del músculo *Longissimus dorsi lumborum* puede encontrarse en un rango de entre 74% - 76% (Francisco *et al.* 2007; Kandeepan *et al.* 2009, Cifuni 2014).

2.6.3 Contenido de colágeno total

El músculo está conformado por fibras musculares, estas, a su vez, por fascículos musculares y, finalmente, por las miofibrillas. Las tres agrupaciones se encuentran recubiertas por fascias, nominadas: epimisio, perimisio y endomisio respectivamente. Estas fascias están compuestas principalmente por colágeno, proteína estructural del tejido conectivo (Lawries 2007). El colágeno puede presentarse en el músculo de dos formas: colágeno soluble e insoluble; el primero está estrechamente vinculado con la terneza de la carne de forma positiva y disminuye conforme envejece el animal, tornándose insoluble. El colágeno insoluble no se desnaturaliza con la cocción, afectando directamente la terneza de la carne (Kandeepan *et al.* 2009, Rodrigues 2014).

El contenido de colágeno total aumenta conforme envejece el animal. Bufalinos de menos de dos años podrían contener entre 0,91% a 1,71% de colágeno total, mientras que en animales mayores es posible que el rango comprende entre 1,16% a 2,23% (Kandeepan *et al.* 2009, Naveena y Kiran 2014).

2.7 Maduración de la carne

La maduración de la carne es un proceso natural que inicia tras la instauración de *rigor mortis* en el proceso de conversión de músculo a carne. Comprende la proteólisis de las miofibrillas por acción de enzimas proteolíticas. Naturalmente, este fenómeno se vería afectado por la carga bacteriana ambiental y consecuente descomposición de la carne, pero la manipulación de las condiciones atmosféricas como temperatura, disponibilidad de oxígeno y humedad han permitido al ser humano alargar la vida útil de la carne y mejorar cualidades como su terneza y sabor (Lawries 2007).

Existen dos métodos de maduración, la maduración en seco y la maduración húmeda. La primera conlleva un elevado costo económico, operativo y no es de interés para este estudio. Por su parte, la maduración en húmedo se caracteriza por ser más accesible, armoniosa con la comercialización de la carne y aceptada por los consumidores. Esta técnica consiste en conservar la carne entre 0 °C y 1 °C por un tiempo variado, en un ambiente de oxígeno restringido a través del empaque al vacío, de manera que se disminuye la pérdida, el crecimiento bacteriano se modera y se aprovecha la desnaturalización de las proteínas estructurales de la carne (Lawries 2007).

La bibliografía presenta escasa información respecto al estudio de distintos periodos de maduración en carne de búfalo; en su mayoría se centran en la descripción de la canal, composición fisicoquímica, o bien evaluando la aceptación de la carne sin tratamientos de maduración. Arguedas (2017) encontró cambios en la carne al someterla a 2,7,14,21 y 28 días de maduración, los cuales aluden a la

desnaturalización de las proteínas en el tiempo. Estos cambios se reflejan en la terneza y color de la carne, además de pérdidas de humedad durante su cocción.

La bibliografía sugiere otro tipo variables que podrían integrar este tipo de ensayos, como la medición de la longitud del sarcómero, el índice de desfragmentación miofibrilar y las pérdidas por goteo durante el proceso de maduración de la carne (Kandeepan *et al.* 2009, Naveena y Kiran 2014).

2.7.1 Color

Los cambios del color en la carne durante el proceso de maduración responden a la actividad de la mioglobina con la atmósfera, por lo que, durante el proceso, podría tornarse oscura a raíz de la ausencia de oxígeno en el empaque. Sin embargo, al desempacarla e interactuar con el oxígeno en ambiente retornará su color rojo. Arguedas (2017) no encontró una conducta en sus valoraciones de color. Como se mencionaba, la carne de búfalo muestra un color más oscuro que la de los bovinos; aun así, algunos estudios concluyen mayor aceptación de estas carnes (Kandeepan *et al.* 2009, Naveena y Kiran 2014, Peixoto *et al.* 2016).

2.7.2 Pérdidas por goteo

Las pérdidas por goteo de la carne, durante el proceso de maduración, resultan producto de la desnaturalización de las proteínas. A medida que las células pierden su composición estructural, liberan el agua retenida en su espacio citoplasmático (Lawries 2007).

2.7.3 Pérdidas por cocción

De acuerdo con Arguedas (2017), las pérdidas por cocción disminuyen conforme avanza la maduración en el tiempo, producto de la continua desnaturalización de las proteínas y retención del agua intracelular en el espacio extracelular. Sin embargo, señala que este fenómeno no ha sido muy estudiado.

2.7.4 Longitud de sarcómero

La longitud media comprendida entre las bandas “Z” del sarcómero, como unidad básica del músculo, parece mostrar una fuerte correlación con la terneza de la carne (Smulders *et al.* 1990, Kandeepan 2009, Naveena y Kiran 2014). De acuerdo con Smulders *et al.* (1990), la evaluación de esta variable con respecto al panel sensorial determinó un punto de inflexión, donde por encima de 1,9 μm las carnes se consideran duras.

Naveena y Kiran (2014) y Rodrigues (2014), encuentran valores por debajo del punto de inflexión de Smulders *et al.* (1990) de 1,65 μm y 1,49 μm respectivamente. Sin embargo, la valoración final frente al panel sensorial considera las carnes ligeramente suaves.

2.7.5 Índice de desfragmentación miofibrilar

De acuerdo con Kandeepan *et al.* (2009), el índice de desfragmentación miofibrilar tiene una alta correlación con la terneza de la carne y podría describir el efecto de la maduración a un menor costo. Esta variable evalúa la resistencia de las fibras de la carne frente al efecto de un estrés mecánico como el licuado. De acuerdo con el mismo autor, carnes con mayor resistencia al corte muestran un índice inferior. Los valores medios obtenidos en estudios de búfalos comprenden de 79% al 85% de la muestra.

2.7.6 Fuerza de corte

La terneza de la carne indiscutiblemente representa uno de los parámetros subjetivos de su calidad más importantes (FAO 2014), la cual a su vez puede ser medida de forma objetiva mediante la evaluación de su resistencia a ser cortada (fuerza de corte). Una de las técnicas más empleadas para esta prueba es la propuesta y estandarizada por AMSA (1995), que emplea un equipo denominado Warner Bratzler Shear Force (WBSF, por sus siglas) capaz de cortar y medir,

mediante un dinamómetro, la fuerza necesaria para una muestra de carne (Wheeler *et al.* 1997, Lorenzen *et al.* 2003, Sullivans y Calkins 2007).

Lorenzen *et al.* (2003), concluyó que sin importar la objetividad de pruebas como ésta u otras como el panel sensorial (detallada más adelante) resulta difícil predecir la aceptabilidad de la carne por parte del público, dados los múltiples factores extrínsecos como gustos y umbrales del consumidor y los competentes a la cocción de la carne. No obstante, las evaluaciones han llevado a establecer parámetros de aceptación, de forma que se considera como carnes tiernas o suaves aquellas cuyo valor de corte es inferior a 3,45 kg, aceptable en el rango de 3,45 kg y 5,2 kg y finalmente carnes duras sobre este último valor (Wheeler *et al.* 1997, Sullivans y Calkins 2007).

Arguedas (2017), encuentra una tendencia de la carne a disminuir su resistencia al corte tras evaluar cinco periodos de maduración en húmedo, iniciando con 6,96 kg y finalizando en 5,85 kg. Ekiz *et al.* (2018) señalan mayor ternura en la carne madurada durante 21 días (2,90 kg) en comparación con 7 días (3,54). En general, la carne de búfalo podría mostrar mayor fuerza de corte que la carne de bovinos (Naveena y Kiran 2014, Peixoto *et al.* 2016). Aun así estudios concluyeron que la carne de búfalo con estos valores de corte expuestos resulta de ternura aceptable para el consumidor mediante panel sensorial.

2.8 Panel sensorial

La mayoría de las investigaciones que evalúan la calidad de la carne culminan mediante panel sensorial, que responde a la valoración final de la calidad de la carne desde el punto de vista subjetivo y, en última instancia, determina si la carne será o no consumida por el público.

De acuerdo con los estudios realizado, la carne de búfalo podría sobresalir en sabor, color y, en muchos casos, jugosidad (Kandeepan *et al.* 2009, Peixoto *et al.* 2016, Arguedas 2017). Sin embargo, de acuerdo con los mismos autores, su ternura general es uno de los factores más castigados.

3. MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se llevó a cabo en cuatro escenarios separados temporal y espacialmente, según sus evaluaciones correspondientes. A saber: el crecimiento animal, cosecha animal, composición química de la carne y caracterización física de la carne.

3.1 Crecimiento de los búfalos (*B. bubalis*)

Este complemento fue realizado con los animales en vida, mensualmente y con ayuda de técnicos y equipo especializado.

3.1.1 Ubicación y periodo de estudio

El estudio de la crianza de los búfalos (*B. bubalis*) se ubicó en la finca ganadera de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, ubicada en La Vega de Florencia, San Carlos (10°25'20.98" norte; 84°31'17.57" oeste), con una altura media de 70 msnm, temperatura media de 26,5 °C (mínima promedio: 20,8 °C; máxima promedio: 30 °C) y precipitaciones y humedad relativa anual media de 3400 mm y 85% respectivamente (Información elaborada por Instituto Meteorológico Nacional. Ministerio de Ambiente y Energía). Este apartado se extendió de mayo a diciembre de 2017.

3.1.2 Material de evaluación

El estudio abarcó un hato compuesto por quince animales contemporáneos entre sí, provenientes de la unidad productiva de búfalos del I.T.C.R. Estos animales fueron pseudo-castrados en su primera semana de vida, empleando el elastrador; se alimentaron con leche materna al pie de la búfala y forraje mediante pastoreo no rotacional, en un aparto conformado principalmente por Ratana (*Ischaemum indicum*). A la edad de siete meses y medio, en promedio, fueron destetados de forma grupal y, durante cuatro días, se les confinó en un corral, con el propósito de manejar el estrés postdestete. Posteriormente, momento en que

inicio el estudio, se establecieron en un módulo de pastoreo rotacional de 7,2 ha en total, constituido por diez repastos de aproximadamente 0,7 ha cada uno (Figura 1). Seis de ellos con predominancia de pasto Tanner (*Brachiaria arrecta*) con una oferta media de 4,03 t MS/ha, 8,43% de Cenizas, 1,70% de Extracto Etéreo, 41,03% de Fibra Ácido Detergente, 66,97% de Fibra Neutro Detergente, 5,20% de Lignina y 6,73% de Proteína Cruda; los cuatro apartos cultivados con *Brachiaria* híbrido, que en promedio ofrece 2,75 t MS/ha, 8,25% de Cenizas, 1,90% de Extracto Etéreo, 40,95% de Fibra Ácido Detergente, 66,85% de Fibra Neutro Detergente, 5,90% de Lignina y 6,60% de Proteína Cruda (anexo Cuadro A1 y Cuadro A2). En general, los repastos mostraban ligeros focos de Ratana (*I. indicum*).

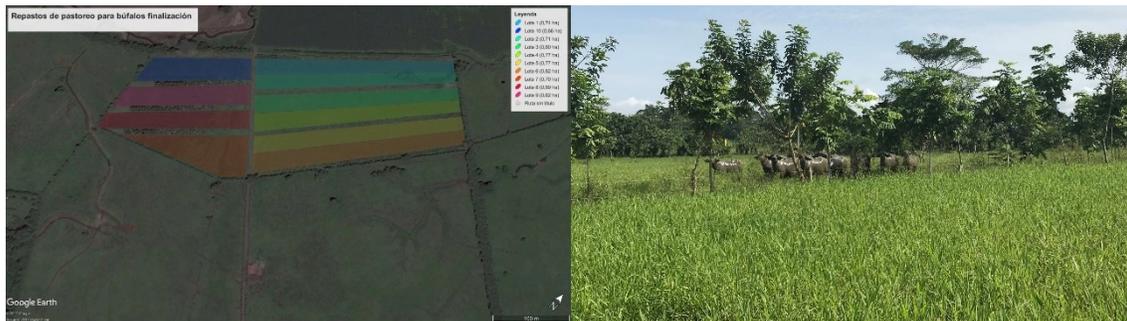


Figura 1. Izq. Panorama y dimensiones de los repastos empleados durante el estudio (Modificado de Google Earth 2017). Der. Repasto de Tanner (*Brachiaria arrecta*) y hato bufalino estudiado de la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega Florencia, septiembre 2017.

El módulo de pastoreo se trabajó de forma cíclica, siempre y cuando el técnico encargado no valora lo contrario, cada apto fue pastoreado durante tres días, permitiéndole 27 días de descanso, los cambios de uno a otro se realizaron mientras los animales se alimentaban de la suplementación diaria.

La suplementación diaria por animal consistió en 0,46 kg de melaza de caña de azúcar (20% agua, 35% sacarosa, 7% glucosa, cenizas 9%, compuestos nitrogenados 4,5%, entre otros 24,5%), 1 kg de suplemento energético Citrocom (86,5% de materia seca, 2.850 kcal/kg de energía digestible y un 5,5% de proteína

cruda), y 70 g de urea (46% N) diluida en la miel con agua. Durante el último mes se adicionó la mezcla predicha 1 kg/animal de maíz molido (87% de materia seca, 3,4 Mcal de energía metabolizable/ Kg de MS y un 7,4 % de proteína cruda). Esta dieta fue administrada de forma grupal en una canoa de 6,4 m de longitud, con acceso en ambos lados, lo que corresponde a 0,85 m de espacio disponible por animal (Figura 2), donde además disponían de sal mineral compuesta a libre consumo. El agua les fue suministrada mediante un riachuelo que irriga el módulo.



Figura 2. Canoa de alimentación, suplemento diario y hato bufalino en estudio. En Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega Florencia, 11 noviembre 2017.

3.1.3 Variables de respuesta

Las siguientes corresponden a las evaluaciones seleccionadas para describir el crecimiento de los animales:

3.1.3.1 Crecimiento y ganancia de peso diaria

El peso vivo de los animales se evaluó a primera hora de la mañana del día primero de cada mes, de manera sistemática, empleando una manga integrada con balanza digital (± 1 kg). El registro mensual del peso permitió obtener la curva de crecimiento y la ganancia de peso diaria (GPD), esta última a través de la

diferencia en kg de dos periodos consecutivos y su cociente entre los días transcurridos.

3.1.3.2 Profundidad del músculo *Longissimus dorsi lumborum* y espesor de grasa dorsal

Con el empleo del equipo de ultrasonografía ALOKA (Mod. SSD-500) y su correspondiente software proporcionado por la Universidad Estatal de Kansas (Figura 3), se realizaron dos evaluaciones, previo a la cosecha del hato bufalino (octubre de 2017 y diciembre de 2017). Estas mediciones permitieron determinar la profundidad del lomo (*L. dorsi*) y el espesor de grasa dorsal, ambos en milímetros. Los animales fueron inmovilizados mediante una manga especial, la lectura del ultrasonógrafo se efectuó sobre el dorso del animal, justo en el segmento comprendido entre la doceava y treceava costilla del flanco derecho. Cuando había abundancia de vello en esa región, se retiró con navajilla y siempre se aplicó aceite vegetal sobre el área de trabajo.



Figura 3. Medición de ultrasonografía con el equipo ALOKA (Mod. SSD-500), en el corral ganadero de la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega Florencia, octubre de 2017.

3.2 Cosecha de los búfalos (*B. bubalis*)

Una vez que los animales alcanzaron el peso comercial, se les destinó a mercado para continuar con las evaluaciones correspondientes.

3.2.1 Ubicación y periodo de estudio

La evaluación y caracterización de las canales de los búfalos (*B. bubalis*) se efectuaron en las instalaciones de la Cooperativa Matadero Nacional de Montecillos R.L (Coopemontecillos, R.L.), ubicada en el distrito San Antonio del Tejar, Alajuela (10° 0'10.84" norte; 84°13'43.40" oeste). Las mediciones concernientes a este segmento fueron realizadas el 4 y 5 de diciembre de 2017 durante la cosecha y el deshuese de los animales.

3.2.2 Material de evaluación

Para este apartado, se trabajó con los quince animales expuestos en la sección *Crecimiento de los búfalos (B. bubalis), de materiales y métodos* y sus correspondientes canales.

3.2.3 Variables de respuesta

Las siguientes variables fueron evaluadas en los animales en vida o en sus canales según corresponda.

3.2.3.1 Merma por transporte (%)

El peso vivo ($\pm 0,5$ kg) de los búfalos (*B. bubalis*) fue registrado previo a su salida del corral de la finca ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos. Tras 19 horas de ayuno, los animales fueron pesados en la zona de pre-aturdimiento, empleando una balanza electrónica ($\pm 0,25$ kg). A partir del cociente entre el peso vivos en planta y el peso vivo en finca se obtuvo la merma por transporte, valor reportado porcentualmente.

3.2.3.2 Rendimiento pie/canal (%)

Los animales fueron insensibilizados empleando un perno cautivo penetrante justo en la zona central del hueso frontal del cráneo, trazando líneas imaginarias entre cada ojo y el punto de inserción del cuerno opuesto.

Posteriormente se colgaron de sus extremidades caudales para ser degollados y estimulados mediante una descarga eléctrica de 120 V. / 0,25 A. por 20 s. Una vez retirado el cuero, la cabeza, extremidades y vísceras del cuerpo, el peso de la canal caliente se registró mediante una balanza electrónica ($\pm 0,25$ kg) ubicada en la línea de cosecha de la planta. El rendimiento pie/canal (%) se obtuvo a partir del cociente de peso de la canal caliente y el peso vivo en planta de los animales, su resultado se reportó porcentualmente.

3.2.3.3 Cronometría dentaria

La metodología propuesta por Martínez y Fernández (2012), detallada en el Cuadro 1, fue aplicada aun cuando la edad de los animales estuviera registrada, logrando así convalidar y contribuir al acervo de información.

Cuadro 1. Determinación de la edad fisiológica de los animales por cronometría dentaria, a partir del número de dientes permanentes.

Número de dientes permanentes	Edad	Observación
0	Menor de 33 meses	Todos los dientes son de leche
2	33 a 45 meses	Tiene dos dientes permanentes y seis de leche
4	45 a 48 meses	Adulto joven, con cuatro dientes permanentes y cuatro de leche
6	48 a 57 meses	Adulto, con seis dientes permanentes y 2 de leche
8	Mayor a 57 meses	Adulto, todos los dientes son permanentes

3.2.3.4 Conformación muscular

Esta evaluación se efectuó empleando la guía propuesta en el sistema de clasificación de canales de la Corporación Ganadera Nacional (CORFOGA 2002), detallada en el Cuadro 2 (anexo Figura A1).

Cuadro 2. Guía descriptiva de la conformación muscular según CORFOGA (2002), basado en el estado de los cuartos traseros y costillar principalmente.

Tipo de músculo (Grado)	Caracterización de la canal
1	Presenta un perfil convexo - rectilíneo con amplitud en ambos cuartos. La región del lomo es prominente
2	Presenta un perfil rectilíneo con amplitud en ambos cuartos. La región del lomo y el costillar parecen "llenos"
3	Presenta un perfil cóncavo, escaza amplitud y costillar marcado. Canales descarnadas
4	Presenta un perfil cóncavo - ultracóncavo. Canales descarnadas y angulosas, típico de vacas lecheras

3.2.3.5 Grasa de cobertura

A partir de la guía propuesta por el sistema de clasificación de canales de la Corporación Ganadera Nacional (CORFOGA 2002), se evaluó el grado y color de la grasa de cobertura de la canal (anexos Figura A2 y Figura A3), considerando los criterios expuestos en el Cuadros 3 y 4, respectivamente.

Cuadro 3. Clasificación del grado de cobertura graso de la canal bufalina, considerando su distribución y espesor, según CORFOGA (2002).

Tipo de cobertura	Caracterización en la canal
1	Sin presencia de grasa, o presencia de una ligera capa muy delgada
2	Parcialmente distribuida en la canal, el grosor no excede en 1 cm
3	Ampliamente distribuida en toda la canal, el grosor excede en más de 1 cm

Cuadro 4. Clasificación del color de la grasa de cobertura de la canal bufalina en tres niveles que comprenden de rosado claro hacia amarillo intenso según CORFOGA (2002).

Color de grasa	Caracterización
1	Grasa de color blanca a rosada
2	Grasa de color crema a amarilla
3	Grasa de color amarillo intenso

3.2.3.6 pH-24 h y temperatura de la canal

Transcurridas 24 horas *post mortem*, se evaluó el pH y la temperatura interna (°C) del músculo *Longissimus dorsi lumborum* con el instrumento Hanna Instruments HI 99163N Meat pH Meter sobre la región comprendida entre la cuarta y quinta vértebra lumbar de media canal.

3.2.3.7 Dimensiones de la canal

Transcurridas 24 horas del sacrificio de los animales y alcanzada una temperatura inferior a los 7 °C en el interior del músculo *Longissimus dorsi*

lumborum se midió la longitud de la canal (cm) y el perímetro del cuarto trasero (cm), que comprenden: la extensión desde el extremo caudal del isquion hasta el extremo craneal del esternón y la medida máxima de la extremidad, respectivamente; ambas empleando una cinta métrica ($\pm 0,5$ mm).

3.2.3.8 Área del ojo del lomo (AOL)

Previo al deshuese, cuando se habían superado las 24 horas *post mortem* y además la temperatura interna del músculo *Longissimus dorsi lumborum* era inferior a los 7 °C, se realizó un corte transversal entre la doceava y treceava costilla, obteniendo la exposición del músculo *Longissimus dorsi lumborum*, sobre el cual se colocó una plantilla transparente cuadrículada (USDA 2007), y se contabilizaron todos aquellos cuadros contenidos dentro del músculo en cuestión (Figura 4). El resultado alcanzado se multiplicó por 0,64 para obtener su área (cm²).

3.2.3.9 Espesor de la grasa dorsal en la canal

Tras la evaluación del área del ojo del lomo, se procedió a medir el espesor de la grasa de cobertura (mm) sobre el corte efectuado (Figura 4), mediante una regla especial graduada en pulgadas ($\pm 0,05$ pulgadas). Posteriormente, para su expresión, se efectuó la correspondiente conversión a milímetros.

3.2.3.10 Colorimetría del lomo

El color del músculo *Longissimus dorsi lumborum* se evaluó transcurridas 24 horas *post mortem*, utilizando el espectrofotómetro HunterLab MiniScan EZ 45/0, en la misma zona indicada para la evaluación de AOL y espesor de la grasa dorsal. Este equipo se calibró inicialmente, según las especificaciones del fabricante, con el objetivo de permitir la reacción de la mioglobina con el oxígeno del ambiente (Bloom time). Se aseguraron diez minutos entre el corte del músculo y su medición; finalmente se realizaron dos lecturas sobre la zona y se promedió el resultado (Figura 4).

El espectro-fotómetro proporciona tres valores L^* , a^* y b^* ; donde L^* representa brillo (L^* : 0 = carnes oscuras y L^* : 100 = carnes claras (blancas)), a^* indica la relación rojo/verde (valores negativos de a^* = verde y valores positivos de a^* = rojo), mientras b^* representa la relación azul/amarillo (valores negativos de b^* = azul y valores positivos de b^* = amarillo).



Figura 4. Evaluaciones sobre el músculo *Longissimus dorsi lumborum* en búfalos. De izquierda a derecha: Medición del Área del Ojo del Lomo, espesor de la grasa dorsal y colorimetría del músculo durante el estudio. Coopemontecillos Alajuela, 4 de diciembre de 2017.

3.2.3.11 Pérdidas por frío de la canal y su composición

Transcurridas 24 horas *post mortem* y las evaluaciones citadas, se registraron los pesos (kg) de las medias canales con y sin rabo, a través de una balanza digital ($\pm 0,25$ Kg) situada en la línea de producción. A partir del cociente del peso de la canal fría entre el de la canal caliente se obtuvo la pérdida por frío de la canal (%).

La composición de la canal se determinó a partir del deshuese y consecutivo pesado, en balanzas digitales ($\pm 0,05$ kg), de los principales tejidos (músculo, grasa y hueso) y cortes sugeridos por Rodríguez (2012) detallados en el anexo Cuadro A3. Consecuentemente la participación (%) para cada uno de ellos respecto la canal se determinó mediante el cociente de su peso y el peso de la media canal fría con rabo.

3.3 Composición química de la carne de búfalo (*B. bubalis*)

Empleando técnicas y equipo especializado se logró ampliar el estudio más allá de aquellas cualidades en la carne perceptibles por los sentidos del hombre.

3.3.1 Ubicación y periodo de estudio

El estudio de la composición fisicoquímica de la carne de búfalo fue efectuado en las instalaciones del Centro Nacional de Alta Tecnología (CENAT), situado en el distrito de Pavas San José, Costa Rica. A partir de la contribución del CENIBiot, fue posible determinar el contenido de colágeno total y porcentaje de humedad en el músculo *Longissimus dorsi lumborum*. Por otro lado, el estudio de perfil lipídico de la carne se efectuó bajo servicio contratado y colaboración del Laboratorio de Química del Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA) de la Universidad de Costa Rica.

Este complemento del estudio se extendió desde el 14 de febrero al 14 de marzo de 2018.

3.3.2 Material de evaluación

Se sustrajo un lomo ancho (*Longissimus dorsi lumborum*) por cada una de diez de las canales expuestas en la sección *Cosecha animal de materiales y métodos*; de estos, a su vez, se tomaron al azar dos submuestras de 50 g de carne por cada uno, las cuales fueron identificadas y empacadas al vacío en bolsas de polietileno, especiales para este fin. Estas bolsas se almacenaron durante catorce y 21 días a 4 °C en una cámara de refrigeración (Thermo Fisher Scientific, modelo REL4504A22) para su maduración en húmedo. Una vez cumplido el periodo de maduración asignado, las muestras fueron almacenadas en un congelador convencional (- 16 °C) hasta su evaluación, momento en que se removieron las muestras del congelador al refrigerador (3 °C) por 24 h para su adecuada descongelación.

La descripción del perfil lipídico se obtuvo valorando los 15 animales iniciales. Para eso se tomaron muestras de aproximadamente 100 g de músculo (*Longissimus dorsi lumborum*) por cada canal, de igual forma empacadas al vacío e identificadas y maduradas hasta los 14 días después de cosecha, momento en que se congeló convencionalmente y se guardó hasta su análisis.

3.3.3 Variables de respuesta

Las siguientes evaluaciones son de tipo analítico, por lo que deben efectuarse con equipo y apoyo técnico competente y ser revalidadas en cada caso.

3.3.3.1 Porcentaje de humedad y materia seca

Se tomaron cerca de diez gramos de carne por cada muestra, evitando su exposición excesiva y consecuente deshidratación en el medio. Fueron seccionadas en trozos de aproximadamente 5x5x5 mm, empleando pinzas quirúrgicas de punta curva, escalpelo y tabla de picar plástica; además se removieron impurezas como grasa y/o tejido conectivo (Figura 5).

Las muestras picadas fueron almacenadas en tubos Falcon de 50 ml, previamente identificados y pesados en una balanza analítica (METTLER TOLEDO AB204-S/FACT). Se recuperó el peso de los tubos Falcon, más el de la muestra contenida, empleando la misma balanza. Asimismo, se utilizó papel aluminio con múltiples perforaciones para sellar las muestras, pero, a su vez, permitir el intercambio gaseoso. Una vez sellados los tubos, se congelaron a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ en un congelador (New Brunswick Scientific - Innova U725) por 24 h. Posteriormente las muestras se liofilizaron empleando el equipo CHAIST GAMMA 1-16 LSC por 24 h (Figura 5).

El material liofilizado se pesó empleando la balanza analítica. La diferencia de peso obtenida con respecto a la muestra inicial se interpretó como la humedad perdida y, por defecto, se obtuvo la materia seca.



Figura 5. Análisis fisicoquímico de la carne. De izquierda a derecha: preparación de la muestra, determinación de peso analítico, liofilización y muestra liofilizada. Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018.

3.3.3.2 Contenido de colágeno total

El contenido de colágeno total en el músculo *Longissimus dorsi lumborum* fue determinado modificando la metodología propuesta por Neuman y Logan (1950), que cuantifica, por medio de espectrofotometría, la cantidad de hidroxiprolina contenida en un hidrolizado, sometiendo la muestra a un medio ácido y temperatura por un tiempo determinado. Para esto, fue necesario establecer una curva estándar para la hidroxiprolina y el protocolo de hidrólisis y análisis de las muestras de carne, los reactivos, materiales y equipos propios de esta evaluación se observan en los anexos Cuadro A4 y Cuadro A5.

a) Curva estándar de hidroxiprolina

La curva estándar de hidroxiprolina fue efectuada para seis concentraciones del aminoácido y, en su totalidad, el proceso se realizó por triplicado para su aprobación.

Procedimiento

Se preparó una solución madre de 5 mg/ml de hidroxiprolina en agua de osmosis, pesando $0,05 \pm 0,0001$ g del aminoácido en un beaker de 10 ml; seguidamente se agregaron aproximadamente 5 ml de agua de osmosis y se agitó hasta su disolución total, empleado un agitador magnético y su pastilla

correspondiente; luego, se trasvasó la disolución resultante a un balón aforado de 10 ml haciendo lavados al beaker hasta aforar el balón (Figura 6).



Figura 6. Preparación de la solución madre de hidroxiprolina. Izq. Pesado del reactivo. Der. Aforo de disolución. Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018.

De la solución madre, se extrajeron las alícuotas necesarias para preparar las concentraciones concernientes a la curva (Cuadro 5), las cuales fueron depositadas en balones de aforo de 10 ml, empleando una punta de micropipeta por cada balón; finalmente se aforó cada uno a uno los balones de aforo con agua de ósmosis.

Cuadro 5. Concentraciones de la curva patrón de la hidroxiprolina y alícuotas de la solución madre (5 mg/ml) necesarias para estas. Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018.

Concentración ($\mu\text{g/ml}$)	Alícuota (μl)
0,00	Blanco
25,00	50,00
50,00	100,00
63,00	126,00
75,00	150,00
90,00	180,00

Preparada las soluciones se procedió a identificar adecuadamente un microvial (2 ml) por cada una de ellas, al cual se le agregaron paulatinamente 37,5 μL de la muestra de hidroxiprolina correspondiente, 37,5 μL de la solución sulfato

de cobre (0,01 M), 37,5 μL de hidróxido de sodio (2,5 M) y 37,5 μL de peróxido de hidrógeno (6%). Una vez listo, se sellaron los microviales con su tapón hermético, se agitaron manualmente por 5 s y se colocaron sobre el calefactor, previamente calentado a 85 $^{\circ}\text{C}$. Asimismo, se monitorearon las muestras hasta que se evidenciase la formación de burbujas producto de la reacción y se retiraron los viales del calefactor, tan pronto como el burbujeo cesó. Seguidamente se adicionaron 150 μL de la solución de ácido sulfúrico (3 M) y 75 μL de 4-dimetilbenzaldehído, nuevamente los microviales fueron sellados y colocados sobre el calefactor a 85 $^{\circ}\text{C}$ por tres minutos. Las muestras resultantes fueron leídas en el espectrofotómetro a 560 nm, empleando la microplaca correspondiente con 100 μL de la muestra por pozo y tres pozos por cada una de ellas (Figura 7).



Figura 7. Izq. Resultados de curva estándar de la hidroxiprolina. Der. Microplaca de lectura en espectrofotómetro. Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018.

El valor promedio de las tres lecturas de cada muestra por microplaca fue recuperado y corregido restando la absorbancia media del blanco (muestra concentración de hidroxiprolina 0 $\mu\text{g}/\text{ml}$) a cada una de ellas. Este valor fue correlacionado como variable dependiente de la concentración de hidroxiprolina empleada. A partir del triplicado del proceso se obtuvo la ecuación de regresión y se estimó el límite de cuantificación y su límite de detección.

b) Hidrólisis de la carne

La concentración del medio ácido y el tiempo de hidrolizado fueron las variables evaluadas para el establecimiento del protocolo de hidrólisis, así mismo fue necesario optimizar la preparación de la muestra y su correspondiente lectura.

Preparación de la muestra

Se tomaron $1,5 \pm 0,00005$ g de carne por muestra, cortados en trozos de aproximadamente 5x5x5 mm empleando escalpelo, pinzas quirúrgicas y tabla plástica de picar, eliminando a su vez impurezas como grasa y/o tejido conectivo y manteniendo la independencia entre muestras. Las muestras, debidamente identificadas y pesadas, fueron almacenadas en erlenmeyers de 25 ml tapados con papel aluminio (Figura 8).



Figura 8. Izq. Herramientas para la preparación de la muestra de carne. Der. Recuperación de peso analítico de las muestras a hidrolizar. Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018.

Hidrolizado de la muestra

Para el establecimiento del protocolo de hidrolizado de las muestras se evaluaron 18 tratamientos resumidos en el Cuadro 6. A cada una de las muestras contenidas en los erlenmeyers se le adicionaron 5 ml del ácido, asignado según tratamiento, y una pastilla magnética para su agitación. Posteriormente se sellaron los erlenmeyers empleando papel aluminio y papel Parafilm, logrando un sello

hermético, y se transfirieron al agitador calefactor isotemp, previamente calentado a 85 °C y configurado a una velocidad de 120 rpm (Figura 9). Las muestras fueron retiradas del calefactor, transcurrido el tiempo correspondiente a su tratamiento, y transferidas a un recipiente con agua saturada en hielo molido para detener la reacción.

Cuadro 6. Tratamientos evaluados durante el establecimiento del protocolo de hidrólisis de las muestras de carne de búfalos. Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018.

T. hidrólisis (horas)	Tratamiento	Concentración ácida (M)
1,00	1	0,75
	2	1,50
	3	3,50
2,00	4	0,75
	5	1,50
	6	3,50
3,00	7	0,75
	8	1,50
	9	3,50
4,00	10	0,75
	11	1,50
	12	3,50
5,00	13	0,75
	14	1,50
	15	3,50
6,00	16	0,75
	17	1,50
	18	3,50

Las muestras hidrolizadas fueron trasvasadas a un balón de aforo de 25 ml, empleando una piseta. Se realizaron tres lavados con agua de osmosis al Erlenmeyer y a la pastilla magnética. Una vez aforados los balones se procedió a agitarlos manualmente por cinco segundos. Posteriormente, los hidrolizados fueron filtrados por gravedad empleado papel filtro Whatman (grado 6) soportado por un embudo y su correspondiente base. Al menos 5 ml del filtrado de la muestra fueron almacenados en viales de 10 ml e identificados inmediatamente (Figura 9). Estas muestras se guardaron en un refrigerador convencional (3 °C – 6 °C) para su análisis al día siguiente.

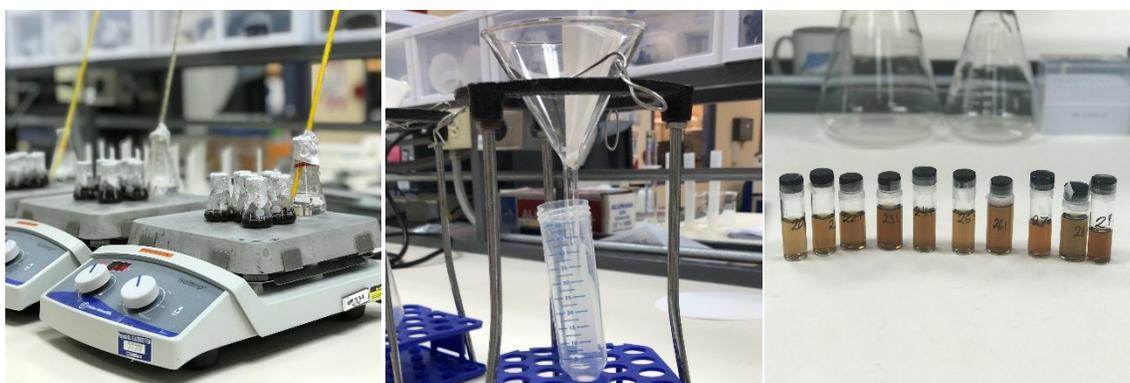


Figura 9. Hidrolización de las muestras de carne de búfalos. De derecha a izquierda: Hidrólisis de la carne, equipo de filtración de hidrolizado preparado, muestras hidrolizadas y filtradas. Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018.

c) Análisis de la muestra

Las muestras por analizar fueron extraídas del refrigerador con media hora de anticipación, permitiéndoles alcanzar la temperatura ambiente. En un microvial de 2 ml, debidamente identificado, se pipetearon 37,5 μ L de la muestra hidrolizada y filtrada; consecutivamente se adicionaron 37,5 μ L de la solución sulfato de cobre (0,01 M), 37,5 μ L de hidróxido de sodio (2,5 M) y 37,5 μ L de peróxido de hidrógeno (6%). Una vez listo, se sellaron los microviales con su tapón hermético, se agitaron manualmente por cinco segundos y se colocaron sobre el calefactor, previamente calentado a 85 °C. Asimismo, se monitorearon las muestras hasta que se evidenciase la formación de burbujas, producto de la reacción y se retiraron

los viales del calefactor, tan pronto como el burbujeo cesó. Seguidamente, se adicionaron 150 μL de la solución de ácido sulfúrico (3 M) y 75 μL de 4-dimetilbenzaldehído; nuevamente los microviales fueron sellados y colocados sobre el calefactor a 85 $^{\circ}\text{C}$, durante tres minutos. Transcurrido el tiempo, las muestras resultantes fueron leídas en el espectrofotómetro a 560 nm, para lo cual se empleó la microplaca correspondiente, pipeteando 100 μL de la muestra por pozo y tres pozos por cada una de ellas (Figura 10).



Figura 10. Izq. Microviales con muestra para espectrofotometría. Der. microplaca de espectrofotometría con muestra. Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018.

El resultado por triplicado, de cada muestra en la microplaca, fue promediado. El valor fue corregido restándole el valor medio del blanco. Con la absorbancia media corregida resultante para cada muestra y la ecuación de la curva estándar de hidroxiprolina obtenida se estimó la concentración de hidroxiprolina, tal como se muestra a continuación.

$$y = 0,003x + 0,0032$$

Donde:

$y = \text{Absorbancia a } 560 \text{ nm}$

$X = \text{Concetración de hidroxiprolina } (\mu\text{g/ml})$

La concentración de hidroxiprolina en la muestra de carne (g de hidroxiprolina/ g de carne) se obtuvo a partir de la ecuación:

$$H_{g/g \text{ de carne}} = x_{\mu g/ml} * V_1 * V_2 * 1 * 10^{-6}$$

Donde:

$H_{g/g \text{ de carne}}$ = Concentración de hidroxiprolina $g/g \text{ de carne}$

X = Concentración de hidroxiprolina ($\mu g/ml$)

V_1 = Volumen de ácido (ml)

V_2 = Concentración de hidroxiprolina ($\mu g/ml$)

A partir de la concentración de hidroxiprolina en la muestra inicial de carne y empleando 8 como factor de conversión, se obtuvo la cantidad de colágeno total, la cual se expresó porcentualmente.

$$CT_{(\%)} = H_{g/g \text{ de carne}} * 8 * 100$$

Donde:

$CT_{(\%)}$ = Contenido de colágeno total (%)

$H_{g/g \text{ de carne}}$ = Concentración de hidroxiprolina $g/g \text{ de carne}$

3.3.3.3 Perfil lipídico

El análisis del perfil de ácidos grasos fue elaborado en el Laboratorio de Química del CINA, UCR. Se empleó como referencia el método AOAC 920,39 para la valoración del extracto etéreo y la metodología de Misir et al. J Chromatogr. 1985 331:141-8 para el perfil de ácidos grasos.

3.4 Caracterización física y sensorial de la carne de búfalo

La calidad de la carne fue evaluada a partir de valoraciones objetivas referentes a su terneza y su respuesta a la maduración y de pruebas subjetivas a través del panel sensorial, a los 14 días de maduración en húmedo.

3.4.1 Ubicación y periodo de estudio

Las evaluaciones concernientes a este apartado fueron efectuadas en el Laboratorio Nacional de la Carne del Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible para el Trópico Húmedo (CIDASTH), de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos, ubicada en Santa Clara de Florencia (10°21'38.68" norte; 84°30'26.98" oeste). En una primera fase, las evaluaciones se extendieron del 6 de diciembre de 2017 a 1 de enero de 2018 y, posteriormente, se finalizó con la capacitación de los panelistas y la evaluación de la carne del 16 de abril al 10 de mayo de 2018.

3.4.2 Material de evaluación y tratamientos

Se cortaron seis bistecs de cada lomo ancho (*Longissimus dorsi lumborum*) de los diez recuperados al azar el 5 de diciembre de 2017 en la planta de cosecha, implementando la metodología establecida por AMSA (1995), que emplea una guía con un ancho de corte de una pulgada, obteniendo con ello bistecs de 250 g promedio. Además, se extrajeron cinco trozos de carne de aproximadamente 50 g por animal, para las evaluaciones en específico del índice de desfragmentación miofibrilar y longitud de sarcómero. Las muestras fueron empacados al vacío en bolsas de polietileno para tal fin, la identificación de los empaques dio lugar a la asignación de los tratamientos, a saber, cinco periodos de maduración en húmedo: 2, 7, 14, 21 y 28 días después de la cosecha (Figura 11).

El material de evaluación fue almacenado a 4 °C en una cámara de refrigeración (Thermo Fisher Scientific, modelo REL4504A22) hasta cumplir su periodo de maduración según asignación de tratamientos. La integridad del

empaquete y temperatura de la cámara de refrigeración se monitoreó constantemente.



Figura 11. Preparación de las muestras y asignación de tratamientos. De izquierda a derecha: Lomos (*Longissimus dorsi lumborum*) enteros, corte de bistecs y asignación de tratamientos, almacenado en cámara de maduración en húmedo. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. 6 de diciembre 2017.

3.4.3 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), el animal fue el factor de bloqueo. De cada muestra de lomo ancho de cada uno de los 10 animales, se obtuvieron 5 submuestras que fueron asignadas aleatoriamente a cada uno de los tratamientos a saber: 2, 7, 14, 21 y 28 días de maduración. Así, cada submuestra se constituyó en la unidad experimental.

Modelo estadístico empleado:

$$\gamma_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

γ_{ij} = Variable de respuesta de los tratamientos

μ = Media general

τ_i = Efecto del i-ésimo periodo de maduración

β_j = Efecto del j-ésimo animal

ε_{ij} = Error experimental de la j-ésima repetición y del i-ésimo tratamiento

3.4.4 Variables de respuesta

Las evaluaciones pertinentes a este apartado fueron realizadas transcurrido el tiempo de maduración correspondiente a cada tratamiento.

3.4.4.1 Pérdidas por goteo

Transcurrido el tiempo de maduración de cada tratamiento, los bistecs empacados al vacío se extrajeron de la cámara de refrigeración. Con un cuchillo, se cortó bajo la línea del sellado térmico del empaque, uno a uno. Evitando derrames de fluidos, se extrajeron los bistecs dejándolos en suspensión sobre la bolsa hasta que cesara el goteo. Empleando una balanza digital AND EJ 3000 (± 0.05 g) se obtuvo el peso de los bistecs (Peso fresco bistec) y de la bolsa, más el líquido retenido en ella (Peso húmedo de bolsa), para cada una de las muestras (Figura 12). Posteriormente se lavaron las bolsas y se dejaron secar para obtener su peso en seco (Peso seco de la bolsa).



Figura 12. Evaluación de pérdidas de rendimiento cárnico por goteo en búfalos. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017.

La diferencia entre el peso húmedo de la bolsa y su peso seco se interpretó como la cantidad de líquido perdido por la muestra durante su almacenamiento. Mediante su cociente entre el peso fresco del bistec más el peso del líquido perdido (peso inicial de la muestra) se obtuvo la pérdida por goteo, misma que se expresó porcentualmente.

3.4.4.2 Color

Los bistecs fueron expuestos al ambiente durante 15 minutos, tras su apertura, promoviendo así la oxidación de la mioglobina (cambio químico de deoxymioglobina a oximioglobina). Transcurrido ese tiempo, se empleó el espectrofotómetro HunterLab MiniScan EZ 45/0 (descrito en la sección de *colorimetría del lomo* en el apartado *cosecha animal de materiales y métodos*) para la valoración del color, realizando dos lecturas por muestra y su consecuente promedio (Figura 13).



Figura 13. Colorimetría de la carne, bistecs de *Longissimus dorsi lumborum* de búfalos. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017.

3.4.4.3 Pérdida por cocción

Los bistecs fueron cocinados según el protocolo establecido por AMSA (1995), que conlleva la inserción de unas termocuplas tipo T en el centro geométrico de los bistecs, logrando monitorear así la temperatura a través de un escáner Barnant (692-0000 Benchtop, Barrington, IL). Para esto, se retiró la grasa

de cobertura lo que facilitó la labor. Una vez acopladas las termocupas, los bistecs se introdujeron en un horno (Vulcan-Hart Co., Louisville, KY), precalentado a 163 °C y no se manipularon sino hasta que alcanzaran los 50 °C, momento en el que se les dio vuelta y se llevaron hasta alcanzar los 71 °C para ser retirados del horno (Figura 14).

Los bistecs fueron pesados trascurrida una hora tras la cocción, empleando la balanza digital AND EJ 3000 ($\pm 0,05$ g). La diferencia entre el peso fresco registrado y el peso cocido de las muestras se interpretó como la cantidad de humedad perdida producto de cocer la carne; a través de su cociente entre el peso fresco se obtuvo pérdida por cocción reportada porcentualmente.



Figura 14. Preparación de los bistecs para cocción. De izquierda a derecha: Retirado de la grasa de cobertura, colocación de la termocupla, cocción en horno. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017

3.4.4.4 Índice de desfragmentación miofibrilar

Esta evaluación fue realizada según la metodología empleada por Kandeepan *et al.* (2009): diez gramos ($\pm 0,05$ g) de muestra, tomados de los trozos de aproximadamente 50 g, fueron cortados en cubos de 5x5x5 mm en promedio y despojados de impurezas como grasa y/o tejido conectivo; en un beaker de 200 ml se le agregaron a cada muestra 50 ml de una solución a base de sacarosa 0,25 M (SIGMA ALDRICH, CAS 57-50-1) y cloruro de potasio 0,02 M (Riedel-de Haën, CAS 7447-40-7) enfriada a 4 °C; se esperó por 5 minutos para homogenizarla

empleando un procesador por 40 s a máxima velocidad; la muestra licuada fue transferida a un tamiz (60 Mesh - 250 μ m) por 40 s para la separación del residuo y filtrado. El residuo retenido fue tomado y colocado en una bandeja para introducirlo en un horno precalentado a 37 °C por 40 m; posteriormente, las muestras se pesaron empleando la balanza AND EJ 3000 (\pm 0,05 g); el índice de desfragmentación miofibrilar se obtuvo a partir de la diferencia de peso entre la muestra fresca ($10 \pm 0,05$ g) y el residuo del licuado y su consecuente cociente entre el peso fresco, expresado porcentualmente (Figura 15).



Figura 15. Evaluación del índice de Desfragmentación Miofibrilar. Izq. Corte de la muestra. Der. Muestras procesadas. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017.

3.4.4.5 Longitud de sarcómero

Esta evaluación fue efectuada modificando la metodología de Kandeepan (2009), que emplea la fijación y trituración de tejidos para su evaluación en microscopio. Para ello, es necesario elaborar dos soluciones fijadoras y una para el licuado de las muestras.

- Solución A: Cloruro de potasio 0,1 M (Riedel-de Haën, CAS 7447-40-7), ácido bórico 0,039 M (SIGMA ALDRICH, CAS 10043-35-3), EDTA 5mM (Fluka Analytical, CAS 60-00-4) y glutaraldehído 2,5 % (SIGMA ALDRICH, CAS 111-30-8).

- Solución B: Cloruro de potasio 0,025 M (Riedel-de Haën, CAS 7447-40-7), ácido bórico 0,039 M (SIGMA ALDRICH, CAS 10043-35-3), EDTA 5mM (Fluka Analytical, CAS 60-00-4) y glutaraldehído 2,5 % (SIGMA ALDRICH, CAS 111-30-8).
- Solución de licuado: Sacarosa 0,25 M (SIGMA ALDRICH, CAS 57-50-1).

Dos gramos de muestra ($\pm 0,05$ g) libres de grasa o tejido conectivo fueron cortados y almacenados en un beaker de 50 ml. A este se le agregaron 15 ml de solución A y se almacenaron en el frigorífico a 4 °C por dos horas. Transcurrido ese lapso, se alternó la solución A por 15 ml de la solución B, donde se mantuvieron las muestras por 24 h siempre bajo refrigeración.

Transcurrido el periodo de fijación, se retiró el fijador B y se agregaron 50 ml de la solución de licuado para procesar las muestras a alta velocidad, por 15 s, en un beaker de 300 ml. El licuado resultante fue transferido a tubos Falcon de 50 ml. Empleando un gotero se tomó una submuestra de este para su análisis en microscopio óptico OLYMPUS BX43 integrado con una cámara y su correspondiente software OLYMPUS DP2-BSW3 (Figura 16).

Mediante el lente objetivo 10 X se hizo un barrido de la muestra con el propósito de seleccionar las fibras musculares uniformes, íntegras y rectas. Por cada una de las muestras se capturaron seis fotografías de distintas fibras empleando el lente de inmersión 100 X. Posteriormente, las imágenes capturadas fueron procesadas con el software correspondiente, que permite evaluar distancias dentro de las imágenes. A partir de este procedimiento, se midió la distancia comprendida entre 10 sarcómeros lineales, capturando al menos cinco medidas por imagen. Las mediciones realizadas en cada captura y, consecuentemente, para las seis capturas por muestra fueron promediadas y se obtuvo la longitud media del sarcómero (μm).

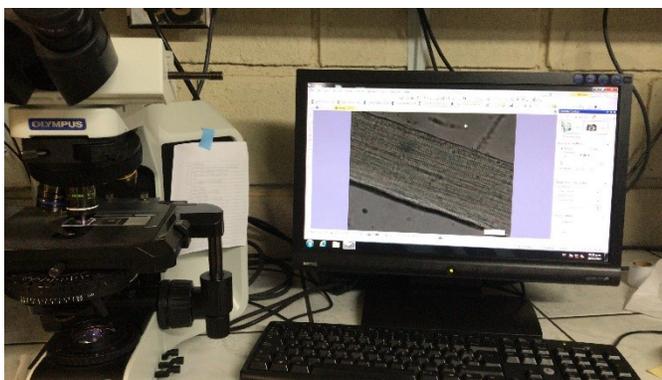


Figura 16. Evaluación de longitud de sarcómero, microscopio óptico y PC con correspondiente Software. Laboratorio de Nematodología, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017.

3.4.4.6 Fuerza de corte

Un bistec por cada animal fue evaluado por cada tratamiento. Su cocción se llevó a cabo según el protocolo establecido por AMSA (1995), descrito en la evaluación de pérdida por cocción, de la sección de *calidad de la carne de materiales y métodos*. Una vez cocidos los bistecs y tras una hora de reposo a temperatura ambiente, se procedió a rebanarles una pequeña sección en uno de sus lados. Así se identificó la dirección de las fibras musculares, lo cual permitió sustraer, de forma paralela a estas, al menos seis cilindros de 1,27 cm de diámetro por bistec (Figura 17), empleando un sacabocado acoplado en un taladro DeWalt (Dw 107). Los cilindros fueron seleccionados eliminando aquellos que mostraban desuniformidad en la fibra o cocción o bien tejido conectivo o grasa.

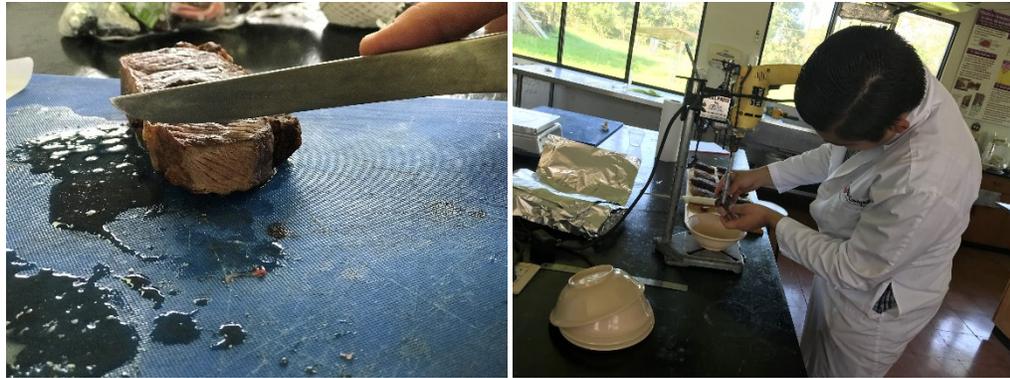


Figura 17. Recuperación de muestras de carne de búfalo para medición de fuerza de corte. Izq. Revisión de la dirección de las fibras de la carne. Der. Extracción de cilindros de carne. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017.

La fuerza de corte fue medida a través de un dinamómetro (NEXTECH DSF 500 N \pm 0,005 Kg) acoplado a un Warner-Bratzler (G-H Manufacturing CO., Manhattan, KS) que emplea una cuchilla en forma de V para cortar los cilindros de carne por la mitad. Estos últimos se colocaron de forma perpendicular con respecto al filo de la cuchilla en V (Figura 18). Los valores obtenidos fueron promediados por muestra.



Figura 18. Evaluación de fuerza de corte mediante Warner-Bratzler Shear Force. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Diciembre 2017.

3.4.4.7 Panel sensorial

La evaluación sensorial de la carne conllevó la capacitación de 12 panelistas. El proceso requirió de tres secciones de selección, práctica y formación de estudiantes de la carrera de ingeniería en agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos, mediante pruebas de triangulación, que consistieron en la preparación de tres muestras, dos de ellas idénticas y la tercera con alguna variación leve, misma que el panelista debían identificar a través de sus sentidos, en especial, para este caso, el gusto. Además, se realizaron evaluaciones previas sobre las variables cualitativas del panel, empleando al menos tres muestras de carne que permitiesen el contraste entre características como terneza en el lomo, lomo ancho y mano de piedra.

Pruebas de concentración de azúcar, empleando soluciones dulces a: acidez, mediante jugo de limón diluido; sabor residual, elaborando tortas de carne con macerado de hígado; jugosidad, estrujando y secando la carne y, finalmente, terneza, empleando lomos de cordero y lomo ancho de res, fueron algunas de las prácticas evaluadas.

La valoración sensorial fue aplicada únicamente sobre muestras del tercer tratamiento (14 días de maduración tras la cosecha). Los bistecs correspondientes fueron cocinados acorde con la metodología establecida por AMSA (1995), detallada en la prueba *Pérdida por cocción de la sección calidad de carne de materiales y métodos*. Una vez finalizada la cocción de las muestras, se retiraron los bordes para introducirlas en una guía de corte que permitió obtener trozos uniformes de media pulgada cúbica. Estos cortes fueron seleccionados descartando aquellos con abundancia de tejido graso o conectivo y empacados en bolsas plásticas herméticas para mantenerlos en baño maría (37 °C) hasta su evaluación (Figura 19).



Figura 19. Preservación de la temperatura de las muestras de panel sensorial. Trozos de media pulgada cúbica, temperatura del baño maría 37 °C. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. 18 de abril de 2018.

La valoración de la carne fue efectuada en dos sesiones, en días distintos, producto de la cantidad de muestras y se evaluaron cinco muestras por día. Cada panelista recibió de forma independiente las muestras de carne debidamente codificadas junto a una tabla de evaluación que contempla como criterios de juzgamiento: dureza, jugosidad, intensidad de sabor, cantidad de tejido conectivo, intensidad del sabor residual y aceptabilidad global. Además se les proveyó de un plato con una porción de manzana, servilletas y agua para neutralizar el paladar, entre cada muestra (Figura 20).

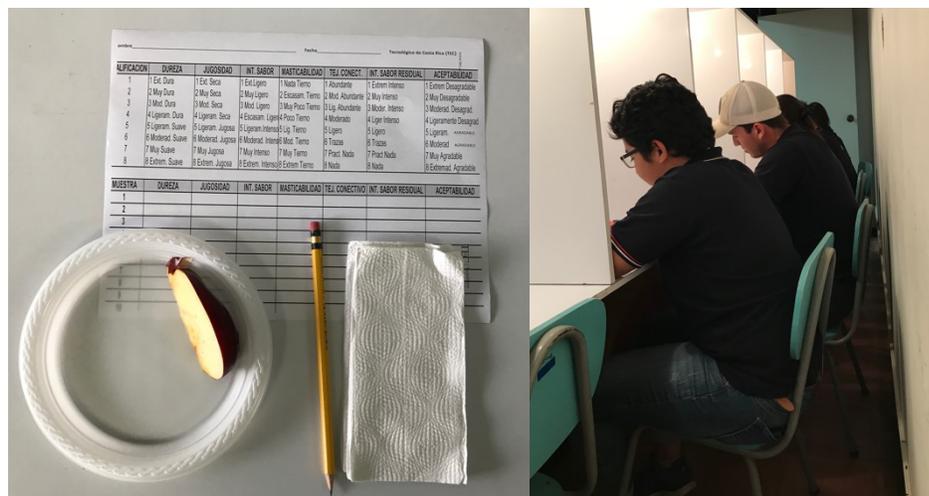


Figura 20. Panel sensorial. Izq. Materiales de evaluación. Der. Panelistas en cubículos de evaluación. Laboratorio Nacional de Carne del CIDASTH,

3.5 Análisis estadístico

Los primeros tres componentes del estudio fueron evaluados mediante estadística descriptiva. Determinando el valor medio, error estándar, coeficiente de variación, mínimos y máximos para cada una de las variables de respuesta implícitas en ellos.

La caracterización física y sensorial de la carne fue evaluada empleando estadística inferencial. Las variables no correspondientes al panel sensorial como: pérdida por goteo, pérdida por cocción, color, índice de desfragmentación miofibrilar, longitud de sarcómero y fuerza de corte fueron analizadas por modelos lineales mixtos y generales (MLMix) para determinar diferencias significativas entre los tratamientos, con apoyo de la prueba de comparación múltiple de Bonferroni y un nivel de significancia de 0,05 se determinó el efecto de los tiempos de maduración sobre las variables de respuesta.

Las variables de respuesta del panel sensorial fueron exploradas, tanto para animales como para panelista, mediante componentes principales. Posteriormente, estas variables fueron analizadas con la técnica de análisis de conglomerados (método WARD, distancia EUCLIDIA) con el propósito de encontrar grupos de panelistas y/o animales que mostraran vectores de medias similares.

Las agrupaciones obtenidas fueron corroboradas con el análisis de varianza multivariado (ANAVAN, Wilks) y la prueba de comparación de Hotelling.

Todos los análisis se efectuaron con el programa estadístico InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018), con un nivel de significancia del 5%.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

El interés creciente por los búfalos en Costa Rica, señalado por Rosales (2011), ha llevado a la elaboración y publicación de nuevos estudios acerca de esta especie y de su comportamiento bajo las condiciones del país; entre ellos el realizado por Arguedas (2017), que trabajó con un hato de once búfalos castrados quirúrgicamente, proveniente del mismo pie de cría que dio origen a los animales empleados en el presente estudio, lo que dota a este trabajo con un parámetro comparativo de fuerte validez al considerar la estrecha relación genética y el hecho de que ambos hatos se criaron bajo semejantes condiciones ambientales y de manejo zootécnico. Además, a diferencia de la principal limitante entre muchos trabajos, el presente trabajo y el elaborado por Arguedas (2017), comparten una metodología de investigación similar.

4.1 Crecimiento de los búfalos (*B. bubalis*)

Los resultados generales del desarrollo y acabado de los búfalos estudiados se aprecian en el Cuadro 7. Estos animales incrementaron, en promedio, 157,07 kg de peso vivo en 196 días de estudio (aproximadamente 6,5 meses), alimentándose de los forrajes y la suplementación diaria descritos en el apartado de Materiales y Métodos.

Posteriormente, en la Figura 21, se evidencia que el crecimiento de los búfalos durante el periodo de evaluación fue lineal ($R^2 = 0,9817$), mientras las ganancias diarias de peso de los animales fluctuaron en el tiempo.

Cuadro 7. Principales descriptores del crecimiento general de los búfalos estudiados durante 196 días en la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de Florencia, San Carlos. Mayo - diciembre 2017.

Variable	Media	E.E	C.V	Mín	Máx
Peso inicial (kg)	256,80	6,86	10,35	201,00	300,00
Peso final (kg)	413,87	7,80	7,30	355,00	455,00
Ganancia de peso (kg)	157,07	2,67	6,59	145,00	178,00
GDP ¹ (kg/animal/día)	0,79	0,01	6,59	0,73	0,90

GDP1 = ganancia diaria de peso

Arguedas (2017) evaluó el crecimiento de su hato desde los trece hasta los 18 meses de edad y determinó una ganancia de peso vivo global de 110, 45 kg, en promedio, por animal. Para este estudio, durante los primeros cinco meses de evaluación del hato bufalino, que comprendieron desde los 9,12 meses hasta los 14,12 meses, cada animal había ganado en promedio más de 120 kg de peso vivo (Figura 21). Esta ventaja puede deberse, hasta donde la información lo permite, a que el hato evaluado por Arguedas (2017) se encontraba próximo a su madurez fisiológica y de acuerdo con Alves y Franzolín (2015), Barrera *et al.* (2015) y Ayala (2018), los búfalos tienden a disminuir su incremento de peso conforme se acercan a los 18 meses de edad, marcando el segundo punto de inflexión en la curva sigmoidea que modela su crecimiento.

Ayala (2018) encontró las mejores ganancias diarias de peso vivo en búfalos durante el periodo de lactancia y los meses posteriores al destete. De forma coherente con lo señalado por el autor, el hato en estudio mostró ganancias diarias mínimas y máximas de peso superiores a las determinadas por Arguedas (2017), cuyo hato estaba más próximo a la madurez fisiológica (0,73 kg/animal/día y 0,90 kg/animal/día frente 0,61 kg/animal/día y 0,81 kg/animal/día, respectivamente). Se puede señalar también que, aunque en ambos estudios la curva de ganancia diaria de peso fue fluctuante, a diferencia de la curva representada en la Figura 21, Arguedas (2017), obtuvo las ganancias de peso

diarias más bajas entre los 17 meses y 18 meses de edad de sus búfalos, dejando claro que el crecimiento estaba cesando con respecto a los meses anteriores.

Por otro lado, los animales del presente estudio obtuvieron el mismo peso comercial (413 kg/animal) que los búfalos desarrollados por Arguedas (2017), con dos meses y medio de anticipación. Es probable que esto se deba a cambios en el manejo zootécnico realizados en la finca para esta especie tras el primer estudio, como por ejemplo la adición de urea (70 g por animal al día) a la suplementación diaria y, como complemento de esta práctica, el suministro de 3,5 veces más de melaza como fuente de energía.

Jorge y Francisco (2010) encuentran que los búfalos tienen muy buena tasa de reciclaje de urea, incluso mejor con respecto a los bovinos. Esto podría explicar por qué la inclusión de urea en la dieta impactó el crecimiento de estos animales con respecto a los desarrollados por Arguedas (2017).

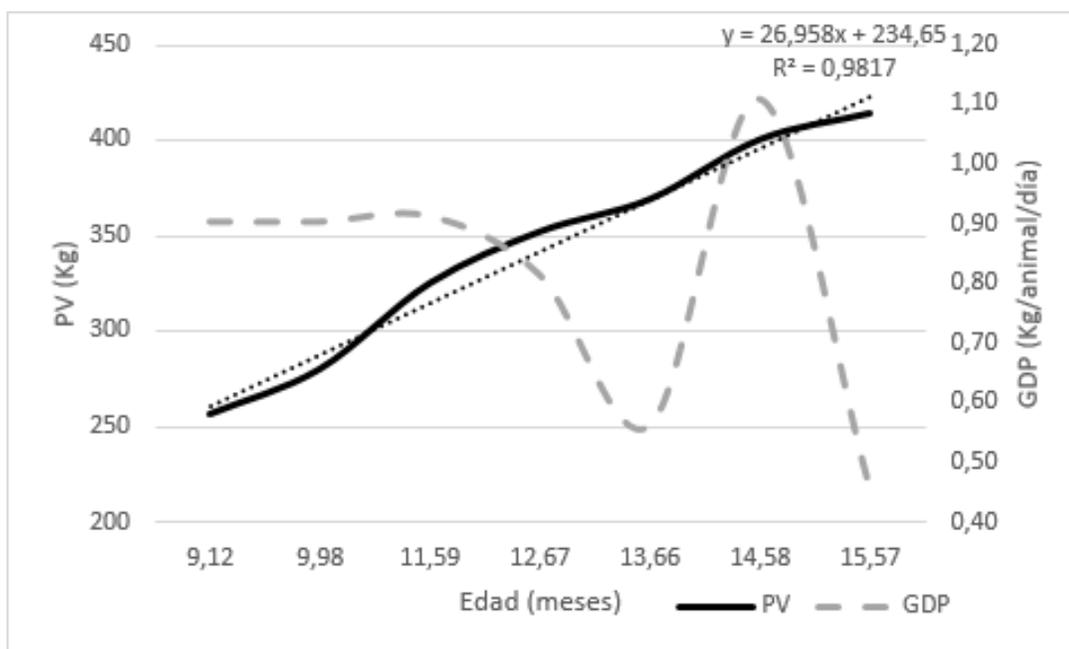


Figura 21. Curva de crecimiento y modelo de la ganancia diaria de peso de los búfalos de agua criados bajo pastoreo rotacional en la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de Florencia, San Carlos. Mayo - diciembre 2017. PV= Peso Vivo en kg, GDP= Ganancia Diaria de Peso en kg.

En este ensayo se determinó un mejor crecimiento de los búfalos en comparación con lo establecido por Rosales (2011) para Costa Rica, quien indica que esta especie podría alcanzar 420 kg de peso vivo a los 24 meses de edad. No obstante, el mismo autor señala que estos rendimientos se han obtenido a partir de animales criados en pasturas de baja calidad y, aunque su descripción es abierta, normalmente esto implica potreros con predominancia de pastos toscos, baja palatabilidad, poca disponibilidad, entre otras características.

De forma contundente, la bibliografía demuestra que la cría de búfalos con algún tipo de suplementación energética y buenos forrajes permite mejor aprovechamiento de la competitividad de esta especie; Holló *et al.* (2013) alcanzaron ganancias de peso diarias superiores a los 0,9 kg en búfalos lactantes y Cifuni *et al.* (2014) obtuvieron ganancias diarias de peso superiores al kilogramo, criando búfalos de 12 meses a 16 meses de edad con ensilajes de maíz y alfalfa. Por su parte, Lambertz *et al.* (2014) y Barrera *et al.* (2015) obtuvieron ganancias diarias de peso inferiores a 0,4 kg, desarrollando búfalos bajo sistemas rotacionales de pastoreo con gramíneas naturales.

Finalmente, Jorge y Francisco (2010) mencionan que aún no se han establecido requerimientos nutricionales para búfalos. Sin embargo, sus estudios los han llevado a determinar que esta especie requiere en promedio una ingesta de materia seca del 2,56% de su peso vivo. Esto podría explicar por qué estos búfalos y los desarrollados por Arguedas (2017), lograron tan buen acabado a una edad temprana. Según lo expuesto en materiales y métodos, cada lote de pastoreo tienen un área aproximada de 0,7 ha, de la cual se puede obtener 1,925 kg/MS (estimado a partir de la oferta más baja); en su mayor demanda de forraje, los 15 animales en estudio requerían de aproximadamente 460,80 Kg de MS por los tres días en promedio que pastaban por aparte (basado en un peso medio de 400 Kg de peso vivo y un consumo de materia seca relativo del 2,56% a su peso), lo que deja claro que la oferta de forraje no fue limitante. Además, los pastos ofrecidos mostraron una digestibilidad media, estimada a partir de fibra ácido detergente de 57% en promedio, clasificándolos de media a baja calidad. Aun así,

los mismos autores señalan que el rumen es capaz de aprovechar estos pastos muy bien, por su elevada cantidad y diversidad de microorganismos en el rumen (bacteriana y protozoarios).

Las evaluaciones de ultrasonografía revelaron un incremento de masa muscular y grasa de cobertura en el músculo *Longissimus dorsi lumborum* en un periodo de dos meses, comprendidos entre los trece meses y medio y los quince meses y medio de edad, momento en que los animales fueron sacrificados (Cuadro 8). Adicionalmente, se estimó la correlación de la lectura del espesor de la grasa de cobertura evaluado mediante ultrasonografía y directamente sobre la canal, el cual resultó en 0,57 (anexo Cuadro A6).

Cuadro 8. Profundidad del músculo *Longissimus dorsi lumborum* y espesor de su grasa de cobertura mediante ultrasonografía en búfalos criados en la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de Florencia, San Carlos. Mayo - diciembre 2017.

Variable	Media (mm)	E.E	C.V	Mín	Máx
PMU ^{1a}	57,73	1,43	9,59	52,73	74,09
EGCU ^{2a}	7,21	0,68	36,60	3,18	11,36
PMU ^{1b}	58,70	1,16	7,68	52,27	66,82
EGCU ^{2b}	8,61	0,53	23,70	5,91	12,73

¹ Profundidad del Músculo por Ultrasonografía

² Espesor Grasa de Cobertura por Ultrasonografía

^a Edad media en meses 13,6

^b Edad media en meses 15,6

De acuerdo con Jorge y Francisco (2011) y Ramírez *et al.* (2012), dada la precocidad de los búfalos para encebar, es necesario implementar técnicas como la ultrasonografía, para determinar el momento oportuno de su cosecha. Canales con poca grasa de cobertura pueden sufrir problemas en el proceso de conversión de músculo a carne, como el acortamiento de fibras por frío, y disminuir su rendimiento a raíz de la deshidratación superficial. Por lo contrario, animales muy engrasados tienen mayor demanda energética diaria y menor capacidad de formación de músculo y sus canales podrían ser castigadas por exceso de grasa.

Ramírez *et al.* (2012) encontró en Colombia que los búfalos criados bajo pastoreo alcanzan una mínima de 6 mm de espesor graso y una máxima de 10 mm a los 27 meses de edad, con un peso medio de 420 kg; valores que consideró oportuno para el sacrificio de estos animales, estableciendo así el momento oportuno de cosecha animal. En este estudio, a los 15,5 meses de vida, los búfalos poseían $8,61 \pm 0,53$ mm de espesor graso sobre el músculo *Longissimus dorsi lumborum*, según la lectura de ultrasonografía y un peso vivo medio de $413,81 \pm 7,80$ kg, considerando en estos datos los valores predichos por Ramírez *et al.* (2012), este ható se encontraba en el momento oportuno para ser faenado.

La correlación entre la evaluación de la grasa de cobertura mediante ultrasonografía y directamente sobre la canal, no resultó tan alta como las obtenidas por Jorge y Francisco (2011), que han obtenido correlaciones entre estas pruebas superiores a 0,9 otorgando una fuerte confianza sobre las lecturas ante *mortem*. Esta diferencia de precisión y confianza pudo ser causada a raíz de la inexperiencia en el uso de este equipo para esta especie, dado que esta fue la primera ocasión.

4.2 Cosecha de los búfalos (*B. bubalis*)

4.2.1 Rendimientos de la canal bufalina

Los rendimientos obtenidos desde la salida de los animales de la finca hasta el pesaje de sus canales refrigeradas se muestran en el Cuadro 9. En este, es posible apreciar como el transporte, desollado, eviscerado de los animales y refrigeración de su carne, conlleva una continua reducción del peso inicial.

Cuadro 9. Rendimientos la cosecha de búfalos criados en la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de Florencia, San Carlos. Edad media al sacrificio 15,5 meses. Coopemontecillos R.L, Alajuela, diciembre 2017.

Variable	Media	E.E	C.V	Mín	Máx
Peso pie finca (kg)	412,33	8,14	7,64	349,00	454,00
Peso pie planta (kg)	388,97	7,44	7,41	333,00	426,00
Merma por transporte (%)	5,65	0,00	11,03	4,58	6,61
Peso canal caliente (kg)	208,10	4,10	7,62	176,50	235,00
Rendimiento pie/canal (%)	53,50	0,00	1,47	52,13	55,16
Peso canal fría (kg)	206,61	4,08	7,64	175,30	233,50
Merma por frío (%)	0,72	0,00	19,68	0,39	0,93

Los rendimientos vinculados a la cosecha de los búfalos de este estudio no difieren en gran medida con los obtenidos por Arguedas (2017), con un peso medio al momento de cosecha semejante, $412,33 \pm 8,14$ kg/animal versus $413 \pm 29,69$ kg/animal respectivamente. Los animales expuestos por Arguedas (2017) tuvieron

una pérdida de peso levemente mayor (6,17% de su peso vivo) a los de este estudio durante el transporte desde la finca hasta la planta de cosecha animal. Sin embargo, este valor es muy sujeto a condiciones como tiempo de transporte, vaciado gastrointestinal, tiempo de espera en planta, entre otros, como para encontrar, con la información disponible, un fenómeno puntual y determinante de esta diferencia (Rodríguez y Wing Ching 2012).

El rendimiento pie/canal, obtenido por Arguedas (2017), fue levemente superior al del presente estudio ($53,66 \pm 0,68$ % frente $53,50 \pm 0,00$). Aunque la diferencia es mínima, era de esperar que animales mayores obtuvieran mejor rendimiento pues, a medida que crecen, la proporción de carne con respecto a la estructura ósea general (cabeza, patas, esqueleto general) aumenta (Jorge *et al.* 2003 y Crudeli y Konrad 2013, Ayala 2018).

El rendimiento pie canal obtenido se considera satisfactorio para esta especie. Algunos estudios han señalado rendimientos inferiores al 50%, lo cual ha llevado a pensar que los búfalos tienen una baja aptitud cárnica. Sin embargo, estos últimos rendimientos se han obtenido al sacrificar animales adultos con mal llenado o acabado de su cuerpo, como por ejemplo el hato de León (2010), en Upala de Costa Rica, quien obtuvo un rendimiento pie/canal medio de $49,45 \pm 0,66$ %, con animales criados en pasturas de baja calidad y cuyos pesos finales a los 22 - 28 meses de edad comprendían entre de 250 kg y 420 kg de peso vivo, o bien Fundora *et al.* (2013), que estimó rendimientos de canal de 45% con animales de 21 meses de edad en promedio y peso vivo final de $284 \pm 41,31$ kg. Ambos autores encuentran que los animales tenían una estructura ósea grande con respecto a su peso vivo.

Finalmente, la merma por frío obtenida se considera satisfactoria (Cuadro 9). Animales con buena cobertura grasa no deberían perder más del 0,84% del peso caliente de su canal (Merlé 2004, Fundora 2013, Lambertz 2014 y Arguedas 2017). Aun así, no se esperaba que fuera superior a la obtenida por Arguedas (2017), quien consiguió 0,47% de merma por frío con canales ligeramente menos

encebadas. De acuerdo con lo expuesto por Peixoto *et al.* (2012), tres milímetros de cobertura bastan para evitar pérdidas excesivas por frío, lo cual sugiere que puede haber otros factores implícitos como ventilación y/u ocupación de las cámaras de frío.

4.2.2 Caracterización cualitativa de la canal

Los búfalos fueron sacrificados a una edad media de 15,5 meses; en su totalidad carecían de dientes permanentes. Su conformación muscular resultó en Grado 2 de forma uniforme para todas las canales; lo que describe cuartos traseros con un perfil rectilíneo y bien amplios, además de tener la zona del costillar y dorso llenas. En cuanto a su tejido graso de cobertura, en la escala de uno a tres para cobertura, se estimó un Grado de $2,4 \pm 0,16$; indicando uniformidad en la distribución y un espesor graso por encima del medio centímetro, mientras su color fue de Grado 1 para todas las canales, lo que refleja un tono que comprende de blanco a rosa.

Los resultados obtenidos en este apartado son bastante consistentes con el estudio de Arguedas (2017) y la bibliografía en general. Se comprobó que la edad de los animales coincide con la cronometría dentaria según Martínez y Fernández (2012), que describen animales con todos los dientes temporales y totalmente erupcionados, de forma que se contribuye al acervo de información.

La conformación de la canal resultó equivalente a la determinada por Arguedas (2017), lo cual confirma la capacidad de lograr búfalos jóvenes con buena conformación cárnica en las condiciones tropicales.

Resulta relevante que, en dos ocasiones, el 100% de los búfalos faenados han proporcionado canales de perfil rectilíneo y contextura general rellena, mientras que Murillo *et al.* (2012) encontraron que el 50% de los bovinos machos faenados en Costa Rica proporcionan canales con grado de desarrollo muscular dos y tres (36% Grado 2 y 14% Grado 3). En la escala de clasificación empleada por Murillo *et al.* (2012) esto implica canales con cuartos traseros de perfil

subcóncavo y cóncavo respectivamente. Pero, más severo aún, el restante 50% mostró canales con Grado 4 o perfil ultracóncavo. Esto revela una fuerte competitividad de los búfalos frente los bovinos.

El grado de cobertura de la grasa superficial y su color se consideran oportunos. El grado de cobertura obtenido fue ligeramente superior en este estudio que en el impartido por Arguedas (2017). Aun cuando el hato en cuestión era ligeramente joven respecto el segundo, esta respuesta era de esperar, puesto que se elevó la cantidad de energía en la suplementación diaria, mediante el incremento de la cantidad de melaza y la adición de maíz molido durante los dos últimos meses de estudio. De forma semejante, Peixoto *et al.* (2012) encuentran diferencias en el grosor de cobertura grasa de búfalos criados bajo sistema de silvopastoril con tres suplementaciones distintas. Coherentemente con los resultados expuestos, la mayor cobertura la obtuvo en la formulación a base palma de aceite, cuyo aporte energético era mayor al del suplemento de maíz, suplemento con el menor grado de cobertura (11,82% frente 3,64% de extracto etéreo en las suplementos y 8,3 mm frente 3,2 mm de espesor de la grasa de cobertura, respectivamente).

De acuerdo con Murillo *et al.* (2012), en Costa Rica, el 67% de las canales de machos bovinos procesadas presentan una cobertura de grasa superficial media de 30% a 60% y tan solo un 7% de las canales están recubiertas en más del 60%. En este estudio, se mostró una cobertura uniforme en la canal con una edad media de 15,5 meses, considerando que el estudio de Murillo *et al.* (2012) contempló animales comprendidos entre los 22 a 32 meses de edad, los búfalos resultan competitivos al encebar a edades más tempranas.

El tono blanco cremoso de la grasa de cobertura obtenido en las canales resulta apropiado para el mercado cárnico. Lo contrario ocurre con tonos amarillos claros y oscuros pues reflejan canales de animales viejos y/o cortes refrigerados por largo tiempo (Merlé *et al.* 2014, Arguedas 2017 y Ekiz *et al.* 2018). Peixoto *et al.* (2012) y Rodrigues (2014) encuentran que los búfalos tienden a depositar

menores cantidades de carotenoides en su grasa, en comparación con lo bovinos, al metabolizarla en vitamina "A" y depositarla de forma intramuscular.

4.2.3 Caracterización cuantitativa de la canal

El Cuadro 10 muestra las dimensiones de los principales descriptores de la canal fría de los búfalos en estudio. Como es de esperar, estos resultados están estrechamente vinculados con la edad de los animales, puesto que, previo a la madurez fisiológica, la estructura ósea crece continuamente, además otros factores como la raza de los animales, su nutrición y las condiciones ambientales de crianza tienen su efecto (Barrera *et al.* 2005, Ayala 2018).

Cuadro 10. Descriptores cuantitativos de la canal fría en búfalos criados en la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de Florencia, San Carlos. Edad media al sacrificio 15,5 meses. Coopemontecillos R.L, Alajuela, diciembre 2017.

Variable	Media	E.E	C.V	Mín	Máx
Longitud de la canal (cm)	137,80	0,97	2,73	133,00	142,00
Perímetro del cuarto trasero (cm)	105,53	0,67	2,45	100,00	109,00
Largo Tendón de Aquiles (cm)	14,52	0,34	9,05	11,00	16,00
Grasa de cobertura (mm)	11,77	0,78	25,62	7,62	16,51
AOL (cm ²) ¹	49,87	0,33	16,42	39,99	67,74
pH _{24h} ²	5,76	0,06	4,21	5,25	5,99
Temperatura interna _{24h} (°C) ²	7,15	0,42	22,66	5,40	10,20

¹Área del Ojo del Lomo. ² pH_{24h} y Temperatura interna_{24h} (°C) a las 24 horas *post mortem*.

Los valores de longitud de la canal y el perímetro del cuarto trasero son ligeramente inferiores a los obtenidos por Arguedas (2017), quien logró 138,27 cm y 107 cm respectivamente. Aún así y con dos meses menos de vida, los animales en cuestión alcanzaron el mismo peso comercial que el hato de Arguedas (2017), esto podría explicarse a partir de un buen acabado muscular y graso. El área del ojo del lomo obtenida en este estudio fue superior (49,87 cm² frente 45,82 cm²), al igual que el espesor de grasa de cobertura, este superó por 8,78 mm al obtenido por Arguedas (2017), reflejando un mejor rendimiento cárnico de la canal (Marlé *et al.* 2011 y Rodrigues 2014).

La adición de urea como fuente de nitrógeno no proteico y el aumento de energía en la suplementación diaria de este ensayo con respecto al dirigido por Arguedas (2010), pueden ser las razones del mejor acabado de los búfalos. Jorge y Francisco (2010) señalan que los búfalos asimilan muy bien la adición de urea en la dieta a partir de su alta tasa de reciclaje de este componente y por la diversidad y abundancia de su flora microbiana ruminal.

Lambertz *et al.* (2014) obtuvieron longitudes de la canal ligeramente superiores (143,2 cm en promedio) a las logradas en este estudio; esto con animales de 25 meses de edad en promedio. Lo anterior sugiere que los búfalos de este ensayo se encontraban próximos a alcanzar su tamaño adulto. Por otro lado, Peixoto *et al.* (2012) determinaron, en su hato, áreas del ojo de lomo de 72 cm². Aun cuando estas resultan mucho más competitivas, el autor no señala la edad al sacrificio de los animales, dificultando el contraste de los resultados. Atencio *et al.* (2007) midieron, en animales destetados a los siete meses, castrados y desarrollos bajo pastoreo hasta los 18 meses de vida, longitudes de la canal inferiores a las de este estudio (121,79 ± 6,08 cm); pero, sus áreas del ojo de lomo fueron superiores (56,29 ± 17,58 cm²). Este resultado sugiere que hay probabilidad de obtener mejores rendimientos cárnicos con búfalos, contribuyendo a definir a competitividad o no de los bufalinos frente los bovinos (Merlé *et al.* 2014 y Rodrigues 2014).

El pH de la canal tras 24 horas *post mortem* y su temperatura (Cuadro 10) fueron los adecuados para el proceso de conversión de músculo a carne (Naveena 2011, Holló *et al.* 2013 y Lambertz 2014). Sin embargo, Joele *et al.* (2016) consideran que, tras 24 horas *post mortem*, el pH debería ser 5,4 (inferior al obtenido). Valores por encima de este podrían presentar signos de carnes oscuras firmes y secas (DFD por sus siglas en inglés). Neath *et al.* (2007) y Kandeepan *et al.* (2009) sugieren que la caída de pH de los bufalinos es más paulatina que en bovinos, consiguiéndose valores entre 5,6 y 5,7 a las 24 horas después del sacrificio y lográndose el punto final 5,4 a las 48 horas *post mortem*. En general, en este estudio no se identificaron problemas vinculados a esta anomalía.

4.3 Composición cárnica de la canal

Durante el despiece de las canales, se recuperó el peso de sus principales tejidos y se determinó su aporte sobre el total (%). Es importante rescatar que, por logística de la línea de trabajo, en la planta de cosecha y el mercado de comercialización cárnico, la costilla incluye el hueso que es propio de su corte y, algunos otros cortes, la grasa que los recubre. Esto implica que los datos obtenidos no corresponden a un deshuese total.

El Cuadro 11 muestra que más del 85% de la carne contenida en la canal es comercialmente aprovechable, mientras que menos de 15% de la canal corresponde a remanentes del deshuese con baja o nula utilidad.

Cuadro 11. Aporte de los principales tejidos en la canal y su relación para los búfalos criados en la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de Florencia, San Carlos. Edad media al sacrificio 15,5 meses, estimaciones a partir de la media canal derecha con rabo. Coopemontecillos R.L, Alajuela, diciembre 2017.

Corte	Peso (Kg)	E.E	% Canal	C.V	Mín	Máx
Carne aprovechable ¹	85,96	1,73	83,35	7,81	72,26	97,12
Hueso	14,34	0,40	13,91	10,79	12,15	18,30
Grasa	2,83	0,14	2,74	18,82	2,02	3,64
Relación entre tejidos						
Porción comestible ² /Hueso	6,22	0,13		7,93	5,18	7,12
Carne aprovechable/Hueso	6,02	0,12		7,84	5,01	6,86
Grasa/Hueso	0,20	0,01		16,23	0,16	0,26
Grasa/Carne aprovechable ²	0,03	0,00		12,52	0,03	0,04

¹Carne aprovechable incluye hueso de la costilla

²Porción comestible = carne aprovechable + grasa

La bibliografía establece que el tejido muscular tiene una representatividad media de 60,34% sobre el peso de la canal, mientras los huesos un 25,65% y la grasa un 14.1% (Peixoto *et al.* 2012, Fundora 2013, Holló *et al.* 2013, Cifuni *et al.* 2014, Lambertz *et al.* 2014). Al no excluir, en este estudio, todos los huesos y la grasa de cobertura, el aporte de la carne aprovechable sobre la canal resultó más alto de lo señalado anteriormente. No obstante, para efectos de productividad en el mercado cárnico, esto modela de forma más apropiada la utilidad de la canal.

Contrario a lo que se esperaba, a partir de la superioridad del área del ojo del lomo obtenida en el presente estudio con respecto al obtenido por Arguedas (2017), y su potencial como predictor del rendimiento cárnico (Marlé *et al.* 2011 y Rodrigues 2014), la porción carne comestible/hueso fue mayor para el hato evaluado por Arguedas (2017), la diferencia expresada es leve (6,22 kg frente 6,25 kg) y posiblemente así mismo lo era para la variable AOL como para marcar una conducta.

De forma análoga, las demás relaciones de tejidos son levemente inferiores para el presente estudio. Aun así, la similitud de los resultados valida la información hasta el momento generada. Por otro lado, es de esperarse que animales mayores logren mejores rendimientos de carne, al tener un mayor acabado muscular en relación con su estructura ósea (Jorge *et al.* 2003), lo cual se evidenció en la medida del perímetro de cuarto trasero, que resultó mayor en el ensayo de Arguedas (2017).

El análisis del deshuese ubicó los cuartos traseros y delanteros como los responsables de más del 45% del peso total de la canal fría (Cuadro 12). Además, como era de esperar, el cuarto delantero tiene menor participación que el trasero, la importancia de este dato radica en que en este último se encuentran cortes de alto valor comercial (Peixoto *et al.* 2012 y Rodrigues 2014).

En general, los resultados son consistentes con los obtenidos durante el deshuese de Arguedas (2017), una porción considerable de carne (19,68% relativo al peso de la canal), pierde significativamente su valor comercial como resultado

de los recortes que surgen durante el deshuese. También, se perdió 1,44 % más en sebo con respecto al deshuese de Arguedas (2017), lo cual conlleva cuestionar más el punto adecuado de acabado graso para cosechar los animales (Merlé *et al.* 2004).

Cuadro 12. Composición de la canal por sus principales cortes y subproductos de los búfalos criados en la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de Florencia, San Carlos. Edad media al sacrificio 15,5 meses. Coopemontecillos R.L, Alajuela, diciembre 2017.

Corte	Peso (Kg)	% Canal	E.E	C.V	Mín	Máx
Cuarto trasero	25,37	24,58	0,39	6,01	22,52	28,66
Cuarto delantero	22,06	21,37	0,45	7,84	18,86	24,64
BSCH ¹	19,68	19,07	0,52	10,27	14,96	22,90
Hueso	14,34	13,90	0,40	10,79	12,15	18,30
Costillar	11,25	10,90	0,37	12,59	9,40	13,92
Lomo	7,61	7,37	0,16	8,39	6,52	8,76
Sebo	2,83	2,74	0,14	18,82	2,02	3,64
Pérdidas de proceso	0,07	0,07	0,29	1502,47	0,01	1,62

¹ BSCH = recortes (trimmings) y cortes industriales

El Cuadro 13 refleja el deshuese del cuarto trasero y la participación (%) de cada uno de sus cortes con respecto a su peso total. De forma semejante, cada uno de los cortes obtenidos resultó ligeramente menos pesado que los obtenidos por Arguedas (2017). Estos pesos además, resultan semejantes a los obtenidos en otros estudios, cuando se han alimentado los animales mediante pastoreo rotacional (Merlé *et al.* 2004) o bien Huerta *et al.* (2015), que desarrolló su estudio con animales en pastoreo y con suplementación diaria. Mientras Rodrigues (2014) termina animales de 24 meses y estabulados durante los últimos tres meses de vida con pesos de corte superiores.

Cuadro 13. Participación del cuarto trasero y sus cortes secundarios en la canal de los búfalos criados en la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de Florencia, San Carlos. Edad media al sacrificio 15,5 meses. Coopemontecillos R.L, Alajuela, diciembre 2017.

Corte	Peso (kg)	% Canal	E.E	C.V	Mín	Máx
Cuarto trasero	25,37	24,58	0,39	6,01	22,52	28,66
Posta de cuarto	6,01	5,83	0,10	6,74	5,22	6,56
Solomo	4,63	4,48	0,08	6,99	4,04	5,10
Bolita	4,53	4,38	0,08	6,43	4,06	5,06
Vuelta de lomo	2,99	2,89	0,06	8,03	2,58	3,42
Ratón de campana	1,98	1,92	0,04	8,12	1,74	2,38
Mano de piedra	1,90	1,84	0,04	7,43	1,66	2,18
Punta de solomo	1,32	1,28	0,06	17,85	1,10	2,08
Cacho vuelta de lomo	1,18	1,14	0,04	12,04	0,94	1,38
Rabo	0,84	0,81	0,03	11,73	0,68	1,00

El cuarto delantero mostró una ligera superioridad en representación sobre la canal (21,37% frente 20,87%) a la obtenida por Arguedas (2017), la cual se genera a partir de un aporte superior de no más de medio kilogramo en algunos de los cortes.

Cuadro 14. Participación del cuarto delantero y sus cortes secundarios en la canal de los búfalos criados en la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de Florencia, San Carlos. Edad media al sacrificio 15,5 meses. Coopemontecillos R.L, Alajuela, diciembre 2017.

Corte	Peso (kg)	% Canal	E.E	C.V	Mín	Máx
Cuarto delantero	22,06	21,37	0,45	7,84	18,86	24,64
Pescuezo	7,43	7,20	0,20	10,20	5,90	8,72
Ratón de mano	4,08	3,95	0,12	11,22	3,38	4,80
Pecho	3,35	3,24	0,09	9,96	2,82	3,78
Paleta	2,24	2,17	0,04	7,21	1,88	2,46
Lomo de paleta	2,08	2,02	0,03	6,37	1,88	2,26
Quititeña	1,59	1,54	0,06	15,12	1,16	2,12

Cacho de paleta	1,29	1,25	0,03	8,52	1,16	1,46
-----------------	------	------	------	------	------	------

Cuadro 15. Participación del costillar y sus cortes secundarios en la canal de los búfalos criados en la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de Florencia, San Carlos. Edad media al sacrificio 15,5 meses. Coopemontecillos R.L, Alajuela, diciembre 2017.

Corte	Peso (kg)	% Canal	E.E	C.V	Mín	Máx
Costillar	11,25	10,90	0,37	12,59	9,40	13,92
Costilla + hueso	9,31	9,02	0,34	14,25	7,52	12,20
Diafragma	0,87	0,84	0,06	25,47	0,62	1,58
Cecina	0,67	0,65	0,03	14,64	0,50	0,82
Oreja cecina	0,40	0,39	0,01	12,79	0,32	0,48

El peso del costillar (Cuadros 15) resultó superior al obtenido por Arguedas (2017) y, así mismo, su aporte al peso de la canal (10,90% versus 10,11% respectivamente). Este aumento de peso se reflejó principalmente en la costilla (carne más hueso).

Cuadro 16. Participación del lomo y sus cortes secundarios en la canal de los búfalos criados en la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de Florencia, San Carlos. Edad media al sacrificio 15,5 meses. Coopemontecillos R.L, Alajuela, diciembre 2017.

Corte	Peso (kg)	% Canal	E.E	C.V	Mín	Máx
Lomo	7,61	7,37%	0,16	8,39	6,52	8,76
Lomo ancho	3,34	3,23%	0,08	9,15	2,98	4,02
Delmónico ¹	2,64	2,56%	0,08	11,22	2,10	3,04
Lomito	1,63	1,58%	0,04	9,35	1,38	1,94

¹ Delmónico = Cola de lomo + Lomo de aguja

El lomo, por su parte, resultó significativamente inferior en peso y aporte a la totalidad de la canal (7,61 kg frente 8,11 kg y 7,37% frente 7,84%) en comparación con valor obtenido por Arguedas (2017), lo cual no era de esperar al haber alcanzado una mayor área de ojo del lomo. Este resultado parece estar influenciado por la relación entre sus cortes derivados, dado que el lomo ancho,

propiamente donde se realiza la evaluación del área del ojo de lomo, sí es superior en peso, por 0,63 kg, al obtenido por Arguedas (2017), lo cual explica la superioridad en área estimada.

Finalmente, el Cuadro 17 recupera los principales cortes de alto interés comercial. Según Rodríguez (2012), estos cortes se caracterizan por su terneza y gusto y, a partir de él, es posible discernir que un 14% de la canal tiene un valor diferenciado, lo cual es consistente según el valor obtenido por el mismo autor en bovinos. Esto implica que los búfalos pueden resultar competitivos frente a la especie bovina.

Cuadro 17. Aporte de los principales cortes de interés comercial de la canal en los búfalos criados en la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de Florencia, San Carlos. Edad media al sacrificio 15,5 meses. Coopemontecillos R.L, Alajuela, diciembre 2017.

Corte	Peso (kg)	%canal	E.E	C.V	Mín	Máy
Lomo ancho	3,34	3,24	0,08	9,15	2,98	4,02
Vuelta de lomo	2,99	2,89	0,06	8,03	2,58	3,42
Delmónico	2,64	2,56	0,08	11,22	2,10	3,04
Lomo de paleta	2,08	2,02	0,03	6,37	1,88	2,26
Lomito	1,63	1,58	0,04	9,35	1,38	1,94
Punta de solomo	1,32	1,28	0,06	17,85	1,10	2,08
Total	14,00	13,58	---	---	12,02	16,76

4.4 Composición física y química de la carne

4.4.1 Humedad (%)

El contenido de humedad de la carne del músculo *Longissimus dorsi lumborum* resultó congruente con los valores obtenidos por Francisco *et al.* (2007), quienes encontraron valores comprendidos entre 71% y 72,02% y ligeramente inferiores a los establecidos por Kandeepan *et al.* (2009) y Joele *et al.* (2016) cuyas lecturas van desde el 73% al 75% de humedad (Cuadro 18). De cualquier forma, la humedad contenida en este músculo resulta inferior en esta especie animal en comparación con la bovina, cuyos valores pueden encontrarse por arriba del 74%. Esto implica que el contenido de materia seca de la carne de los búfalos es superior, reflejando un valor nutritivo más alto a través de mejor contenido de proteínas, grasas y/o cenizas (minerales), contraproducentemente esto podría afectar la jugosidad de la carne (Naveena y Kiran 2014 y Rodrigues 2014).

Cuadro 18. Colágeno total (%) en base húmeda y seca y contenido humedad (%) del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de búfalos criados en la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de Florencia, San Carlos. Edad media al sacrificio 15,5 meses. CENIBiot (CENAT), San José. Febrero – marzo 2018.

Variable	Media (%)	E.E	C.V	Mín	Máx
CTBF ¹ 14 ddc ³	1,18	0,06	14,05	0,87	1,39
CTBF ¹ 21 ddc ³	1,14	0,04	11,70	0,96	1,37
CTBS ² 14 ddc ³	1,69	0,08	14,45	1,40	2,06
Humedad 14 ddc ³	71,68	0,27	1,13	69,89	72,65
Humedad 21 ddc ³	72,10	0,18	0,76	71,12	73,14

CTBF¹ = Colágeno total en base fresca.

CTBS² = Colágeno total en base seca.

ddc³ = días después de cosecha.

4.4.2 Colágeno total

A partir de la liofilización fue posible establecer el contenido de humedad (%) de la carne y proseguir con la determinación de colágeno total en base seca (Cuadro 18), debido a que esta técnica de deshidratación no interviene con la naturaleza del colágeno. Aun cuando esta técnica de evaluación reduce el ruido generado por la humedad en el resultado final, es poco empleada por su dificultad de medición, siendo más común las valoraciones en base húmeda.

Como era de esperar, la maduración de la carne no marcó un efecto significativo en su contenido de colágeno total (anexo Cuadro A7). Aun cuando en el Cuadro 18 se refleja una tendencia a reducir la concentración con el tiempo, la diferencia de valores no es significativa (p valor $> 0,05$). De acuerdo con Lawries (2007), esto se debe a que el proceso de proteólisis que da paso a la maduración de la carne ocurre sobre las proteínas estructurales del sarcómero (actina y miosina principalmente) y no sobre el colágeno como proteína estructural del tejido conectivo.

El contenido de colágeno total en el músculo *Longissimus dorsi lumborum* (Cuadro 18), resultó superior, según lo esperado por Kandeepan *et al.* (2009), para animales jóvenes, pues obtuvo una concentración de 0,85% de este componente en animales de 18 meses de edad y valores superiores (1,54% a 1,85%) para animales viejos. Por su parte, Naveena y Kiran (2014), consideran un rango comprendido entre 0,91% a 1,71% de colágeno total apropiado para animales jóvenes y valores por arriba de este rango hasta 2,23% en animales viejos. Lambertz *et al.* (2014) encontraron lecturas de colágeno iguales a las de este estudio en búfalos bajo pastoreo rotacional y con una edad media de 25 meses, al sacrificio.

La bibliografía es consistente en que el contenido de colágeno total en la carne aumenta conforme envejece el animal y, así mismo, su fracción soluble. Aun cuando los autores Kandeepan *et al.* (2009), Lambertz *et al.* (2014) y Naveena y

Kiran (2014) difieren en el valor esperado de colágeno total según la edad, son concluyentes en la importancia de evaluar la porción soluble de colágeno dentro del colágeno total, pues es esta fracción la que tiene mayor correlación con la terneza de la carne, lo que le faculta de mayor importancia en la determinación del momento oportuno de la cosecha animal. En este estudio no fue posible calcular la fracción soluble o en su efecto insoluble del colágeno en carne.

Finalmente, los resultados obtenidos por Naveena y Kiran (2014) y Rodrigues (2014), sugieren que el grupo racial del animal tiene efecto sobre el contenido de colágeno total. Mientras los primeros autores encuentran valores de colágeno superiores en búfalos (sin especificar raza) en comparación con bovino Angus, Rodrigues (2014), determinó valores más bajos en búfalos al compararlos con bovinos de la raza Nelore.

4.4.3 Composición lipídica

El estudio de la composición lipídica del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de los búfalos reveló un mayor contenido de ácidos grasos saturados en relación con los insaturados, en estos últimos son los monoinsaturados los que predominan (Cuadro 19, anexo Cuadro A8).

Cuadro 19. Composición lipídica del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de los búfalos criados en la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de Florencia, San Carlos. Edad media al sacrificio 15,5 meses. Laboratorio CINA (UCR), San José, 2018.

Ácidos grasos (%)	Media	E.E	C.V	Mín	Máx
Saturados (SFA)	59,19	1,37	8,96	51,85	69,59
Monoinsaturados (MUFA)	34,56	1,90	21,31	17,12	42,31
Poliinsaturados (PUFA)	1,52	0,25	46,73	0,65	2,83
Otros	5,43	0,79	56,15	2,37	13,28
Insaturados/saturados	0,61	0,04	26,24	0,25	0,82
Poliinsaturados/saturados	0,02	0,00	42,03	0,01	0,04

Los resultados obtenidos confirman los valores determinados por Arguedas (2017). Sin embargo, ambos estudios han demostrado una deficiencia en el aporte de ácidos grasos insaturados en comparación con los valores encontrados en la bibliografía, principalmente reflejado en la carencia de ácidos grasos poliinsaturados (Cifuni *et al.* 2013, Naveena y Kiran 2014, Lambertz *et al.* 2014, Rodrigues 2014, Joele *et al.* 2016, Ekiz 2018).

De acuerdo con Cabezas *et al.* (2016), es importante que los alimentos presenten mayor cantidad de ácidos grasos insaturados respecto los saturados, pues estos últimos se han vinculado con problemas de colesterol y enfermedades carcinógenas. En el presente estudio la relación de ácidos grasos insaturados sobre los saturados resultó en 0,61, mientras Arguedas (2017) determinó un valor de 0,60. Ambos resultados, son bajos si se considera que la literatura presenta valores desde 0,92 hasta 1,8 (Cifuni *et al.* 2013, Naveena y Kiran 2014, Rodrigues 2014, Joele *et al.* 2016, Ekiz 2018).

De acuerdo con Lambertz *et al.* (2014), quien obtuvo una relación de 0,69 de los ácidos grasos insaturados sobre los saturados, esta conducta se debe a la incorporación de granos en la dieta de los animales, dado que el rumen por excelencia es un hidrogenador natural de los ácidos grasos insaturados. Pero esto no se refleja en los resultados de Cifuni *et al.* (2013) y Ekiz (2018), quienes incorporaron dietas altas en granos para finalizar sus hatos de estudio y encontraron valores de 1,6 y 1,8 en la relación ácidos grasos insaturados/saturados.

Finalmente, otro factor por considerar es la relación de ácidos grasos poliinsaturados sobre los ácidos grasos saturados, que de acuerdo con Department of Health (1994) y Abedi *et al.* (2016) citados por Arguedas (2017), debe comprender un rango entre 0,45 a 0,65 para que el efecto de los ácidos grasos saturados no sea tan contraproducente para la salud del cuerpo. Aun así,

de los autores mencionados en este apartado, ninguno encontró esta relación bajo este rango, en su totalidad obtuvieron valores inferiores.

4.5 Evaluación de la maduración de la carne

El Cuadro 20 muestra los resultados obtenidos tras madurar la carne, en húmedo, por diferentes periodos de tiempo. Cada una de las pruebas empleadas refleja un comportamiento de forma objetiva de la proteólisis esperada, principal proceso bioquímico responsable de la maduración como práctica para el realce de las cualidades gustativas de la carne.

4.5.1 Pérdidas por goteo (%) y Pérdidas por cocción (%)

Estas pruebas fueron agrupadas porque el proceso bioquímico que las define y sus resultados están estrechamente vinculados. En general, ambas describen el comportamiento del agua contenida en el músculo. La primera durante el proceso de maduración y la segunda durante la cocción de la carne que, en buena medida está definida por el progreso de la primera (Kristensen y Purslow 2000, Huff-Lonergan y Lonergan 2005 y Zeng *et al.* 2017).

Las pérdidas de agua durante la maduración de la carne tendieron a incrementar conforme trascurrieron los días. Sin embargo, los valores no resultaron significativamente diferentes (Cuadro 20, anexo Cuadro A9). Por otro lado, se evidenció una conducta significativa en las pérdidas de humedad durante la cocción de la carne. En las primeras tres evaluaciones las pérdidas incrementaron de forma paulatina y posteriormente disminuyeron (Cuadro 20, anexo Cuadro A10).

De acuerdo con Kristensen y Purslow (2000), Huff-Lonergan y Lonergan (2005) y Zeng *et al.* (2017), la capacidad de retención del agua es el fenómeno que impera en los resultados obtenidos y está influenciado por los eventos ocurridos desde el proceso de conversión de músculo a carne. De acuerdo con estos autores, cuando el *rigor mortis* se está instaurando, la contracción de los

sarcómeros expulsa agua al exterior de las células, sitio donde la retención de esta resulta baja, por lo que inicialmente se reflejan mayores pérdidas de agua durante los primeros días de almacenamiento y/o cocción de la carne. Conforme transcurre el tiempo, enzimas en la carne, como las calpaínas, se encargan de romper la estructura de las proteínas a nivel de las miofibrillas, esto conlleva a un mayor contacto de proteínas y aminoácidos con cargas eléctricas que enlazan con el agua en el medio, finalizando en su mayor retención.

Arguedas (2017), obtuvo un comportamiento bien definido, en su evaluación de pérdidas por cocción de la carne, según lo expuesto por los autores. Donde sus pérdidas de peso iniciaron en un 27,94% y descendieron levemente hasta 22,44%.

Aunque el proceso parece estar bien definido, resulta interesante la tendencia obtenida en este estudio, mientras las pérdidas de humedad en el tiempo aumentaban, producto del almacenamiento de carne, se dio una disminución de pérdida de peso durante la cocción. Por lo que, el control del peso total de la muestra desde un inicio hasta el final podría describir si el efecto de una se vincula a la otra.

4.5.2 Índice de desfragmentación miofibrilar (%)

De acuerdo con Kandeepan *et al.* (2009), Rajagopal y Oommen (2015) y de forma congruente con lo discutido anteriormente, la desfragmentación de las miofibrillas conlleva una modificación estructural que resulta en el ablandamiento del tejido con el tiempo.

Los resultados muestran un incremento en la desfragmentación de fibras musculares conforme pasa el tiempo, habiendo diferencia significativa entre la primera evaluación con respecto a la cuarta y quinta (Cuadro 20, anexo Cuadro A11). Rajagopal y Oommen (2015), obtuvieron la misma tendencia al emplear esta evaluación en búfalos de cuatro a cinco años, midiendo el mismo músculo durante los ocho días consecutivos al sacrificio.

La correlación de esta prueba con la medición de la fuerza de corte a través del dinamómetro resulto significativa (p-valor 6,0E-06) y fuerte a su vez r^2 -0,67 (anexo Cuadro A12), lo cual evidencia una alternativa en la evaluación de la ternera de la carne. Rajagopal y Oommen (2015), determinaron una buena correlación de esta prueba con la apreciación sensorial de la ternera (r^2 -0,61).

Cuadro 20. Evaluaciones de la maduración en húmedo para cinco periodos de la carne del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de los búfalos criados en la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de Florencia, San Carlos. Edad media al sacrificio 15,5 meses. Laboratorio Nacional de Carnes ITCR. Diciembre 2017 – enero 2018.

Variable	Periodo de maduración (días después de cosecha)					p- valor
	2	7	14	21	28	
Perdidas por goteo (%)	---	2,47 ± 0,66	2,78 ± 0,66	2,99 ± 0,85	3,37 ± 1,07	0,2518
Pérdidas por cocción (%)	19,44 ± 2,70 ^d	23,47 ± 2,02 ^{ab}	24,87 ± 2,02 ^a	22,54 ± 1,03 ^{bc}	21,10 ± 2,28 ^{cd}	0,0001
IDM (%) ¹	35,50 ± 9,81 ^b	41,30 ± 7,59 ^{ab}	40,80 ± 5,67 ^{ab}	44,20 ± 6,66 ^a	45,10 ± 4,09 ^a	0,0429
Longitud de sarcómero (µm)	---	1,36 ± 0,25 ^b	1,39 ± 0,22 ^b	1,44 ± 0,22 ^b	1,61 ± 0,07 ^a	0,0012
Fuerza de corte (kg)	9,26 ± 1,12 ^a	8,23 ± 1,48 ^a	8,21 ± 1,38 ^a	5,98 ± 0,91 ^b	6,26 ± 1,04 ^b	0,0001

Medias con una letra en común en sentido horizontal no son estadísticamente diferentes ($p > 0,05$), según prueba de Bonferroni nivel de confianza 0,05.

¹Índice de Desfragmentación Miofibrilar.

4.5.3 Longitud de sarcómero (μm)

La distancia media comprendida entre las bandas Z incrementó levemente con el pasar de los días de maduración de la carne, sin mostrar diferencias significativas entre las primeras tres evaluaciones. No fue sino hasta la cuarta evaluación, cuando la longitud media del sarcómero resultó significativamente superior a las demás (Cuadro 20, anexo Cuadro A13).

De acuerdo con Smulders *et al.* (1990), la carne será percibida como suave si la longitud del sarcómero supera los $1,90 \mu\text{m}$. Desde este punto de vista, con un valor máximo de $1,61 \pm 0,07 \mu\text{m}$ a los 28 días de maduración, la carne de este estudio sería considerada dura. Sin embargo, como se verá más adelante, la apreciación final de los consumidores de la carne, tras catorce días de cosechada es cuanto la terneza resulta aceptable, mientras el tamaño del sarcómero comprendía $1,39 \mu\text{m}$, lo cual es más consistente con los resultados de Naveena y Kiran (2014) y Rodrigues (2014), cuyas evaluaciones sensoriales catalogan las carnes como ligeramente suaves con distancias medias de sarcómero de $1,65 \mu\text{m}$ y $1,49 \mu\text{m}$ respectivamente.

Otros autores, han encontrado valores superiores para animales jóvenes, como en el caso de Kandeepan (2009), que determinó una distancia media entre bandas Z de $1,85 \mu\text{m}$ y valores más cercanos a este estudio $1,56 \mu\text{m}$ en búfalos de más de 10 años, concluyendo que a medida que el búfalo envejece su sarcómero se contrae y resulta en carnes más resistentes al corte o por defecto duras.

4.5.4 Fuerza de corte (Kg)

Las fuerzas de corte (kg) obtenidas entre los tratamientos indican un incremento de la terneza de la carne al transcurrir el tiempo de maduración. Determinando un punto de inflexión a partir de la cuarta evaluación (21 días después de cosecha) donde el valor obtenido resulta significativamente inferior a los primeros tres tratamientos (Cuadro 20, anexo Cuadro A14).

Arguedas (2017), no encontró diferencias significativas entre sus evaluaciones de fuerza de corte, comprendiéndose estas en un rango de 6,69 a los dos días de maduración y 5,85 kg a los 28 días de maduración. Aunque su valor final es inclusive inferior al del presente estudio, este autor considera anómala su evaluación, pues la literatura confirma que el músculo *Longissimus dorsi lumborum* de los búfalos responde positivamente a la maduración (Merlé *et al.* 2004, Neath *et al.* 2007, Peixoto *et al.* 2012).

Arguedas (2017), concluye que el comportamiento obtenido, puede ser atribuido a dos factores; en primera instancia la temperatura interna de las canales descendió abruptamente antes de haberse instalado el *rigor mortis*. Esto podría haber generado el acortamiento de fibras por frío, dificultando que la carne logre valores bajos de fuerza de corte; y por otro lado, frente a limitaciones técnicas, las muestras empleadas en esta evaluación tuvieron que ser congeladas una vez terminado el tratamiento hasta su posible evaluación, con el principal problema que no se contaba con ultracongeladores (-20 °C a -80 °C), lo cual genera daños estructurales producto de la cristalización durante la congelación y tampoco detienen la actividad microbiológica en la carne totalmente.

Estas últimas consideraciones podrían haber influenciado, más que el posible acortamiento por frío de las fibras, el hecho de que los valores iniciales de fuerza de corte obtenidos por Arguedas (2017) sean inferiores a los obtenidos en este u otros estudios según señalaba el mismo autor.

De acuerdo con Sullivan y Calkins (2007), citados por Arguedas (2017), fuerzas de corte mayores a los 4,59 kg reflejan carnes duras. Esto explica por qué la terneza fue una de las variables de respuesta más castigadas en el panel sensorial de este estudio (a desarrollar más adelante), impartido con muestras maduras durante catorce días, momento en el que la lectura de fuerza de corte correspondió a 8,21 kg.

La fuerza de corte medida por Rajagopal y Oommen (2015), a los dos días de maduración, resulta cerca a la obtenida en este estudio (9,81 kg), pero su segunda lectura, a los ocho días, tras el sacrificio, es relativamente inferior, 6,71 kg versus 8,23 a los siete días de maduración. Esto, aunado a que otros autores señalan valores más competitivos e incluso contrastados con bovinos, como Merlé *et al.* (2004), que a los dos días obtiene lecturas de fuerza de corte de 3,45 kg frente a 5,05 kg en bovinos, o bien Neath *et al.* (2007) que inicia la curva de maduración por debajo de los 6 kg a los dos días de maduración y finaliza con valores cercanos a 3 kg a los catorce días de evaluación, mientras que, en bovinos, los valores fueron de superiores a 7 kg y 5 kg respectivamente, deja claro que tanto el hato evaluado por Arguedas (2017), como el presente no son competitivos en esta variable, frente lo reportado en la bibliografía.

4.5.5 Colorimetría del corte

El estudio del espectro L.A.B de la carne del músculo *Longissimus dorsi lumborum* reveló cambios en la tonalidad de esta para los espectros a y b principalmente.

El espectro L (brillo de oscuro a blanco) no muestra diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 21, anexo Cuadro A15). En la primera evaluación directamente sobre la canal (día 1), la carne resulta más oscura en comparación con los demás días. Esto se debe a que los músculos, durante el proceso de conversión de músculo a carne, agotan todo el oxígeno disponible, se tornan púrpuras oscuras mediante reducción de la oximioglobina (Lawries 2007). Aun cuando se realizó el corte y se dio el tiempo de '*bloom time*', es de esperar que este no ocurra con rapidez, al estar dentro de cámaras de frío que reducen la velocidad de reacción y el oxígeno en ambiente.

Posteriormente, el espectro L fue constante entre los periodos de maduración, con valores comprendidos entre el rango de 34 y 39 que, de acuerdo con Joele *et al.* (2016), resulta apropiado para la percepción del cliente y, por otro, Rodrigues (2014) señala que estos valores confirman que la carne bufalina tiende

a ser más oscura que la bovina (valor medio de L 37,59). Estos datos además fueron muy congruentes con los obtenidos por Arguedas (2017).

Por su parte, el espectro A tiende a decrecer al transcurrir los días de evaluación, lo que implica que las carnes se van tornando ligeramente más verdes y, de forma coherente, el espectro B tiende a incrementar con los días, reflejándose en un cambio de tonalidad de azul hacia amarillo (Cuadro 21, anexo Cuadro A15). Esto, según Cifuni *et al.* (2014), ocurre como consecuencia de la degradación estructural de la mioglobina y oxidación de ácidos grasos intramusculares.

De acuerdo con Peixoto *et al.* (2012), el color de la carne es un aspecto crítico en la comercialización, dado que carnes oscuras dan percepción de ser propia de animales viejos o bien mal preservadas. En general de acuerdo con los mismos autores, los valores obtenidos se encuentran dentro de lo esperado. Algunos otros factores no vinculados a este estudio tienen efecto sobre el color final de la carne como la alimentación, raza y edad de los animales (Lawries 2007, Peixoto *et al.* 2012, Cifuni *et al.* 2014).

Cuadro 21. Espectro L.A.B para cinco periodos de maduración en húmedo de carne del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de los búfalos criados en la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de Florencia, San Carlos. Edad media al sacrificio 15,5 meses. Laboratorio Nacional de Carnes ITCR. Diciembre 2017 – enero 2018.

Espectro	Periodo de maduración (días después de cosecha)						p-valor
	1	2	7	14	21	28	
L*	27,6 ± 2,2	33,0 ± 2,3	34,7 ± 3,0	34,1 ± 2,0	34,1 ± 2,0	34,6 ± 1,4	0,4327
a*	14,6 ± 1,8	13,9 ± 1,0 ^b	14,4 ± 1,7 ^b	13,6 ± 1,9 ^b	13,6 ± 1,9 ^b	11,9 ± 1,8 ^a	0,0260
b*	9,8 ± 1,7	10,6 ± 1,2 ^b	11,9 ± 0,7 ^a	11,7 ± 1,4 ^{ab}	11,7 ± 1,4 ^{ab}	11,0 ± 1,1 ^{ab}	0,0423

Medias con una letra común, en sentido horizontal, para los periodos comprendidos entre los dos y veintiocho no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). L* representa el brillo (L*= 0, carne más oscura y L*= 100, carne más blanca), a* representa el color rojo/verde (a* con valores negativos es verde y a* con valores positivos en rojo), b* representa el color azul/amarillo (b* con valores negativos es azul y b* con valores positivos es amarillo)

4.6 Evaluación sensorial de la carne

La evaluación sensorial de la carne de búfalo realizada a los catorce días tras la cosecha de los animales describe la carne como ligeramente suave, con una jugosidad intermedia, sabor levemente fuerte, baja percepción de tejido y de sabor residual escaso. Estas características propician una aceptabilidad global por encima de la media o bien ligeramente agradable (Cuadro 22).

Cuadro 22. Evaluación sensorial de carne del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de los búfalos criados en la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de Florencia, San Carlos. Edad media al sacrificio 15,5 meses. Cortes madurados en húmedo durante 14 días. Laboratorio Nacional de Carnes ITCR, Santa Clara S.C. 10 mayo de 2018.

Variable ¹	Media	E.E.	CV	Mín	Máx
Dureza	4,50	0,17	39,85	1,00	8,00
Jugosidad	4,00	0,13	32,38	1,00	7,00
Intensidad Sabor	5,00	0,13	29,51	2,00	7,00
Masticabilidad	4,50	0,15	35,47	1,00	8,00
T. Conectivo	6,00	0,18	35,90	1,00	8,00
Intensidad de sabor residual	7,00	0,13	21,23	3,00	8,00
Aceptabilidad	5,00	0,13	25,53	2,00	8,00

¹Las características sensoriales se evaluaron en una escala de 1 a 8 para dureza (1= extremadamente dura, 8= extremadamente suave), jugosidad (1= extremadamente seca, 8= extremadamente jugosa), intensidad del sabor (1= extremadamente ligero, 8= extremadamente intenso), cantidad de tejido conectivo (1= abundante, 8= nada), intensidad del sabor residual (1=extremadamente intenso, 8= nada), y aceptabilidad global (1= extremadamente desagradable, 8= extremadamente agradable).

Arguedas (2017) también evaluó la aceptabilidad de la carne a los 14 días de maduración mediante el panel sensorial. En comparación con este estudio, la carne obtuvo una mejor aceptación, en su caso, 5,39 puntos, frente 5 respectivamente. Entre los factores que pudieron llevar a este resultado se encuentra una mejor percepción de la ternura y la jugosidad de las muestras por parte de los panelistas, en comparación con los evaluadores de este estudio.

Aun así, puede considerarse que, en ambos estudios, la carne ha sido percibida como aceptable, de la misma forma que lo expone la literatura, donde las propiedades más rescatadas de esta carne por parte de los consumidores son la jugosidad, el sabor y, en alguna medida, la terneza que ofrece (Rodríguez 2018, Huerta *et al.* 2015 y Joele *et al.* 2016).

La exploración de las variables del panel sensorial indicó que estas son de alto peso y que la variabilidad explicada alcanzó el 74% con los dos primeros componentes principales. El análisis de conglomerados (AC) realizado a los animales y panelistas reveló dos y tres agrupamientos, respectivamente. El análisis de varianza multivariado (ANAVAN, Wilks) y la prueba de comparación de Hotelling determinaron diferencias significativas entre los conglomerados (Cuadro 23 y Cuadro 24 y anexos Cuadro A16, Cuadro A17, Cuadro A18).

Los resultados expuestos en el Cuadro 23, revelan dos conglomerados a partir del análisis de los animales que dieron las muestras empleadas en panel. De estos conglomerados, el dos obtuvo mayor aceptabilidad global en comparación con el uno, atribuido a que reunió cualidades significativamente mejores en suavidad, jugosidad de carne, masticabilidad y menor contenido de tejido conectivo, mientras que en las variables como intensidad de sabor y sabor residual no se encontró diferencia significativa entre conglomerados.

Resulta importante señalar que el conglomerado dos está compuesto por un 40% de la población animal evaluada y consecuentemente el conglomerado uno se forma del restante 60%. Esto implica que el hato de pie de cría, potencialmente, está generando mayor cantidad de animales productores de carnes ligeramente dura, de menor jugosidad y con algunas trazas de colágeno. No obstante, podría ser mejorado seleccionando los progenitores de los animales que conforman el conglomerado dos.

De forma similar, se agruparon las evaluaciones a partir de la percepción de los panelistas (Cuadro 24) y se obtuvieron tres conglomerados: el primero de ellos

comprende el 43% de los panelistas mientras el segundo y tercero se componen equitativamente de un 28,5% de la población evaluadora.

El conglomerado uno y tres (71,5% de los evaluadores), consideran menos aceptable la carne con respecto al conglomerado uno. Incluso el conglomerado tres difiere con el segundo, pues considera la carne significativamente más dura y menos jugosa que los demás. Comercialmente esto es relevante pues, a pesar de que la carne resultó globalmente aceptable, una mayor cantidad de los panelistas se inclina hacia una aceptabilidad leve, juzgando la carne principalmente por su ternura y jugosidad, como se señaló.

Cuadro 23. Análisis de conglomerados según el animal evaluado durante el panel sensorial de la carne del músculo *Longissimus dorsi lumborum* madurado en húmedo por 14 días, proveniente de los búfalos criados en la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de Florencia, San Carlos. Edad media al sacrificio 15,5 meses. Laboratorio Nacional de Carnes ITCR, Santa Clara S.C. 10 de mayo 2018.

Conglomerado	Dureza	Jugosidad	Int. Sabor	Masticabilidad	T. Conectivo	I. Sabor Residual	Aceptabilidad
1	3,89 ± 0,22 ^b	3,82 ± 0,15 ^b	4,58 ± 0,17	4,04 ± 0,2 ^b	4,92 ± 0,25 ^b	6,41 ± 0,17	4,91 ± 0,16 ^b A
2	5,15 ± 0,22 ^a	4,83 ± 0,20 ^a	4,85 ± 0,21	5,13 ± 0,20 ^a	5,88 ± 0,22 ^a	6,51 ± 0,21	5,76 ± 0,19 ^a B

Medias con una letra en común no son estadísticamente diferentes ($p > 0,05$). Las letras en mayúscula representan las diferencias entre conglomerados, las letras en minúscula representan las diferencias de cada una de las variables entre conglomerados.

Cuadro 24. Análisis de conglomerados para los panelistas evaluadores de la carne del músculo *Longissimus dorsi lumborum* madurado en húmedo por 14 días, proveniente de los búfalos criados en la Finca Ganadera del Instituto Tecnológico de Costa Rica, La Vega de Florencia, San Carlos. Edad media al sacrificio 15,5 meses. Laboratorio Nacional de Carnes ITCR, Santa Clara S.C. 10 de mayo 2018.

Conglomerado	Dureza	Jugosidad	Int. Sabor	Masticabilidad	T. Conectivo	I. Sabor Residual	Aceptabilidad
1	4,38 ± 0,21 ^b	3,95 ± 0,15 ^b	4,11 ± 0,18 ^b	4,54 ± 0,19 ^b	5,47 ± 0,17 ^b	6,33 ± 0,19 ^b	4,78 ± 0,16 ^b C
2	5,39 ± 0,24 ^a	5,11 ± 0,19 ^a	5,94 ± 0,13 ^a	5,41 ± 19 ^a	6,6 ± 0,21 ^a	7,21 ± 0,14 ^a	6,23 ± 0,17 ^a B
3	3,02 ± 0,36 ^c	3,52 ± 0,32 ^b	4,08 ± 0,21 ^b	3,02 ± 0,32 ^c	3,14 ± 0,39 ^c	5,62 ± 0,29 ^c	4,82 ± 0,29 ^b A

Medias con una letra en común no son estadísticamente diferentes ($p > 0,05$). Las letras en mayúscula representan las diferencias entre conglomerados, las letras en minúscula representan las diferencias de cada una de las variables entre conglomerados.

5. CONCLUSIONES

- Los búfalos criados bajo pastoreo rotacional, con suplementación energética diaria y bajo condiciones del trópico muestran un crecimiento continuo entre los nueve y catorce meses de edad, reflejado en el incremento del peso vivo, aumento de la masa muscular y deposición grasa del musculo *Longissimus dorsi lumborum*.
- Los rendimientos del faenado de los búfalos como: pie/canal, pérdida por transporte, pérdida por frío, pérdidas durante el deshuese y otros parámetros productivos como el aporte de carne aprovechable y participación de cortes de alto valor comercial son óptimos según valores establecidos en la literatura e industria cárnica.
- El contenido de colágeno total obtenido (1,18%) resulta congruente con los esperado para animales jóvenes. La carne de búfalo muestra un alto contenido de ácidos grasos saturados con respecto a los insaturados y dentro de estos últimos una muy baja participación de los poliinsaturados, reflejando un bajo valor nutricional desde este criterio de evaluación.
- El proceso de maduración en húmedo de la carne del músculo *Longissimus dorsi lumborum*, muestra un incremento de la terneza de esta conforme transcurren los días. Esto se refleja sobre el ablandamiento, relajación y desnaturalización de las fibras musculares. El punto de inflexión de la curva de la terneza de la carne de búfalo se identificó a los 21 días de maduración.
- La carne de búfalo con catorce días de maduración en húmedo resulta aceptable para el público, el agrupamiento de criterios permite determina la terneza, jugosidad y sabor de la carne como las variables más determinantes de la aceptabilidad de esta.

6. RECOMENDACIONES

A partir de la observación, experimentación y análisis de este estudio se recomienda:

Implementar una evaluación directa entre grupos contemporáneos de la especie bovina y bufalina, siendo de principal interés la extensión del periodo de evaluación durante el crecimiento de los animales fortaleciendo así la evaluación de la competitividad de estas especies.

Optimizar la evaluación de las condiciones ambientales y de manejo zootécnico de la especie mediante el estudio de variables climáticas y descripción detallada de la dieta alimenticia.

Implementar deshuese total de las canales, de forma que la información recolectada resulte más compatible con la literatura disponible.

Evaluar el contenido de colágeno en carne con más detalle, considerando sus componentes (colágeno soluble e insoluble).

Ampliar el periodo de maduración en húmedo de la mano con la evolución gustativa de la carne.

7. BIBLIOGRAFIA

- Abedi, AS; Hosseini, H; Mohammadi, A; Abdollahi, Z; Hajifaraji, M; Khaneghah, M. 2016. Fatty Acid (FA) Compositions and trans Content of Frequently Consumed Edible Oils and Fats from Iran' Market. *Current Nutrition & Food Science*. 12: 1-9.
- Almaguer, Y. 2007. El búfalo, una opción en la ganadería. *Revista electrónica de Veterinaria*. 8(8): 1695-7504.
- Alves, T; Franzolin, R. 2015. Growth curve of buffalo grazing on a grass pasture. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 44(9): 321–326.
- AMSA (1995). Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. Chicago, IL: American Meat Science Association.
- Arguedas, K. 2017. Características de la canal, el rendimiento y calidad de la carne de búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) en la Vega de Florencia, San Carlos. Tesis Lic. Alajuela, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Agronomía 115 p.
- Atencio, O; Huerta, N; Rodas, A; Jerez, N. 2007. Predicción del rendimiento en cortes, hueso y grasa en búfalos de agua en Venezuela. *Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB)*, Brasília. 42(12): 1801-1809.
- Ayala, C. 2018. Crecimiento y desarrollo de los mamíferos domésticos. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*. 5:34-42.
- Barboza, G. 2011. Bondades ecológicas del búfalo de agua: camino hacia la certificación. *Tecnología en Marcha*. 24 (5): 82-88.
- Barrera, DC; Pineda, S; Agudelo, DA; Mazo, MJ; Cerón, MF. 2015. Descripción de la curva de crecimiento en búfalos (*Bubalus bubalis*: Artiodactyla, Bovidae)

mediante modelos aditivos mixtos generalizados con suavizaciones. *Livestock Research for Rural Development* 26(8): 1-6.

Cabezas, C; Hernández, B; Vargas, M. 2016. Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial. *Revista de La Facultad de Medicina*. 64(4): 761-768.

Cifuni, G; Contó, M; Amici, A; Failla, S. 2014. Physical and nutritional properties of buffalo meat finished on hay or maize silage-based diets. *Animal Science Journal*. 85: 405–410.

CORFOGA (Corporación ganadera nacional). 2002. Guía fotográfica: sistema de clasificación de canales. San José, CR. 27 p.

Crudeli, G; Konrad, L. 2013. Evaluación del crecimiento en hembras y machos bubalinos en Argentina. *Revista Brasileña Reproducción Animal, Belo Horizonte*. 37 (2): 115-120.

Department of Health. 1994. Report of the Working Group on Diet and Cancer of the Committee on Medical Aspects of Food and Nutrition Policy, Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease. The Stationary Office. London, IG.

Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2018. Grupo InfoStat, FCA. Programa de Computo, versión 24-03-2011. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>.

Dunne, P; Mara, F; Monahan, F; Moloney, A. 2004. Colour of subcutaneous adipose tissue and muscle of Irish beef carcasses destined for the Italian market. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 43: 217-226.

Ekiz, B; Yilmaz, A; Yalcintan, H; Yakan, A; Yilmaz, I; Soysal, I. 2018. Carcass and Meat Quality of Male and Female Water Buffaloes Finished Under an Intensive Production System, *Annals of Animal Science*, 18(2): 557-574.

- FAO. 2014. Carne y productos cárnicos: calidad e inocuidad. (en línea). Consultado el 29 de May de 2019. Disponible en <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/home.html>
- FAO. 2015. Statistical Pocketbook. (en línea). Consultado el 21 de May de 2018. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i4691e.pdf>
- Francisco, CL; Jorge, AM; Athayde, N; Andrighetto, C; Roça, OR; Ramos; AA. 2007. Chemical composition and tenderness of Longissimus dorsi muscle from non-castrated Murrah buffaloes slaughtered at different weights. Italian Journal of Animal Science. 6(2):1163-1166.
- Fundora, O; Torres, V; Medina, J; Sarduy, L; González, M. 2013. Efecto de la castración en el rendimiento y composición de la canal de búfalos de río (Buffalypso) mestizos en la etapa de crecimiento. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 47(4): 355-358.
- Giordano, G; Guarini, P; Ferrari, P; Biondi-Zoccai, G; Schiavone, B; Giordano, A. 2010. Beneficial impact on cardiovascular risk profile of water buffalo meat consumption. European Journal of Clinical Nutrition, 64(9): 1000–1006.
- Holló, G; Barna, B; Nuernberg, K. 2013. Characterisation of carcass composition and meat quality of male suckling buffalo calves kept on natural grassland. Archiv Tierzucht 56 (107): 1060-1065.
- Huerta, N; Rodas, A; Vidal, A; López, J; Colina, O. 2015. Carcass cut-out value and eating quality of longissimus muscle from serially harvested savannah-raised Brahman-influenced cattle and water buffaloes in Venezuela. Animal Production Science. 1-12.
- Huff-Lonergan, E; Lonergan, SM. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. Meat Science. 71: 194-204.

In Toldrá, F. (2017). Lawrie's meat science.

INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). 2015. VI Censo Nacional Agropecuario: Resultados Generales. Instituto Nacional de Estadística y Censos. San José, C.R. 146 p

Joele, M; Lourenço, L; Lourenço, JB; Araújo, G; Budel, J; Garcia, A. 2016. Meat quality of buffaloes finished intraditional or silvopastoral system in the Brazilian Eastern Amazon. Journal Science of Food and Agriculture. 1-6.

Jorge, A; Calixto, M; Andrighetto, C; Millen, D; Gonçalves, J. 2003. Composição física e relação entre os tecidos da carcaça de bubalinos de três grupos genéticos terminados em confinamento e abatidos em diferentes estágios de maturidade. XI Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 1: 1- 15.

Jorge, A; Francisco, CL. 2011. Evaluación de canales y calidad de carne de búfalo. Tecnología en Marcha. 24(5):36-59.

Kandeepan, G; Anjaneyulu, A; Kondaiah N; Mendiratta, S; Lakshmanan, V. 2009. Effect of age and gender on the processing characteristics of buffalo meat. Meat Sci 83(1): 4-10

Kandeepan, G; Mendiratt, S; Shukla, V; Vishnuraj, M. 2013. Processing characteristics of buffalo meat- a review. Journal of Meat Science and Technology. 01-11.

Lambertz, C; Panprasert, P; Holtz, W; Moors, E; Jaturasitha, S; Wicke, M; Gauly, M. 2014. Carcass Characteristics and Meat Quality of Swamp Buffaloes (*Bubalus bubalis*) Fattened at Different Feeding Intensities. Asian Australas. J. Anim. Sci. 27:551-560.

- León, N. 2010. Caracterización físico-química del Lomo (*Longissimus dorsi*) de Búfalos de agua Murrah x Mediterráneo. Tesis Lic. San José, CR: UCR. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Escuela de Zootecnia. 71 p.
- López, JR. 2013. Perspectivas de la crianza del búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) en la Amazonía Ecuatoriana. Revista Amazónica: Ciencia y Tecnología. 2(1):19-29.
- Lorenzen, C; Miller, R; Taylor, J; Neely, T; Tatum, J; Wise, J; Buyck, M; Reagan, J; Savel, W. 2003. Beef Customer Satisfaction: Trained sensory panel ratings and Warner-Bratzler shear force values. American Society of Animal Science. 81: 143 – 149.
- Martínez, E; Fernández, N. 2012. Determinación de edad mediante cambios en piezas dentales en búfalos de Agua (*Bubalus bubalis*) de La Hacienda Guayaquil, Tierra Alta Córdoba. Tesis Lic. Bogotá, CO. Universidad de La Salle, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 88 p.
- Merle, S; Sencleer, J; González, A; Mansutti, D; Huerta, N. 2004. Comparación de machos enteros búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) vs vacunos acebuados en características al sacrificio, de la canal, rendimiento carnicero y palatabilidad del *Longissimus*. Arch. Latinoamericana de Producción Animal ALPA. 12(3): 112-120.
- Mingala, C; Villanueva, M; Cruz, L. Rivers and swamo buffaloes: history, distribution and their characteristics. The Buffalo (*Bubalus bubalis*) - Production and Research. 3-31.
- Misir, R; Laarveld, B; Blair, R. 1985. Evaluation of a rapid method for preparation of fatty acid methyl esters for analysis by gas-liquid chromatography. J Chromatogr. 331: 8-141.
- Murillo, O; Galindo, J; Unruh, J; Arce, C; Blanco, A; Gadea, A; Martínez, B; Rodríguez, R. 2012. Programa Nacional de Clasificación de Canales

Bovinas en Costa Rica. (en línea). Consultado el 21 de May de 2018.
Disponibile en <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/3242>

Naveena, B; Kiran, M; Reddy, K; Ramakrishna, C; Vaithiyanathan, S; Devatkal, S. 2011. Effect of ammonium hydroxide on ultrastructure and tenderness of buffalo meat. *Meat Science*. 88(4): 727–732.

Naveena, B; Mendiratta, S; Anjaneyulu, A. 2004. Tenderization of buffalo meat using plant proteases from *Cucumis trigonus* Roxb (Kachri) and *Zingiber officinale* roscoe (Ginger rhizome). *Meat Science*, 68(3): 363–369.

Naveena, BM; Kiran, M. 2014. Buffalo meat quality, composition, and processing characteristics: Contribution to the global economy and nutritional security. *Animal Frontiers*. 18-24.

Neath, KE; Del Barrio, AN; Lapitan, RM; Herrera, JR; Cruz, LC; Fujihara, T; Muroya, S; Chikuni, K; Hirabayashi, M; Kanai, Y. 2007. Difference in tenderness and pH decline between water buffalo meat and beef during postmortem aging. *Meat Science*. 75: 499-505.

Neuman, R; Logan, M. 1950. The determination of hydroxyproline. *J. Biol. Chem*. 184(1):299-306.

Peixoto, M; Junior, J; Faturi, C; Garcia, A; Nahúm, B; Lourenço, L; Meller, L; Oliveira, K. 2012. Qualidade da carcaça de búfalos (*Bubalus bubalis*) terminados em sistema silvipastoril na Amazônia Oriental, Brasil. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*. 64(4): 1045-1052.

Purslow, P. P. (2017). *New aspects of meat quality: From genes to ethics*. Duxford: Woodhead Publishing, an imprint of Elsevier.

Ramírez, E; Mesa, J; Agudelo, A; Bolívar, D; Cerón, M. 2012. Edad al sacrificio de Búfalos tipo carne en la Costa Norte de Colombia mediante Análisis de Supervivencia. *Biblioteca Digital Lasallista BIDILA*. 1-9.

- Rodrigues, A. 2014. Características qualitativas e quantitativas do músculo Longissimus de Bubalinos e Bovinos terminados em confinamento. Tesis M. Sc. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Campus de Jaboticabal. Jaboticaba, BR. 54 p.
- Rodríguez, J. 2012. Effects of Castration on Carcass Composition, Meat Quality, and Sensory Properties of Beef Produced in a Tropical Climate. Tesis M. Sc. Department of Animal Science and Industry College of Agriculture . Kansas State University. Manhattan, US. 93 p.
- Rodríguez, P; WingChing, R. 2012. PÉRDIDA DE PESO EN BOVINOS *Bos indicus* Y *Bos taurus* DURANTE EL PROCESO DE SUBASTA. AGRONOMÍA MESOAMERICANA 23(2):353-357.
- Rosales, R y Wing Ching, R. 2007. Sistemas de producción bufalinos en Costa Rica. I. Cuantificación de la población y caracterización de los sistemas. Agronomía Costarricense 31(2): 65-69.
- Rosales, R. 2009. El búfalo de agua en Costa Rica. ECAG Informa. 50:14-18.
- Rosales, R. 2011. Situación del búfalo de agua en Costa Rica. Tecnología en Marcha. 24(5):19-24.
- Smulders, F; Marsh, B; Swartz, D; Russell, R; Hoenecke, M. 1990. Beef tenderness and sarcomere length. Meat Science. 28(4):349-63.
- Sullivan, G; Calkins, C. 2007. Ranking Beef Muscles for Warner-Bratzler Shear Force and Trained Sensory Panel Ratings. Nebraska Beef Cattle Reports. Animal Science Department. 94-96.
- Varela, E; Cardona, J. 2014. Evaluación de un método de crianza artificial en bucerros (*Bubalus bubalis*) descendientes de las razas Murrah y Mediterránea, en la Región Huetar Norte de Costa Rica. (en línea).

Consultado el 21 de May de 2018. Disponible en http://proleche.com/recursos/documentos/congreso2014/Trabajo_8.pdf

Warner, R. 2016. Meat: Conversion of Muscle into Meat. Encyclopedia of Food and Health. 3:677–684.

Wheeler, T; Shackelford, S; Koohmaraie, M. 1997. Standardizing Collection and Interpretation of Warner-Blatzler Shear Force and Sensory Tenderness Data. American Meat Science Association 50: 68-77.

8. ANEXOS

Cuadro A 1. Determinación de la disponibilidad de forraje de los lotes de pastoreo para el desarrollo y acabado de búfalos en Finca Ganadera de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, ubicada en La Vega de Florencia, San Carlos. Laboratorio de Análisis Agronómicos Sede San Carlos. Septiembre – octubre 2017.

Id Repasto	Área muestreo m ²	Puntos de muestreo	Altura de corte m	Peso fresco medio (+/- 5 g)	MS ¹ (%)	MS ¹ /ha (t)
T ² -3	0,25	10	0,3	365	24	3,54
T ² -5	0,25	10	0,3	434	26	4,55
T ² -6	0,25	10	0,3	443	23	4,01
Promedio						4,03
B ³ -7	4	5	0,5	4610	29	3,38
B ³ -9	4	5	0,5	3222	26	2,13
Promedio						2,75

MS¹ = Materia Seca estimada por diferencia gravimétrica tras secar por una semana en hornos de 60 °C.

T² = Tanner (*Bhacharia arrecta*).

B³ = *Brachiaria* híbrido.

Notas adicionales:

- Los muestreos fueron realizados con un día de anticipación al ingreso de los animales en los lotes de pastoreo.
- Los puntos de muestreo fueron tomados a lo largo del lote arrojando la cuadrícula al azar.
- La altura de corte fue determinada a partir de la evidencia de la mordida del animal.

Cuadro A 2. Análisis bromatológico de los lotes de pastoreo para el desarrollo y acabado de búfalos en Finca Ganadera de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, ubicada en La Vega de Florencia, San Carlos. Análisis por el Laboratorio Ciruelas Dos Pinos, 19 de diciembre de 2017.

Variable (%)	Brachiaria híbrido	Tanner (<i>B. arrecta</i>)
Cenizas	8,25	8,43
Extracto Etéreo	1,90	1,70
Fibra Ácido Detergente	40,95	41,03
Fibra Neutra Detergente	66,85	66,97
Lignina	5,90	5,20
Proteína	6,60	6,73
Oferta t MS/ha	2,75	4,43

Notas:

- Para el análisis de cada ensayo, se usaron los siguientes métodos:
- Proteína, Fibra Acido D, Fibra Neutra D, Extracto Etéreo, Cenizas y lignina: Método de Espectroscopia Infrarroja Cercana (NIR), usando Infraxact, FOSS.
- Materia seca: Gravimetría, usando horno de convección, 60 °C, 48 horas.
- Proteína cruda: AOAC, 2012: OMA 990.03.Metodo de combustión, Analizador Elementar.
- Fibra acida detergente y Fibra Neutro Detergente: Método Analizador ANKOM.
- Micotoxinas: Método ELISA: Kit Veratox de Neogen.
- pH: pH-mettler Toledo

Cuadro A 3. Cortes provenientes de la canal bovina, nombre común en español e inglés y músculo (s) que le componen. Adaptado de Rodríguez (2012).

Nombre común del corte		Músculos involucrados
Español	Inglés	
Lomito	Tenderloin	<i>Psoas major Psoas minor</i>
Lomo ancho	Strip loin	<i>Longissimus lumbarum</i>
Cola de lomo	Ribeye	<i>Longissimus thoracis</i>
Bolita	Knuckle (Tip)	<i>Vastus lateralis, Vastus medialis, Vastus intermedius, y Rectus femoris</i>
Vuelta de lomo	Top sirloin butt, center-cut	<i>Gluteus medius</i>
Posta de cuarto	Top (Inside) round	<i>Adductor, Gracilus, Pectineus Sratorious, y Semimenbranosus</i>
Solomo	Bottom (Outside) round	<i>Biceps femoris</i>
Punta de solomo	Sirloin cap	<i>Biceps femoris</i>
Cacho de vuelta de lomo	Tri tip	<i>Tensor fasciae latae</i>
Mano de piedra	Eye of round	<i>Semitendinosus</i>
Lomo de aguja	Ribeye cap	<i>Spinalis dorsi</i>
Posta de paleta	Clod	<i>Triceps brachii</i>
Lomo de paleta	Top blade	<i>Infraespinatus</i>
Cacho de paleta	Chuck tender	<i>Supraspinatus</i>
Quititeña	Under blade	<i>Serratus ventralis</i>
Cecina	Flank	<i>Rectus abdominus</i>
Costilla	Back rib, rib fingers	<i>Intercostal</i>
Pecho	Brisket, fla	<i>Deep pectoral</i>
Arrachera	Outside skirt	<i>Diaphragm</i>
Lomo de entraña	Inside skirt	<i>Traversus abdominis</i>
Ossobuco	Shank	

Cuadro A 4. Reactivos necesarios para la valoración de colágeno total (%) en muestras de carne de búfalo. Protocolo modificado de Neuman y Logan (1949). Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018.

Reactivos	Descripción
Agua de osmosis	
Ácido sulfúrico	J.T. Baker, CAS: 7664-93-9
4-(Dimethylamino)benzaldehyde 5%	SIGMA-ALDRICH, CAS: 100-10-7; preparado en alcohol isopropanol (J.T. Baker, CAS: 67-63-0). Preparado diariamente y protegido de la luz.
Hidróxido de sodio 2,5 M	J.T. Baker, CAS: 1310-73-2
Hidroxiprolina	SIGMA-ALDRICH, CAS: 51-35-4
Peróxido de hidrógeno 6%	Fisher Scientific, CAS: 7722-84-1. Protegido de la luz.
Sulfato de cobre pentahidratado 0,01 M	SIGMA-ALDRICH, CAS: 7758-99-8

Cuadro A 5. Equipo y materiales necesarios para la valoración de colágeno total (%) en muestras de carne de búfalo. Protocolo modificado de Neuman y Logan (1949). Laboratorio de CeniBiot, San José. Febrero – marzo 2018.

Equipo/Material	Descripción
Agitador calefactor Isotemp	Fisher Scientific
Balanza analítica	METTLER TOLEDO AB204-S/FACT
Embudo	Vidrio
Espectrofotómetro	SYNERGY H1, BioTek
Balón aforado	10 ml
Micropipetas	100 µl, 200 µl, 1000 µl y 10 ml (Eppendorf Research)
Microplaca de lectura	Capacidad 96 pozos
Papel aluminio	Convencional
Papel filtro	Whatman, grado 6
Papel parafilm	Para laboratorio
Pastilla de agitación	Magnética
Pizas quirúrgicas	
Soporte de embudo	
Termómetro de vidrio	100 °C
Tubos Falcon	50 ml

Cuadro A 6. Prueba de correlación para las variables grasa de cobertura evaluada mediante ultrasonografía un día antes de la cosecha animal y grasa de cobertura evaluada directamente sobre la canal de los búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018).

Coeficientes de correlación

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	Gras Cob	Gr Cob Son
Gras Cob	1,00000	0,03965
Gr Cob Son	0,57537	1,00000

Cuadro A 7. Prueba de Comparación de Medias LSD Fisher para la variable Colágeno total a los 14 y 21 días de maduración en húmedo del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018).

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1076,38	<0,0001
D.MAD	1	0,34	0,5689

COL.T - Medias ajustadas y errores estándares para D.MAD

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

D.MAD Medias E.E.

14	1,18	0,05 A
21	1,14	0,05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro A 8. Perfil lipídico del músculo *Longissimus dorsi lumborum* en búfalos en Finca Ganadera de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, ubicada en La Vega de Florencia, San Carlos. CINA, UCR abril 2018.

Compuesto	Fórmula	Suma relativa de áreas (g/100 g)								
		6474-1	6474-2	6474-3	6474-4	6474-5	6474-6	6474-7	6474-8	6474-9
Ácido Fórmico, 1-metiléster	C ₄ H ₈ O ₂	11,65								
Ácido Pentanoico, 2 metil (Ácido Valérico) Sat	C ₆ H ₁₂ O ₂									
Ácido Undecanoico (Sat)	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	0,36	0,13				1,62			
Ácido 2-metildecanoico (Sat)	C ₁₂ H ₂₄ O ₂		0,33	0,18	0,01				0,02	
Ácido decanoico (cáprico) (Sat)	C ₁₁ H ₂₂ O ₂			0,16	0,03	0,24		0,50	0,03	0,66
Ácido dodecanoico (láurico)	C ₁₂ H ₂₄ O ₂				0,06		0,37	0,12	0,08	0,12
Ácido 2-metildodecanoico (Ácido tridecanoico) Sat	C ₁₃ H ₂₆ O ₂		0,49				2,09			
Ácido 12-metiltridecanoico (Sat)	C ₁₃ H ₂₆ O ₂			2,63	0,21	0,11		0,22	0,21	0,23
Tetradecanoato, metil (Ácido Mirístico)(Sat)	C ₁₃ H ₂₆ O ₂	3,04	2,27	0,37	3,28	2,47	2,36	3,7	3,31	2,86
Ácido pentadecanoico (Sat)	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	0,8	0,84	0,90	0,73	0,95	0,48	1,36	1,29	0,72
Ácido 12-metiltetradecanoico (Sat)	C ₁₄ H ₂₈ O ₂			0,23	0,57			0,59	0,57	0,43
Ácido hexadecanoico (palmítico) Sat	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	25,37	24,23	24,86	24,51	23,76	22,98	24,16	22,94	24,5
Ácido 9-hexadecenoico, (Z-) (Ácido Palmítico) m	C ₁₅ H ₃₀ O ₂		2,14		2,68		1,93	2,62	3,08	
Ácido heptadecanoico (Ac. Margárico) Sat	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	1,48	1,93	2,34	1,86	1,67		2,02	2,50	2,09
Ácido 14-metilhexadecanoico Sat	C ₁₆ H ₃₂ O ₂									
Ácido cis-10-heptadecenoico (monoinsat)	C ₁₆ H ₃₂ O ₂				0,77			0,52	0,11	
Ácido (Z)-9-octadecenoico (oléico) monoinsat	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	34,19	38,74	38,92	13,67	41,85	40,38	32,27	27,75	39,1
Ácido (Z,Z)-9,12-octadecenoico (linoléico) polins	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	0,81			1,72	0,65		0,85	0,43	
Ácido octadecanoico (Ac. Estéarico) Sat	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	15,66	24,42	24,39	38,28	23,47	21,95	27,58	31,9	24,8
Ácido 10-trans,12-cis-octadecadienoico (CLA)	C ₁₇ H ₃₄ O ₂								1,36	
Ácido 9-cis,11-trans-octadecadienoico (CLA)	C ₁₇ H ₃₄ O ₂							0,94		
Suma de ácidos grasos saturados		58,36	54,64	56,06	69,59	52,67	51,85	60,25	62,83	56,41
Suma de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA)		34,19	40,88	38,92	17,12	41,85	42,31	35,41	30,94	39,10
Suma de ácidos grasos polinsaturados (PUFA)		0,81	-	-	-	0,65	-	1,79	1,79	-
Otros		6,63	4,47	5,01	13,28	4,82	5,83	2,54	4,43	4,48

Compuesto	Fórmula	Suma relativa de áreas (g/100 g)			
		6474-12	6474-13	6474-14	6474-15
Ácido 2-metildecanoico (Sat)	C ₁₂ H ₂₄ O ₂		0,01		
Ácido decanoico (cáprico) (Sat)	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	0,04	0,04	0,04	0,39
Ácido dodecanoico (láurico) Sat	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	0,11	0,06	0,15	0,06
Ácido 12-metiltridecanoico (Sat)	C ₁₃ H ₂₆ O ₂	0,21	0,15	0,15	0,18
Tetradecanoato, metil (Ácido Mirístico)(Sat)	C ₁₃ H ₂₆ O ₂	3,4	2,84	2,99	2,39
Ácido pentadecanoico (Sat)	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	1,24	1,07	1,09	1,04
Ácido hexadecanoico (palmítico) Sat	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	23,52	22,42	22,64	21,62
Ácido 9-hexadecenoico, (Z-) (Ácido Palmítico) monoinsat	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	2,6	2,26	2,42	2,15
Ácido heptadecanoico (Ac. Margárico) Sat	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	2,16	2,31	2,56	1,88
Ácido 14-metilhexadecanoico Sat	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	0,67	0,87	0,98	0,77
Ácido cis-10-heptadecenoico (monoinsat)	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	0,41	0,54	0,60	0,5
Ácido octadecanoico (Ac. Estéarico) Sat	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	30,40	36,61	35,24	25,99
Ácido (Z)-9-octadecenoico (oléico) monoinsat	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	30,87	18,8	25,93	35,13
Ácido (Z,Z)-9,12-octadecenoico (linoléico) polins	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	1,05		0,61	
Ácido 10-trans,12-cis-octadecadienoico (CLA)	C ₁₇ H ₃₄ O ₂		1,2	1,31	
Ácido 9-cis,11-trans-octadecadienoico (CLA)	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	1,24	0,14	0,91	
Ácido 11,14-eicosadienoico	C ₂₁ H ₄₀ O ₂	0,43	0,39		
Suma de ácidos grasos saturados		61,75	66,38	65,84	54,32
Suma de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA)		33,88	21,6	28,95	37,78
Suma de ácidos grasos polinsaturados (PUFA)		1,67	1,73	2,83	-
Otros		2,69	10,28	2,37	7,89

Cuadro A 9. Prueba de Comparación de Medias LSD Fisher para la variable Pérdidas por goteo a los 7, 14, 21 y 28 días de maduración en húmedo del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018).

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	501,59	<0,0001
D.MAD	3	1,42	0,2518

MER.GOT - Medias ajustadas y errores estándares para D.MAD

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

D.MAD	Medias	E.E.
28	3,37	1,07 A
21	2,99	0,85 A
7	2,47	0,66 A
14	2,78	0,66 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro A 10. Prueba de Comparación de Medias LSD Fisher para la variable Pérdidas por cocción a los 7, 14, 21 y 28 días de maduración en húmedo del músculo *Longissimus dorsi lumbarum* de búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018).

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	5412,55	<0,0001
D.MAD	4	8,97	<0,0001

MER.COC - Medias ajustadas y errores estándares para D.MAD

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

D.MAD	Medias	E.E.	
14	24,87	2,02	A
7	23,47	2,02	A B
21	22,54	1,03	B C
28	21,10	2,28	C D
2	19,44.	2,70	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro A 11. Prueba de Comparación de Medias LSD Fisher para la variable Índice de Desfragmentación Miofibrilar a los 7, 14, 21 y 28 días de maduración en húmedo del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018).

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	2586,89.	<0,0001
D.MAD	4	2,69	0,0429

IDM - Medias ajustadas y errores estándares para D.MAD

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

D.MAD	Medias	E.E.	
28	45,10	4,09	A
21	44,20	6,66	A
7	41,30	7,59	A B
14	40,80	5,67	A B
2	35,50	9,81	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro A 12. Prueba de correlación para las variables Fuerza de corte a través del dinamómetro e Índice de Desfragmentación Miofibrilar del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018).

Coeficientes de correlación

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	F Corte2	IDM
F Corte2	1,00	6,0E-06
IDM	-0,67	1,00

Cuadro A 13. Prueba de Comparación de Medias LSD Fisher para la variable Longitud de sarcómero a los 7, 14, 21 y 28 días de maduración en húmedo del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018).

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	5224,34	<0,0001
D.MAD	3	6,65	0,0012

L.SAR - Medias ajustadas y errores estándares para D.MAD

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

D.MAD	Medias	E.E.	
28	1,61	0,07	A
21	1,44	0,22	B
14	1,39	0,22	B
7	1,36	0,25	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro A 14. Prueba de Comparación de Medias LSD Fisher para la variable Fuerza de corte a los 7, 14, 21 y 28 días de maduración en húmedo del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018).

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1676,88	<0,0001
D.Mad	4	11,45	<0,0001

F.Corte - Medias ajustadas y errores estándares para D.Mad

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

D.Mad.	Medias.	E.E.
2,00	9,26	1,12 A
7,00	8,23	1,48 A
14,00	8,21	1,38 A
28,00	6,26	1,04 B
21,00	5,98	0,91 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro A 15. Prueba de Comparación de Medias LSD Fisher para las variables L*a*b* a los 7, 14, 21 y 28 días de maduración en húmedo del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018).

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	15212,48	<0,0001
D.MAD	4	0,97	0,4327

L - Medias ajustadas y errores estándares para D.MAD

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

D.MAD	Medias	E.E.
7	34,7	3,0 A
28	34,6	1,4 A
21	34,1	2,0 A
14	34,1	2,0 A
2	33,0	2,3 A

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	4100,05	<0,0001
D.MAD	4	3,06	0,0260

A - Medias ajustadas y errores estándares para D.MAD

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

D.MAD	Medias	E.E.
7	14,4	1,7 A
2	13,9	1,0 A
14	13,6	1,9 A
21	13,6	1,9 A
28	11,9	1,8 B

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	6070,34	<0,0001
D.MAD	4	2,70	0,0423

B - Medias ajustadas y errores estándares para D.MAD

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

D.MAD	Medias	E.E.
7	11,9	0,7 A
21	11,7	1,4 A B
14	11,7	1,4 A B
28	11,0	1,1 A B
2	10,6	1,2 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro A 16. Análisis de Varianza Multivariado (Prueba de Wilks) para la evaluación de los Animales y de los panelistas durante la evaluación sensorial de la carne del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de los búfalos a los catorce días de maduración en húmedo. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018).

Análisis de la varianza multivariado para Animales

Cuadro de Análisis de la Varianza (Wilks)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
Conglomerado	0,82	3,13	7	102	0,0050

Prueba Hotelling Alfa=0,05

Error: Matriz de covarianzas común gl: 108

Conglomerado	Dureza	Jugosidad	Int. Sabor	Masticabilidad	T. Conectivo	I. Sabor Residual	Aceptabilidad	n
1	3,89	3,82	4,58	4,04	4,92	6,41	4,91	66 A
2	5,15	4,83	4,85	5,13	5,88	6,51	5,76	44 B

Análisis de la varianza multivariado para Panelistas

Cuadro de Análisis de la Varianza (Wilks)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
Conglomerado	0,25	14,34	14	202	<0,0001

Prueba Hotelling Alfa=0,05

Error: Matriz de covarianzas común gl: 107

Conglomerado	Dureza	Jugosidad	Int. Sabor	Masticabilidad	T. Conectivo	I. Sabor Residual	Aceptabilidad	n
3	3,02	3,52	4,08	3,02	3,14	5,62	4,82	25 A
2	5,39	5,11	5,94	5,41	6,60	7,21	6,23	35 B
1	4,38	3,95	4,11	4,54	5,47	6,33	4,78	50 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro A 17. Prueba de Comparación de Medias LSD Fisher para los conglomerados de animales según las variables del panel sensorial a 14 días de maduración en húmedo del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo

<p>Pruebas de hipótesis secuenciales</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>numDF</th> <th>F-value</th> <th>p-value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>1</td> <td>785,25</td> <td><0,0001</td> </tr> <tr> <td>Conglomerado</td> <td>1</td> <td>15,55</td> <td>0,0001</td> </tr> </tbody> </table> <p>Dureza - Medias ajustadas y errores estándares para Conglomerado</p> <p>DGC (Alfa=0,05)</p> <p>Procedimiento de corrección de p-valores: No</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Conglomerado</th> <th>Medias</th> <th>E.E.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>5,15</td> <td>0,22 A</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>3,89</td> <td>0,22 B</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pruebas de hipótesis secuenciales</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>numDF</th> <th>F-value</th> <th>p-value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>1</td> <td>1198,24</td> <td><0,0001</td> </tr> <tr> <td>Conglomerado</td> <td>1</td> <td>16,50</td> <td>0,0001</td> </tr> </tbody> </table> <p>Jugosidad - Medias ajustadas y errores estándares para Conglomerado</p> <p>DGC (Alfa=0,05)</p> <p>Procedimiento de corrección de p-valores: No</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Conglomerado</th> <th>Medias</th> <th>E.E.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>4,83</td> <td>0,20 A</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>3,82</td> <td>0,15 B</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pruebas de hipótesis secuenciales</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>numDF</th> <th>F-value</th> <th>p-value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>1</td> <td>1264,02</td> <td><0,0001</td> </tr> <tr> <td>Conglomerado</td> <td>1</td> <td>1,06</td> <td>0,3064</td> </tr> </tbody> </table> <p>Int.Sabor - Medias ajustadas y errores estándares para Conglomerado</p> <p>DGC (Alfa=0,05)</p> <p>Procedimiento de corrección de p-valores: No</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Conglomerado</th> <th>Medias</th> <th>E.E.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>4,85</td> <td>0,21 A</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>4,58</td> <td>0,17 B</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pruebas de hipótesis secuenciales</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>numDF</th> <th>F-value</th> <th>p-value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>1</td> <td>977,16</td> <td><0,0001</td> </tr> <tr> <td>Conglomerado</td> <td>1</td> <td>13,85</td> <td>0,0003</td> </tr> </tbody> </table> <p>Masticabilidad - Medias ajustadas y errores estándares para Conglomerado</p> <p>DGC (Alfa=0,05)</p> <p>Procedimiento de corrección de p-valores: No</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Conglomerado</th> <th>Medias</th> <th>E.E.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>5,13</td> <td>0,20 A</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>4,04</td> <td>0,2 B</td> </tr> </tbody> </table>		numDF	F-value	p-value	(Intercept)	1	785,25	<0,0001	Conglomerado	1	15,55	0,0001	Conglomerado	Medias	E.E.	2	5,15	0,22 A	1	3,89	0,22 B		numDF	F-value	p-value	(Intercept)	1	1198,24	<0,0001	Conglomerado	1	16,50	0,0001	Conglomerado	Medias	E.E.	2	4,83	0,20 A	1	3,82	0,15 B		numDF	F-value	p-value	(Intercept)	1	1264,02	<0,0001	Conglomerado	1	1,06	0,3064	Conglomerado	Medias	E.E.	2	4,85	0,21 A	1	4,58	0,17 B		numDF	F-value	p-value	(Intercept)	1	977,16	<0,0001	Conglomerado	1	13,85	0,0003	Conglomerado	Medias	E.E.	2	5,13	0,20 A	1	4,04	0,2 B	<p>Pruebas de hipótesis secuenciales</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>numDF</th> <th>F-value</th> <th>p-value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>1</td> <td>901,05</td> <td><0,0001</td> </tr> <tr> <td>Conglomerado</td> <td>1</td> <td>7,07</td> <td>0,0090</td> </tr> </tbody> </table> <p>T.Conectivo - Medias ajustadas y errores estándares para Conglomerado</p> <p>DGC (Alfa=0,05)</p> <p>Procedimiento de corrección de p-valores: No</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Conglomerado</th> <th>Medias</th> <th>E.E.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>5,88</td> <td>0,25 A</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>4,92</td> <td>0,22 B</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pruebas de hipótesis secuenciales</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>numDF</th> <th>F-value</th> <th>p-value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>1</td> <td>2420,37</td> <td><0,0001</td> </tr> <tr> <td>Conglomerado</td> <td>1</td> <td>0,15</td> <td>0,7031</td> </tr> </tbody> </table> <p>I.Sabor.Residual - Medias ajustadas y errores estándares para Conglomerado</p> <p>DGC (Alfa=0,05)</p> <p>Procedimiento de corrección de p-valores: No</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Conglomerado</th> <th>Medias</th> <th>E.E.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>6,51</td> <td>0,21 A</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>6,41</td> <td>0,17 B</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pruebas de hipótesis secuenciales</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>numDF</th> <th>F-value</th> <th>p-value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>1</td> <td>1853,11</td> <td><0,0001</td> </tr> <tr> <td>Conglomerado</td> <td>1</td> <td>11,72</td> <td>0,0009</td> </tr> </tbody> </table> <p>Aceptabilidad - Medias ajustadas y errores estándares para Conglomerado</p> <p>DGC (Alfa=0,05)</p> <p>Procedimiento de corrección de p-valores: No</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Conglomerado</th> <th>Medias</th> <th>E.E.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>5,76</td> <td>0,19 A</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>4,91</td> <td>0,16 B</td> </tr> </tbody> </table>		numDF	F-value	p-value	(Intercept)	1	901,05	<0,0001	Conglomerado	1	7,07	0,0090	Conglomerado	Medias	E.E.	2	5,88	0,25 A	1	4,92	0,22 B		numDF	F-value	p-value	(Intercept)	1	2420,37	<0,0001	Conglomerado	1	0,15	0,7031	Conglomerado	Medias	E.E.	2	6,51	0,21 A	1	6,41	0,17 B		numDF	F-value	p-value	(Intercept)	1	1853,11	<0,0001	Conglomerado	1	11,72	0,0009	Conglomerado	Medias	E.E.	2	5,76	0,19 A	1	4,91	0,16 B
	numDF	F-value	p-value																																																																																																																																																	
(Intercept)	1	785,25	<0,0001																																																																																																																																																	
Conglomerado	1	15,55	0,0001																																																																																																																																																	
Conglomerado	Medias	E.E.																																																																																																																																																		
2	5,15	0,22 A																																																																																																																																																		
1	3,89	0,22 B																																																																																																																																																		
	numDF	F-value	p-value																																																																																																																																																	
(Intercept)	1	1198,24	<0,0001																																																																																																																																																	
Conglomerado	1	16,50	0,0001																																																																																																																																																	
Conglomerado	Medias	E.E.																																																																																																																																																		
2	4,83	0,20 A																																																																																																																																																		
1	3,82	0,15 B																																																																																																																																																		
	numDF	F-value	p-value																																																																																																																																																	
(Intercept)	1	1264,02	<0,0001																																																																																																																																																	
Conglomerado	1	1,06	0,3064																																																																																																																																																	
Conglomerado	Medias	E.E.																																																																																																																																																		
2	4,85	0,21 A																																																																																																																																																		
1	4,58	0,17 B																																																																																																																																																		
	numDF	F-value	p-value																																																																																																																																																	
(Intercept)	1	977,16	<0,0001																																																																																																																																																	
Conglomerado	1	13,85	0,0003																																																																																																																																																	
Conglomerado	Medias	E.E.																																																																																																																																																		
2	5,13	0,20 A																																																																																																																																																		
1	4,04	0,2 B																																																																																																																																																		
	numDF	F-value	p-value																																																																																																																																																	
(Intercept)	1	901,05	<0,0001																																																																																																																																																	
Conglomerado	1	7,07	0,0090																																																																																																																																																	
Conglomerado	Medias	E.E.																																																																																																																																																		
2	5,88	0,25 A																																																																																																																																																		
1	4,92	0,22 B																																																																																																																																																		
	numDF	F-value	p-value																																																																																																																																																	
(Intercept)	1	2420,37	<0,0001																																																																																																																																																	
Conglomerado	1	0,15	0,7031																																																																																																																																																	
Conglomerado	Medias	E.E.																																																																																																																																																		
2	6,51	0,21 A																																																																																																																																																		
1	6,41	0,17 B																																																																																																																																																		
	numDF	F-value	p-value																																																																																																																																																	
(Intercept)	1	1853,11	<0,0001																																																																																																																																																	
Conglomerado	1	11,72	0,0009																																																																																																																																																	
Conglomerado	Medias	E.E.																																																																																																																																																		
2	5,76	0,19 A																																																																																																																																																		
1	4,91	0,16 B																																																																																																																																																		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro A 18. Prueba de Comparación de Medias LSD Fisher para los conglomerados de panelistas según las variables del panel sensorial a 14 días de maduración en húmedo del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de búfalos. Resultados exportados de InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2018).

<p>Pruebas de hipótesis secuenciales</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>numDF</th> <th>F-value</th> <th>p-value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>1</td> <td>900,28</td> <td><0,0001</td> </tr> <tr> <td>Conglomerado</td> <td>2</td> <td>17,33</td> <td><0,0001</td> </tr> </tbody> </table> <p>Dureza - Medias ajustadas y errores estándares para Conglomerado</p> <p>DGC (Alfa=0,05)</p> <p>Procedimiento de corrección de p-valores: No</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Conglomerado</th> <th>Medias</th> <th>E.E.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>5,39</td> <td>0,24 A</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>4,38</td> <td>0,21 B</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3,02</td> <td>0,36 C</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pruebas de hipótesis secuenciales</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>numDF</th> <th>F-value</th> <th>p-value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>1</td> <td>1312,48</td> <td><0,0001</td> </tr> <tr> <td>Conglomerado</td> <td>2</td> <td>14,68</td> <td><0,0001</td> </tr> </tbody> </table> <p>Jugosidad - Medias ajustadas y errores estándares para Conglomerado</p> <p>DGC (Alfa=0,05)</p> <p>Procedimiento de corrección de p-valores: No</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Conglomerado</th> <th>Medias</th> <th>E.E.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>5,11</td> <td>0,19 A</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>3,95</td> <td>0,15 B</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3,52</td> <td>0,32 B</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pruebas de hipótesis secuenciales</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>numDF</th> <th>F-value</th> <th>p-value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>1</td> <td>2029,45</td> <td><0,0001</td> </tr> <tr> <td>Conglomerado</td> <td>2</td> <td>34,05</td> <td><0,0001</td> </tr> </tbody> </table> <p>Int.Sabor - Medias ajustadas y errores estándares para Conglomerado</p> <p>DGC (Alfa=0,05)</p> <p>Procedimiento de corrección de p-valores: No</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Conglomerado</th> <th>Medias</th> <th>E.E.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>5,94</td> <td>0,13 A</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>4,11</td> <td>0,18 B</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>4,08</td> <td>0,21 B</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pruebas de hipótesis secuenciales</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>numDF</th> <th>F-value</th> <th>p-value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>1</td> <td>1236,65</td> <td><0,0001</td> </tr> <tr> <td>Conglomerado</td> <td>2</td> <td>23,61</td> <td><0,0001</td> </tr> </tbody> </table> <p>Masticabilidad - Medias ajustadas y errores estándares para Conglomerado</p> <p>DGC (Alfa=0,05)</p> <p>Procedimiento de corrección de p-valores: No</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Conglomerado</th> <th>Medias</th> <th>E.E.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>5,41</td> <td>0,19 A</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>4,54</td> <td>0,19 B</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3,02</td> <td>0,32 C</td> </tr> </tbody> </table>		numDF	F-value	p-value	(Intercept)	1	900,28	<0,0001	Conglomerado	2	17,33	<0,0001	Conglomerado	Medias	E.E.	2	5,39	0,24 A	1	4,38	0,21 B	3	3,02	0,36 C		numDF	F-value	p-value	(Intercept)	1	1312,48	<0,0001	Conglomerado	2	14,68	<0,0001	Conglomerado	Medias	E.E.	2	5,11	0,19 A	1	3,95	0,15 B	3	3,52	0,32 B		numDF	F-value	p-value	(Intercept)	1	2029,45	<0,0001	Conglomerado	2	34,05	<0,0001	Conglomerado	Medias	E.E.	2	5,94	0,13 A	1	4,11	0,18 B	3	4,08	0,21 B		numDF	F-value	p-value	(Intercept)	1	1236,65	<0,0001	Conglomerado	2	23,61	<0,0001	Conglomerado	Medias	E.E.	2	5,41	0,19 A	1	4,54	0,19 B	3	3,02	0,32 C	<p>Pruebas de hipótesis secuenciales</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>numDF</th> <th>F-value</th> <th>p-value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>1</td> <td>1521,03</td> <td><0,0001</td> </tr> <tr> <td>Conglomerado</td> <td>2</td> <td>43,62</td> <td><0,0001</td> </tr> </tbody> </table> <p>T.Conectivo - Medias ajustadas y errores estándares para Conglomerado</p> <p>DGC (Alfa=0,05)</p> <p>Procedimiento de corrección de p-valores: No</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Conglomerado</th> <th>Medias</th> <th>E.E.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>6,60</td> <td>0,21 A</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>5,47</td> <td>0,17 B</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3,14</td> <td>0,39 C</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pruebas de hipótesis secuenciales</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>numDF</th> <th>F-value</th> <th>p-value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>1</td> <td>2948,21</td> <td><0,0001</td> </tr> <tr> <td>Conglomerado</td> <td>2</td> <td>12,37</td> <td><0,0001</td> </tr> </tbody> </table> <p>I.Sabor.Residual - Medias ajustadas y errores estándares para Conglomerado</p> <p>DGC (Alfa=0,05)</p> <p>Procedimiento de corrección de p-valores: No</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Conglomerado</th> <th>Medias</th> <th>E.E.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>7,21</td> <td>0,14 A</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>6,33</td> <td>0,19 B</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>5,62</td> <td>0,29 C</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pruebas de hipótesis secuenciales</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>numDF</th> <th>F-value</th> <th>p-value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Intercept)</td> <td>1</td> <td>2211,52</td> <td><0,0001</td> </tr> <tr> <td>Conglomerado</td> <td>2</td> <td>17,94</td> <td><0,0001</td> </tr> </tbody> </table> <p>Aceptabilidad - Medias ajustadas y errores estándares para Conglomerado</p> <p>DGC (Alfa=0,05)</p> <p>Procedimiento de corrección de p-valores: No</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Conglomerado</th> <th>Medias</th> <th>E.E.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>6,23</td> <td>0,17 A</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>4,82</td> <td>0,29 B</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>4,78</td> <td>0,16 B</td> </tr> </tbody> </table>		numDF	F-value	p-value	(Intercept)	1	1521,03	<0,0001	Conglomerado	2	43,62	<0,0001	Conglomerado	Medias	E.E.	2	6,60	0,21 A	1	5,47	0,17 B	3	3,14	0,39 C		numDF	F-value	p-value	(Intercept)	1	2948,21	<0,0001	Conglomerado	2	12,37	<0,0001	Conglomerado	Medias	E.E.	2	7,21	0,14 A	1	6,33	0,19 B	3	5,62	0,29 C		numDF	F-value	p-value	(Intercept)	1	2211,52	<0,0001	Conglomerado	2	17,94	<0,0001	Conglomerado	Medias	E.E.	2	6,23	0,17 A	3	4,82	0,29 B	1	4,78	0,16 B
	numDF	F-value	p-value																																																																																																																																																																						
(Intercept)	1	900,28	<0,0001																																																																																																																																																																						
Conglomerado	2	17,33	<0,0001																																																																																																																																																																						
Conglomerado	Medias	E.E.																																																																																																																																																																							
2	5,39	0,24 A																																																																																																																																																																							
1	4,38	0,21 B																																																																																																																																																																							
3	3,02	0,36 C																																																																																																																																																																							
	numDF	F-value	p-value																																																																																																																																																																						
(Intercept)	1	1312,48	<0,0001																																																																																																																																																																						
Conglomerado	2	14,68	<0,0001																																																																																																																																																																						
Conglomerado	Medias	E.E.																																																																																																																																																																							
2	5,11	0,19 A																																																																																																																																																																							
1	3,95	0,15 B																																																																																																																																																																							
3	3,52	0,32 B																																																																																																																																																																							
	numDF	F-value	p-value																																																																																																																																																																						
(Intercept)	1	2029,45	<0,0001																																																																																																																																																																						
Conglomerado	2	34,05	<0,0001																																																																																																																																																																						
Conglomerado	Medias	E.E.																																																																																																																																																																							
2	5,94	0,13 A																																																																																																																																																																							
1	4,11	0,18 B																																																																																																																																																																							
3	4,08	0,21 B																																																																																																																																																																							
	numDF	F-value	p-value																																																																																																																																																																						
(Intercept)	1	1236,65	<0,0001																																																																																																																																																																						
Conglomerado	2	23,61	<0,0001																																																																																																																																																																						
Conglomerado	Medias	E.E.																																																																																																																																																																							
2	5,41	0,19 A																																																																																																																																																																							
1	4,54	0,19 B																																																																																																																																																																							
3	3,02	0,32 C																																																																																																																																																																							
	numDF	F-value	p-value																																																																																																																																																																						
(Intercept)	1	1521,03	<0,0001																																																																																																																																																																						
Conglomerado	2	43,62	<0,0001																																																																																																																																																																						
Conglomerado	Medias	E.E.																																																																																																																																																																							
2	6,60	0,21 A																																																																																																																																																																							
1	5,47	0,17 B																																																																																																																																																																							
3	3,14	0,39 C																																																																																																																																																																							
	numDF	F-value	p-value																																																																																																																																																																						
(Intercept)	1	2948,21	<0,0001																																																																																																																																																																						
Conglomerado	2	12,37	<0,0001																																																																																																																																																																						
Conglomerado	Medias	E.E.																																																																																																																																																																							
2	7,21	0,14 A																																																																																																																																																																							
1	6,33	0,19 B																																																																																																																																																																							
3	5,62	0,29 C																																																																																																																																																																							
	numDF	F-value	p-value																																																																																																																																																																						
(Intercept)	1	2211,52	<0,0001																																																																																																																																																																						
Conglomerado	2	17,94	<0,0001																																																																																																																																																																						
Conglomerado	Medias	E.E.																																																																																																																																																																							
2	6,23	0,17 A																																																																																																																																																																							
3	4,82	0,29 B																																																																																																																																																																							
1	4,78	0,16 B																																																																																																																																																																							

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro A 19. Escala hedónica utilizada para la evaluación de panel sensorial por parte de los panelistas.

Valor	Dureza	Jugosidad	Intensidad del sabor	Cantidad de Tejido Conectivo	Intensidad del sabor residual	Aceptabilidad global
1	Extremadamente dura	Extremadamente seca	Extremadamente ligero	Abundante	Extremadamente intenso	Extremadamente desagradable
2	Muy dura	Muy seca	Muy ligero	Moderadamente abundante	Muy intenso	Muy desagradable
3	Moderadamente dura	Moderadamente seca	Moderadamente ligero	Ligeramente abundante	Moderadamente intenso	Moderadamente desagradable
4	Ligeramente dura	Ligeramente seca	Ligeramente ligero	Moderado	Ligeramente intenso	Ligeramente desagradable
5	Ligeramente suave	Ligeramente jugosa	Ligeramente intenso	Ligero	Ligero	Ligeramente agradable
6	Moderadamente suave	Moderadamente jugosa	Moderadamente intenso	Trazas	Trazas	Moderadamente agradable
7	Muy suave	Muy jugosa	Muy intenso	Prácticamente nada	Prácticamente nada	Muy agradable
8	Extremadamente suave	Extremadamente jugosa	Extremadamente intenso	Nada	Nada	Extremadamente agradable

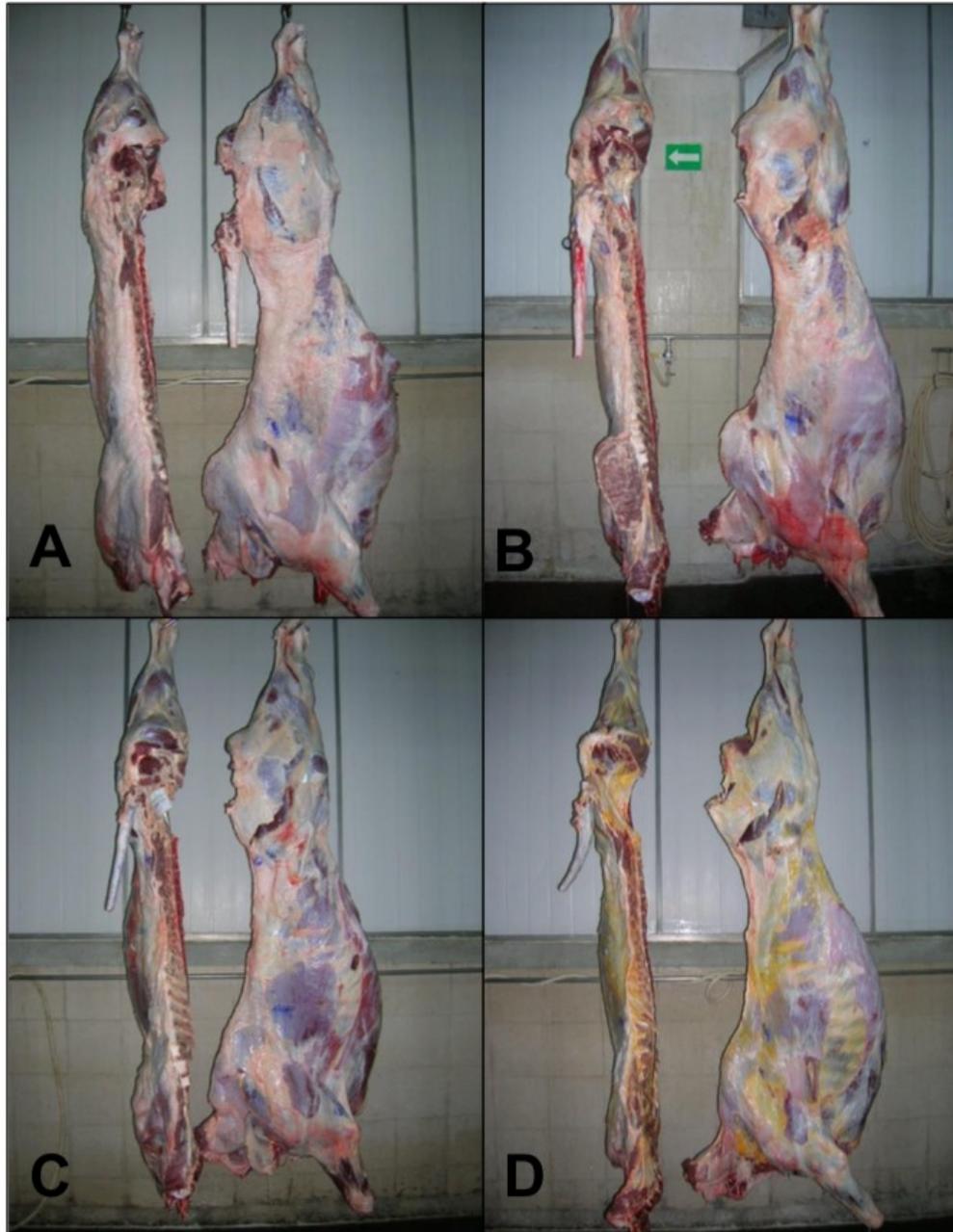


Figura A 1. Determinación de la conformación muscular de la canal. A) Conformación muscular grado 1; perfil convexo/rectilíneo, amplitud de ambos cuartos y lomo prominente. B) Conformación muscular grado 2; perfil rectilíneo, amplitud de ambos cuartos, costillar y lomo “llenos”. C) conformación muscular grado 3; perfil cóncavo, descarnadas, escasa amplitud y costillas marcadas. D) Conformación muscular grado 4; perfil cóncavo - ultracóncavo, descarnadas y angulosas, característico de vaca lechera. CORFOGA 2002.

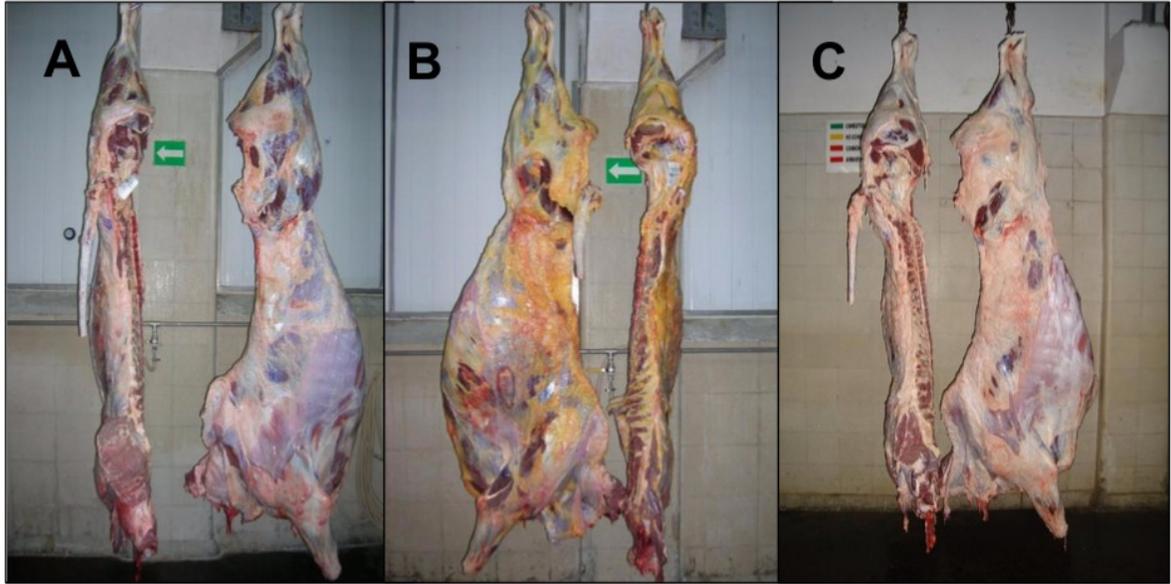


Figura A 2. Grado de cobertura de grasa de la canal. A) Sin presencia de grasa o capa muy ligera. B) Grasa parcialmente distribuida en toda la canal, con un grosor inferior a un centímetro. C) Grasa ampliamente distribuidas en toda la canal, espesor mayor al centímetro. CORFOGA 2002.

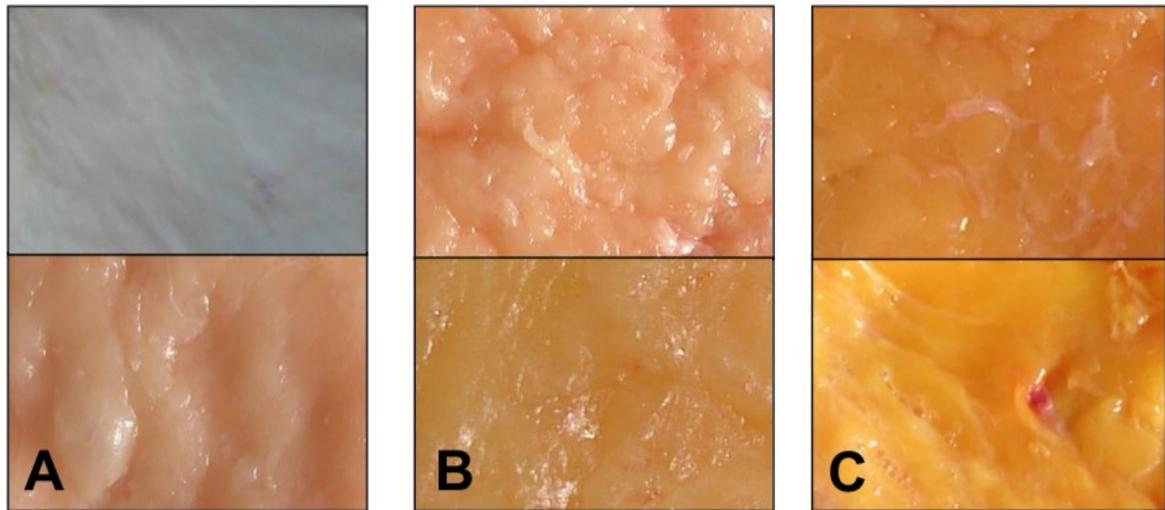


Figura A 3. Color de grasa de cobertura. A) Color de blanco a color rosado. B) Color de crema a color amarilla. C) Color amarillo intenso. CORFOGA, 2002.