

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA CARNE BOVINA PRODUCIDA EN
DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

por

Felipe GROLERO GARCÍA

Marcos URIOSTE ZUNINO

**Trabajo final de grado presentado
como uno de los requisitos para
obtener el título de Ingeniero Agrónomo**

MONTEVIDEO

URUGUAY

2026

Este Trabajo Final de Grado se distribuye bajo licencia
“Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**”.



PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

Dra. María Alejandra Terevinto

Tribunal:

Dra. María Alejandra Terevinto

Dr. Ali Saadoun

Dr. Javier Ithurralde

Fecha:

19 de febrero de 2026

Estudiante:

Felipe Grolero García

Marcos Urioste Zunino

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias, por su apoyo incondicional, su paciencia y el aliento constante que nos acompañó a lo largo de todo este proceso.

A nuestra tutora del trabajo final de grado, Alejandra Terevinto, por su dedicación y compromiso brindado en cada etapa de esta investigación.

A Antonio Chiesa, Gerente de Planta de Frigorífico Tacuarembó S.A. Marfrig, por haber gestionado los cortes de carne de los animales de ambos sistemas de producción, utilizados para esta tesis.

Y a la Facultad de Agronomía, por proporcionarnos la formación y las herramientas necesarias para nuestra trayectoria académica y profesional.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	3
AGRADECIMIENTOS	4
LISTA DE TABLA Y FIGURAS.....	7
RESUMEN	8
ABSTRACT.....	9
1 INTRODUCCIÓN	10
1.1 Objetivos	11
1.1.1 Objetivo general	11
1.1.2 Objetivos específicos.....	11
1.2 Hipótesis.....	12
2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 Generalidades	13
2.2 Sistemas de producción de ganado vacuno en Uruguay.....	14
2.3 Principales razas bovinas producidas en Uruguay.....	15
2.4 Parámetros de calidad de carne	17
2.4.1 Color	17
2.4.2 pH.....	19
2.4.3 Pérdida de agua.....	20
2.4.4 Oxidación de lípidos.....	20
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1 Corte y animales	22
3.2 Medición del color	23
3.3 Determinación del pH.....	24
3.4 Determinación de pérdida de agua.....	24
3.5 Determinación del contenido de hierro hemo.....	24
3.6 Determinación del contenido total de lípidos	25
3.7 Determinación de la oxidación de lípidos.....	25
3.8 Análisis estadístico.....	26
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1 Color (L, a, b, hue, chroma)	27
4.2 pH.....	32
4.3 Pérdida de agua	34
4.4 Hierro hemo	36
4.5 Contenido total de lípidos	37

4.6	Oxidación de lípidos.....	38
5	CONCLUSIONES	41
6	BIBLIOGRAFÍA	42
7	ANEXO	51

LISTA DE TABLA Y FIGURAS

Tabla No.

Tabla 1 Contenido total de lípidos del psoas mayor de novillos Aberdeen Angus en pasturas y feedlot.....	38
---	----

Figura No.

Figura 1 Ejemplares de la raza Aberdeen Angus.....	16
Figura 2 Ejemplares de la raza Hereford.....	17
Figura 3 Ilustración del corte lomo y su ubicación anatómica.....	22
Figura 4 Parámetros de medición del color	23
Figura 5 Parámetros del color del psoas mayor de novillos Aberdeen Angus en pasturas y feedlot.....	28
Figura 6 Escala de tono (Hue scale)	30
Figura 7 Valores de ángulo Hue del psoas mayor en novillos Aberdeen Angus en pasturas y feedlot.....	30
Figura 8 Valores de chroma del psoas mayor en novillos Aberdeen Angus en pasturas y feedlot	32
Figura 9 Valores de pH del psoas mayor en novillos Aberdeen Angus en pasturas y feedlot ...	34
Figura 10 Pérdida de agua (%) del psoas mayor en novillos Aberdeen Angus en pasturas y feedlot.....	36
Figura 11 Contenido de hierro hemo del psoas mayor en novillos Aberdeen Angus en pasturas y feedlot.....	37
Figura 12 Oxidación lipídica del psoas mayor en novillos Aberdeen Angus en pasturas y feedlot	40

RESUMEN

Uruguay ha experimentado en los últimos años una gran expansión de la producción cárnica, acompañada por avances tecnológicos tanto en la forma de producir como de comercializar. El crecimiento de los sistemas de producción en confinamiento ha generado interrogantes sobre su impacto en la calidad del producto final. En este contexto, el presente trabajo busca analizar el efecto de dos sistemas de producción contrastantes (pasturas y feedlot), sobre la calidad de la carne bovina. Para ello, se utilizaron 12 cortes de lomo (músculo *psaos major*) envasados al vacío, provenientes de novillos Aberdeen Angus criados en un sistema a pasturas (n=6) y en otro de tipo feedlot (n=6), obtenidos del Frigorífico Tacuarembó. De estos cortes, se extrajeron filetes que se colocaron en bandejas cubiertas por film de PVC, altamente permeable al oxígeno, en una vitrina refrigerada, simulando condiciones de venta comercial por 4 y 8 días. Se midió el color (L, a, b, hue, chroma), el pH, la pérdida de agua, la oxidación lipídica (TBARS), el contenido total de lípidos y de hierro hemo. Para cada una de las variables se realizó un ANAVA de medidas repetidas con el fin de evaluar el efecto del sistema de producción y del tiempo de exposición. Se encontró un efecto significativo del sistema sobre el pH ($p<0.05$), la pérdida de agua ($p<0.05$), y el parámetro L (luminosidad) ($p<0.01$), donde la carne de feedlot presentó valores superiores a la proveniente de pasturas. No se observaron diferencias significativas entre sistemas para los demás parámetros del color —a (rojeza), b (amarillamiento), hue y chroma— ni para TBARS, contenido de lípidos o de hierro hemo. Independientemente del sistema de producción, se registró un descenso significativo de la rojeza ($p<0,0001$) que se tradujo en una caída de la saturación del color (Chroma, $p<0.0001$) del día 0 al 4, y un aumento de la oxidación lipídica del día 0 al 8 ($p<0,0001$). Por lo tanto, la carne de feedlot resultó ser más clara, coincidente con la bibliografía y presentó mayores pérdidas de agua. En conclusión, se observó que ciertos parámetros de la calidad tecnológica de la carne bovina pueden verse afectados por el sistema de producción, sin embargo, los resultados obtenidos no permiten afirmar que la carne proveniente de pasturas sea de mejor calidad que la de feedlot.

Palabras clave: calidad, carne bovina, Aberdeen Angus, sistemas de producción, exposición en vitrina

ABSTRACT

Uruguay has experienced a significant expansion in beef production in recent years, accompanied by technological advances both in production systems and commercial practices. The increased use of confinement production systems has raised questions regarding their impact on the quality of the final product. In this context, the present study seeks to analyze the effect of two contrasting production systems (pasture and feedlot) on beef quality. For this, twelve vacuum-packaged loin cuts (*psoas major* muscle) were used, obtained from Aberdeen Angus steers raised on pasture (n=6) and in another of feedlot type (n=6), obtained from Frigorífico Tacuarembó. Steaks were extracted from these cuts, placed on trays covered with oxygen-permeable PVC film and displayed in a refrigerated showcase, simulating commercial retail conditions for 4 and 8 days. Color, pH, water loss, lipid oxidation (TBARS), total lipid content, and heme iron content were measured. For each variable, a repeated-measures ANOVA was conducted to evaluate the effect of production system and display time. A significant effect of the production system was observed on pH ($p < 0.05$), water loss ($p < 0.05$), and the L* parameter (lightness) ($p < 0.01$), with feedlot beef showing higher values than pasture-raised beef. No significant differences between systems were found for the other color parameters —a* (redness), b* (yellowness), hue, or chroma— nor for TBARS, lipid content, and heme iron content. Regardless of the production system, there was a significant decrease in redness ($p < 0.0001$), resulting in a reduction in color saturation (chroma, $p < 0.0001$) from day 0 to day 4, as well as an increase in lipid oxidation from day 0 to day 8 ($p < 0.0001$). Therefore, feedlot beef was lighter in color, consistent with previously reported literature, and exhibited greater water losses. In conclusion, certain technological quality attributes of beef can be influenced by the production system, however, the results obtained do not allow us to affirm that pasture-raised beef is of superior quality to feedlot beef.

Keywords: quality, beef, Aberdeen Angus, production systems, retail display

1 INTRODUCCIÓN

Uruguay es un país identificado fuertemente con el rubro ganadero; en las últimas décadas la ganadería tomó un rol preponderante a nivel nacional, explicado por un aumento no solo en la cantidad de las exportaciones sino también en la calidad de sus productos. Este incremento propulsó toda la cadena agroindustrial, desde el desarrollo de frigoríficos hasta el mejoramiento en las técnicas de producción a campo.

Según la información del censo 2011, se dedican 13,4 millones de hectáreas a la ganadería, representando el 81,9% del área agropecuaria y aproximadamente un 76% del territorio nacional (Oficina de Estadísticas Agropecuarias, 2015). El stock ganadero en base a la declaración jurada anual de DICOSE en junio de 2024 es de 11,32 millones de cabezas (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca [MGAP], 2025). Si se considera el total de la población contabilizada en el censo del 2023 por el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2024), Uruguay posee por encima de 3 vacunos por persona, un valor que ratifica la relevancia y evolución del sector a nivel país.

Sin embargo, este crecimiento no se limita a nuestro país; hoy en día la ganadería se encuentra en una situación de alta demanda a nivel mundial, donde la calidad, la sustentabilidad y el estatus sanitario le confieren al sector una ventaja competitiva para seguir incrementando su productividad. De hecho, este tema cobra vital importancia por el incremento en el consumo de carne per cápita en el mundo, así como también por el aumento de la población mundial. En el año 2024, particularmente para nuestro país, el consumo de proteínas de origen animal fue estimado en 97,3 kg por persona, de los cuales la carne bovina representa la mayor proporción, con un valor de 46,9 kg por persona (Instituto Nacional de Carnes [INAC], 2024).

Para lograr el producto final de la cadena cárnica, en el Uruguay predominan dos sistemas de producción: el sistema tradicional a base de pasturas y el sistema a base de concentrado (feedlot) de desarrollo más reciente. El primero, relacionado con producciones de tipo más extensivas, que necesitan mayor tiempo de engorde del animal, mientras que el segundo se corresponde con una producción más intensiva en la que se logra reducir el tiempo hasta la faena.

Se entiende la calidad como “propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor” (Real Academia Española, s.f.), características que

pueden ser evaluadas tanto instrumentalmente (en un laboratorio) como organolépticamente (panel sensorial). Profundizar y mejorar en el conocimiento de aspectos como la calidad de la carne permite seguir mejorando el desempeño del país en el ámbito internacional, posicionando nuestros productos cárnicos en los mercados más demandantes en calidad.

Por lo tanto, comprendiendo la importancia que tiene la producción de carne a nivel país y considerando que la información disponible sobre cómo los distintos sistemas productivos impactan en su calidad aún es limitada, se planteó en esta tesis comparar la calidad de carne bovina de una de las razas con mayor relevancia a nivel nacional. Esta comparación se realizó entre los dos principales sistemas de producción del Uruguay (pasturas y feedlot), cuando ésta es expuesta a condiciones “comerciales” de venta en vitrina refrigerada.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

La tesis tiene como objetivo principal comparar la carne bovina producida en un sistema a base de pasturas con la carne producida en un sistema de tipo feedlot, desde el punto de vista de la calidad durante su exposición en vitrina refrigerada simulando condiciones de venta comercial.

1.1.2 Objetivos específicos

1) Determinar y comparar los parámetros de pH, color (L, a, b, Hue, Chroma), pérdida de agua, oxidación lipídica, contenido de hierro hemo y contenido total de lípidos entre la carne bovina producida en un sistema a base de pasturas y de feedlot durante su exposición en vitrina refrigerada.

2) Observar la evolución de los parámetros de calidad mencionados en el objetivo 1, durante el tiempo de exposición en vitrina de la carne proveniente del sistema pastura y del sistema feedlot.

1.2 Hipótesis

La carne producida a base de pasturas tendría una mayor calidad y estabilidad oxidativa que la carne producida en feedlot, al ser comparadas durante la exposición en vitrina refrigerada.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Generalidades

La historia de la ganadería uruguaya comienza en el siglo XVII cuando Hernando Arias de Saavedra (Hernandarias), por medio de autorización del Rey de España, introduce vacunos al este del Río Uruguay (“Historia de la ganadería uruguaya”, 2011). Desde ese momento hasta la actualidad, la ganadería en el país se ha expandido, recorriendo distintas etapas y sucesos que han llevado a que hoy en día el sector logre un dinamismo, en el cual no solo se destina carne para el consumo nacional, sino en gran medida para la exportación.

En cuanto a la producción de carne vacuna en nuestro país, para el cierre de ejercicio al 30 de junio de 2024, la faena fue de 2.379.530 cabezas de bovinos (INAC, s.f.a). El volumen comercializado en el mercado interno proveniente de la producción nacional (hay ventas en el mercado doméstico de origen importado) fue de 104.252 toneladas de carne vacuna (INAC, 2025). Por otra parte, el volumen de la producción exportada en el ejercicio 2023/2024 fue de 527.414 toneladas (peso canal), el cual aumentó un 11,3% con respecto al ejercicio anterior y se ubica 60 mil toneladas por encima del promedio de valores para los últimos diez años (INAC, s.f.a). De esta manera, se destina aproximadamente un 20% de la producción de carne vacuna nacional para el mercado interno y un 80% para exportación. Uruguay está dentro de los principales exportadores de carne vacuna a nivel mundial, ubicándose noveno en el ranking elaborado por la base de datos de USDA (Gorga & Piegas, 2024). Los destinos de exportación son fundamentalmente China, representando un 46% del volumen total exportado en el ejercicio 23/24, seguido por el bloque USMCA¹, en particular a Estados Unidos, que representa un 29% del volumen de carne vacuna exportada. Los demás países que importan carne bovina uruguaya son la Unión Europea, Israel, Rusia, Japón, Brasil, entre otros. Cabe mencionar las exportaciones de ganado en pie que Uruguay lleva a cabo, las cuales durante el año 2023 fueron de 301.000 cabezas, destinadas principalmente a Turquía (94% del total), y el resto a Irak y Emiratos Árabes Unidos (Gorga & Piegas, 2024).

¹ Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá.

Este sector engloba directamente 90.000 puestos de trabajo y su impacto en la economía nacional es notoriamente significativo. Se supera el 10% del PBI entre la producción ganadera propiamente dicha y todos sus encadenamientos posteriores al campo (INAC, s.f.b). Por su parte, el aporte impositivo que se genera tanto directo como indirecto engloba casi 700 millones de dólares anuales (INAC, s.f.b). Todo esto en su conjunto marca la relevancia del sector y su aporte a nivel país.

2.2 Sistemas de producción de ganado vacuno en Uruguay

Existen diferentes formas de producción de ganado vacuno; una posible categorización es según el origen de los alimentos que consumen los animales y el área que ocupan para su producción. En primer lugar, se encuentran los sistemas basados en pasturas, que son sistemas exclusivamente ganaderos en los que más del 10% de la materia seca consumida por los animales es producida en la propia explotación, y donde la carga animal promedio anual es inferior a diez unidades ganaderas (UG) por hectárea de tierra agrícola (Sere & Steinfeld, 1996). Por otro lado, se encuentran los sistemas de producción ganadera sin tierra, que se definen como: un subconjunto de los sistemas exclusivamente ganaderos en los que menos del 10% de la materia seca consumida por los animales es producida en la propia explotación, y donde la carga animal promedio anual es superior a diez unidades ganaderas (UG) por hectárea de tierra agrícola (Sere & Steinfeld, 1996).

En Uruguay coexisten estas dos formas de producción e incluso formas mixtas. Si bien la mayoría de la carne producida proviene de sistemas pastoriles, en los últimos diez años, se reportó un incremento en la participación de los corrales de engorde a la faena, del 9% en 2015 al 15% en 2024 (INAC, 2025). Mostrando así la importancia y el crecimiento de este tipo de producción en nuestro país. Por ejemplo, para el último año, se obtuvo una faena proveniente de establecimientos de engorde a corral de 370.046 cabezas. Este valor representa un aumento del 6,1% respecto a 2023 (INAC, 2025). Este incremento responde a una tendencia hacia la intensificación en las formas de producción.

El principal objetivo de los engordes a corral (sistemas más intensivos) es obtener una alta producción de carne de calidad por animal, con una alta eficiencia de conversión medida como kilogramos de alimento suministrado por kilogramo de carne producida (Pereiro, 2014), logrando así mejorar la relación insumo/producto de la cadena cárnica.

Por el otro lado, la producción pastoril es una producción más dependiente de las pasturas (calidad y cantidad) y su relación con el clima. En gran parte del año no logra ganancias medias altas, incluso se pierde peso en el invierno, lo que determina producciones de 60 a 70 kilogramos de carne por año en campo natural, valor que se puede duplicar en campos de mejor calidad o con mejoramientos en cobertura (Berretta, 2003). Todo esto determina que se requiera más tiempo para terminar un bovino en estas condiciones.

Cabe mencionar que el tipo de alimentación recibida por parte de los animales determina distintas cantidades de lípidos en los cortes de carne. La alimentación a base de granos generalmente genera que se deposite mayor grasa intramuscular comparado con una dieta a base de pasturas (Daley et al., 2010). Como se observa en la investigación de Terevinto Herrera (2017), el contenido total de lípidos en los cuatro cortes estudiados (bife angosto, nalga de afuera, paleta y nalga de adentro) fue mayor en el sistema feedlot que en el de pasturas.

Pero si bien estos dos tipos de producción son los extremos (solo pasturas o solo concentrados), existe una gran diversidad de combinaciones de factores productivos, que determinan diferencias en los resultados, tanto en cantidad como en calidad de la canal. Una estrategia comúnmente utilizada que combina ambas bases productivas es la inserción de un engorde o terminación a corral dentro de un sistema pastoril, con el objetivo de intensificar la producción (Gil, 2006).

2.3 Principales razas bovinas producidas en Uruguay

En Uruguay predominan dos razas bovinas: Hereford y Angus. Ambas son razas carniceras reconocidas por sus destacadas cualidades productivas y de calidad de carne, utilizadas a nivel mundial tanto en programas de cruzamiento como en forma pura. En 1864 ingresaron al Uruguay los primeros ejemplares de Hereford con pedigrí, provenientes de Inglaterra (*Referencias históricas de la Raza Hereford*, s.f.). Su destacada capacidad para producir terneros, la eficiencia en la conversión del pasto en carne y su temperamento manso fueron los principales atributos que permitieron que esta raza se consolidara como la base genética del rodeo nacional (*Referencias históricas de la Raza Hereford*, s.f.). Por su parte, el origen de la raza Aberdeen Angus radica en Escocia, donde comenzó su desarrollo, y a partir del año 1888 se inscriben en los Registros Genealógicos de la Asociación Rural del Uruguay las primeras importaciones de productos, donde a

continuación se introducen ejemplares propios de la raza (*La Raza: Breve historia del Aberdeen Angus*, s.f.). Se caracteriza por su rusticidad, precocidad y fertilidad, además de presentar elevados estándares de calidad de carne, destacándose por su terneza, sabor y el característico marmoleo que la distingue (*La Raza*, s.f.).

Con el paso del tiempo, la raza Angus ha experimentado un crecimiento incuestionable, lo cual demuestra el buen desempeño del producto y la demanda del mismo por los mercados. El anuario 2024 creado por la Sociedad de Criadores de Aberdeen Angus del Uruguay [SCAAU] señaló que; “los datos del SNIG (MGAP) del 2024 indican que más del 54 % de los terneros nacidos en el país son Angus definidos (incluyendo en el total las razas lecheras)” (2024, p. 9). Asimismo, considerando lo reportado por este mismo autor, quien señala que en 2014 este valor era del 30 %, puede inferirse un incremento sustantivo.

Figura 1

Ejemplares de la raza Aberdeen Angus



Nota. Tomado de Mestre (s.f.).

Figura 2

Ejemplares de la raza Hereford



Nota. Tomado de Zorrilla (2022).

2.4 Parámetros de calidad de carne

La calidad de la carne es un aspecto clave en la industria cárnica, ya que tiene implicancias muy grandes en la dinámica del sector. Ésta determina la vida útil de la carne o la aceptación que los consumidores mostrarán frente a un determinado corte. La calidad de la carne puede ser evaluada desde el punto de vista de la calidad organoléptica, tecnológica, sanitaria, nutricional y oxidativa (Bianchi & Feed, 2009). Algunos de los parámetros que determinan la calidad organoléptica son el color, sabor, aroma, jugosidad y terneza, mientras que la calidad tecnológica está determinada por el pH y la capacidad de retención de agua (CRA). La calidad sanitaria está determinada por la presencia de bacterias, la calidad nutricional depende de la composición lipídica, proteica, mineral y vitamínica, y la calidad oxidativa conjuga el nivel de oxidación lipídica y proteica. Uno de los factores de relevancia elemental a la hora de determinar estos parámetros de calidad es la alimentación que recibió el ganado y la forma en que esos kilogramos de carne fueron producidos, ya que la alimentación puede modificar la composición química de la carne y sus propiedades (Insani et al., 2008).

2.4.1 Color

En cuanto a estas propiedades, el color es la principal característica que los consumidores evalúan a la hora de comprar y consumir carne. El color y su estabilidad están fuertemente relacionados con la cantidad y estado de oxidación/reducción de la mioglobina, pigmento presente en el músculo, que se compone de una proteína llamada

globina, y un grupo prostético hemo, que contiene hierro (Brewer, 2004). Este pigmento es el responsable del color rojo característico de la carne. El hierro hemo a su vez, es la forma más biodisponible para el humano, esto determina que no solo afecte al color sino que también se relacione con el valor nutricional (Hurrell & Egli, 2010).

El estado de oxidación-reducción que presente la mioglobina y el pH al que esté sometida determinarán el color de la carne. La explicación radica en entender las variaciones que pueden modificar el átomo de hierro presente en el grupo hemo. Este puede estar en estado ferroso como Fe^{2+} o férrico como Fe^{3+} (Brewer, 2004). En ambientes de baja oxigenación, el átomo de hierro de la mioglobina se encuentra en estado ferroso, como deoximioglobina, con un color característico rojo oscuro o púrpura. En cambio, cuando se expone la carne a un ambiente de alta disponibilidad de oxígeno, la mioglobina se transforma en oximioglobina, cuyo color redunda en rosado brillante o rojo vivo. Por su parte, el pH altera el estado del hierro hemo, en donde a valores altos se encuentra en forma reducida (Fe^{2+}) y a valores bajos se favorece la oxidación (Fe^{3+}) (Brewer, 2004). Cuando el hierro se modifica a su forma oxidada (Fe^{3+}) se produce metamioglobina que es de color marrón o pardo (Brewer, 2004).

Según exigencias de los mercados y/o de los consumidores, el color blanco o amarillo de la grasa y el rojo fuerte o pálido del músculo son percibidos como atributos de calidad positivos o negativos (Vignale Centanino, 2015). Los pigmentos vegetales como los carotenoides (carotenos y xantófilas) son los responsables de las variaciones en el color de la grasa. De esta manera, la dieta a base de pasturas tiende a producir una grasa más amarillenta y una carne de menor luminosidad que la producida en feedlot, factor que puede llevar a un rechazo por parte del consumidor (Bianchi & Feed, 2009; Priolo et al., 2001). Es común, en sistemas pastoriles, el mezclar, ya sea con suplementos concentrados o con terminaciones a base de grano, para de esta manera poder reducir el amarillamiento de la grasa y aclarar el color del músculo. Una de las razones por las cuales la carne es más oscura radica en el mayor ejercicio físico que deben hacer los animales criados a pasturas, lo cual aumenta la proporción de fibras rojas oxidativas (Vestergaard et al., 2000). A su vez, estos animales tienen una proporción menor de glucógeno celular almacenado (McVeigh et al., 1982) y ante cualquier evento que provoque el consumo del mismo, el pH será elevado (mayor a 6) pudiendo dar lugar a carnes de tipo oscuras, duras

y secas (DFD, por sus siglas en inglés), lo cual se explica con mayor detalle en la sección 2.4.2 sobre pH.

2.4.2 pH

En cuanto al valor de pH muscular en los diferentes momentos de transformación de músculo en carne, ya se mencionó su influencia en el color, sin embargo, también impacta sobre la capacidad de retención de agua y en la textura. Un caso común es la aparición de cortes DFD (dark, firm, dry) causados por valores elevados de pH a las 24 horas post mortem. Los cortes DFD son percibidos por los consumidores como carne de animales viejos o carne que “ya está pasada”, asociados generalmente a menor terneza (Warriss, 2000). Esto causa que sean los menos preferidos, repercutiendo directamente de forma económica a la cadena cárnica, así como muchas veces generando desperdicio de alimentos. La explicación sobre la aparición post-faena de cortes con pH elevado es multifactorial. Algunos de estos factores son: tipo de dieta suministrada, peso, conformación y engrasamiento de la canal, sexo, categoría, tipo genético, clima y época del año, transporte y densidad de carga, tiempo de espera pre-faena y pérdida de peso (Bianchi & Feed, 2009).

Durante la evolución post-mortem de la carne, la energía utilizada proviene del adenosin trifosfato (ATP), el cual, cuando el músculo está vivo, es producido a partir de ácidos grasos libres, la glucosa y el glucógeno (almacenado en las fibras musculares). Bajo condiciones de anaerobiosis, que ocurren luego de la faena, solo se produce la glucólisis en donde el piruvato es transformado en ácido láctico. El valor de pH final (a las 24 horas post-mortem) es inversamente proporcional a la concentración de lactato. Por lo tanto, el pH estima el nivel de ácido láctico, permitiendo evaluar la glucólisis muscular post-mortem y de esta manera reflejando la calidad de la carne durante el proceso. La variación del pH luego de sacrificado el animal va a estar ligada fuertemente con las propiedades que hacen a la calidad de la carne, como la terneza, el color, el flavor, y la vida útil (Wythes & Shorthose, 1984, como se cita en Oyharzábal Aunchayna & Pioli Debat, 2006). La carne de buena calidad se corresponde con cortes de pH 5,5, mientras que a valores de 5,8 o mayores el crecimiento microbiano afecta su calidad. Esto es provocado por un bajo contenido de ácido láctico y glucosa que determina un acortamiento de la vida útil (Tarrant, 1988).

2.4.3 Pérdida de agua

La propiedad que tiene la carne de contener el agua existente en el tejido muscular de forma libre o inmovilizada se llama “capacidad de retención de agua” (Forrest et al., 1979). De esta propiedad depende la pérdida de agua, factor que afecta significativamente a la calidad. Este es un parámetro que se relaciona con la ternura, jugosidad e incluso con el color. Según Hughes et al. (2014), existe una correlación negativa entre pérdida de agua y posterior jugosidad, y una correlación positiva entre jugosidad y ternura (Hughes et al., 2014); por lo que los cortes que poseen mayor pérdida de agua posiblemente se correspondan con cortes de menor calidad comercial. A su vez, es posible que la capacidad de retención de agua afecte a la percepción del color, al afectar la estructura y disposición de las fibras de la carne, repercutiendo indirectamente sobre la forma de dispersión de la luz (Hughes et al., 2014).

Pero la pérdida de agua no es un parámetro independiente del resto, sino que está comprobado que varía y es afectada directamente por el pH, la fuerza iónica y la oxidación, ya que estos producen cambios sobre la capacidad de las proteínas miofibrilares, las miofibrillas y las células musculares para retener agua (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005).

Esta capacidad para retener agua es relevante, no solo porque afecta a la calidad sensorial de la carne, sino que también repercute económicamente en la cadena, ya que las pérdidas de agua se corresponden con pérdidas de peso y por ende menores ingresos. Un ejemplo: durante los procesos de producción, enfriado, desposte, envasado y cocción se puede perder un porcentaje de hasta 50% del peso de la carne (Bianchi & Feed, 2009), dejando en evidencia la importancia que tiene la capacidad de retención de agua en la producción de carne de calidad.

2.4.4 Oxidación de lípidos

La cantidad de lípidos y la oxidación de los mismos son también elementos que afectan a la calidad de la carne de forma significativa. Los procesos oxidativos pueden provocar una disminución en la calidad de los cortes generada por cambios en el color y la textura, desarrollo de rancidez, pérdida de nutrientes y formación de compuestos tóxicos (Domínguez et al., 2019). Por lo tanto, este proceso de oxidación puede afectar negativamente las características sensoriales, nutricionales y tecnológicas de los

alimentos. Además, se pueden generar sabores indeseados y una menor aceptabilidad por parte del consumidor (A. Terevinto Herrera, comunicación personal, 12 de mayo, 2025).

La oxidación lipídica en los alimentos musculares comienza con factores estresantes de origen interno y externo. Las especies reactivas de oxígeno (ROS), incluyendo radicales libres y peróxidos, se presentan como las más importantes (Descalzo et al., 2005). El proceso de oxidación, el cual es muy complejo e incluye diversos mecanismos, comienza con la reacción entre los ácidos grasos insaturados y el oxígeno molecular a través de radicales libres. De aquí se producen hidroperóxidos, considerados productos primarios de la oxidación. Estos productos son altamente inestables y se degradan en productos secundarios como aldehídos, cetonas, alcoholes, etc., los cuales pueden ser responsables de olores rancios en la carne (Domínguez et al., 2019).

Durante la manipulación, el procesamiento y el almacenamiento de carne fresca, el hierro endógeno liberado es parcialmente responsable de la catálisis de la oxidación de lípidos (Descalzo et al., 2005). A su vez, hay otras fuentes de hierro como la hemoglobina, la mioglobina y el hierro no hemo. El hierro tiene la capacidad de modificar fácilmente su estado de oxidación entre Fe^{2+} y Fe^{3+} , lo cual le otorga la propiedad de ser un catalizador redox. El hierro se une a los aminoácidos, nucleótidos y fosfatos formando quelatos (hacen catálisis de la oxidación de lípidos en los tejidos) (Morrissey et al., 1998). La propagación de la peroxidación lipídica en las membranas promueve la oxidación de la mioglobina a metamioglobina. De esta manera se produce el deterioro del color, la formación de olores rancios y otros sabores desagradables en la carne fresca (Descalzo et al., 2005).

Una serie de experimentos realizados por Purohit et al. (2015) mostraron que la concentración de hierro hemo se correlaciona moderadamente con el enrojecimiento y la decoloración, pero muestra una fuerte correlación con la oxidación lipídica (Purohit et al., 2015). De hecho, Gatellier et al. (2005) también obtuvieron una correlación significativa y positiva en su estudio entre el contenido de hierro hemínico del músculo y los niveles de TBARS al final del almacenamiento. Esto es una muestra de que el contenido de hierro hemo también es un parámetro importante a la hora de evaluar la calidad de la carne durante la conservación.

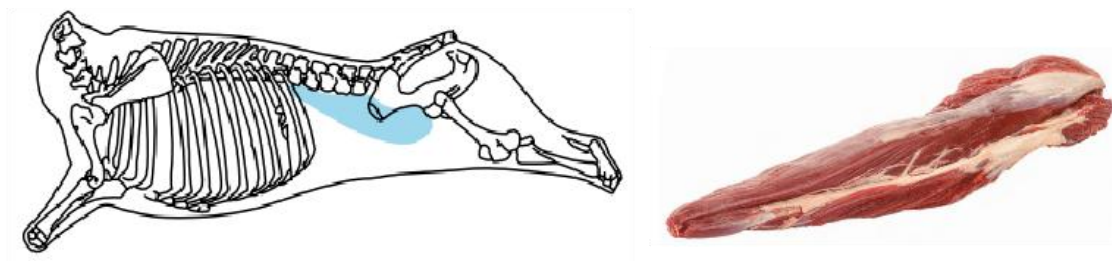
3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Corte y animales

Para el trabajo se utilizó el corte lomo, localizado en la región sublumbar, desde vértebras lumbares junto con las dos últimas dorsales y el ilion. Los músculos que lo componen son *psaos mayor*, *psaos menor*, *ilíaco* y *cuadrado lumbar* (INAC, 2023). Se obtuvieron 12 cortes de lomo provenientes de novillos de la raza Aberdeen Angus, 6 de los cuales pertenecían a la categoría de 6 y 8 dientes (aprox. 3-4 y ½ años de edad), producidos en un sistema de pasturas, y otros 6 pertenecían a la categoría de 2 dientes (aprox. 1 y ½ edad), producidos en un feedlot a los cuales se les suministró ración por aproximadamente 100 días. Los primeros alcanzaron un peso promedio de 506 kilogramos, mientras que los producidos en el sistema intensivo pesaron 531 kilogramos.

Figura 3

Ilustración del corte lomo y su ubicación anatómica



Nota. Tomado de INAC (2023).

Los animales fueron faenados el mismo día en el Frigorífico Tacuarembó - Grupo Marfrig, ubicado en la ruta 5 y 26, en la ciudad de Tacuarembó, Uruguay, bajo la normativa del Decreto N.º 369/983 (1983).

Una vez obtenidos los cortes, se mantuvieron en condiciones de refrigeración y envasados al vacío, hasta llegar al Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Agronomía en Montevideo. Allí se extrajeron 24 filetes de los cortes recibidos (12 de cada sistema de producción) de 1-2 cm de espesor tomados de la porción media del músculo, los cuales se colocaron en bandejas de espuma de polietileno y fueron cubiertos con film de PVC permeable al oxígeno. Estas bandejas se conservaron a una temperatura entre 2 y 8 °C por 4 y 8 días, en una vitrina refrigerada de uso comercial, de la marca CE, modelo SS1500,

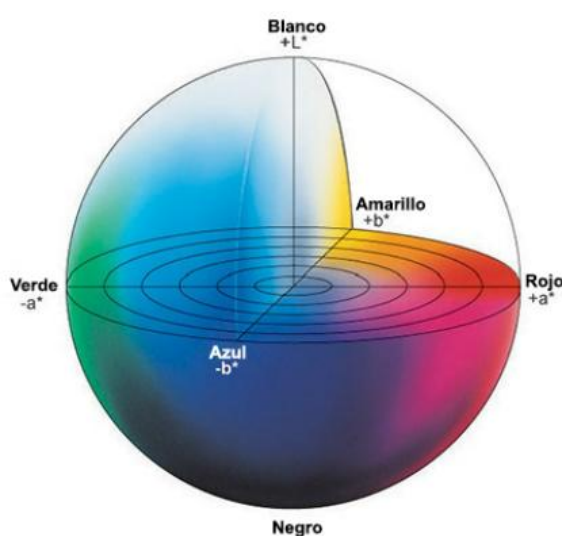
de 1,25 m de altura, 90 cm de ancho y 1,50 m de largo, con iluminación artificial mediante un tubo de luz fluorescente de 3.500 grados Kelvin.

3.2 Medición del color

Una vez retirado el envase al vacío, se dejó reposar la carne durante 15 minutos para permitir la oxigenación de la mioglobina y el desarrollo del color rojo brillante. Transcurrido ese tiempo, se realizó la medición del color en la carne fresca (día 0). En las muestras que estuvieron en vitrina durante 4 y 8 días, el procedimiento consistió en quitarles el film de PVC y realizar las mediciones del color. Para ello, se utilizó un aparato de medida por reflexión de luz, el cual determina el color de la carne por el método CIE Lab. La figura 4 muestra los parámetros que determinan el color en base a las coordenadas del espacio de tres dimensiones. El instrumento de medida empleado fue un colorímetro Minolta CR-10 del cual se obtuvieron los valores de los parámetros del color: L^* (luminosidad) que va del valor 0 (negro) a 100 (blanco); a^* (rojeza) que va del rojo (+60) al verde (-60); y b^* (amarillamiento) que va del amarillo (+60) al azul (-60). Las mediciones se realizaron por triplicado en cada muestra de carne para los días 0, 4 y 8 de exposición en vitrina. A partir de los parámetros a^* y b^* , se calculó el ángulo de Hue (tono del color) como $\arctan(b/a)$ y el chroma (saturación del color) como $\sqrt{(a^2 + b^2)}$.

Figura 4

Parámetros de medición del color



Nota. Tomado de *Entendiendo El Espacio de Color CIE L*A*B** (s.f.).

3.3 Determinación del pH

Para las mediciones de pH en las muestras de carne de los días 0, 4 y 8 de exposición en vitrina refrigerada, se utilizó un pHmetro de la marca Oakton, el cual se calibró previamente con soluciones de pH 4, pH 7 y pH 10. La técnica consistió en introducir el electrodo en la carne y anotar el valor de pH cuando la lectura se estabilizó. Se realizaron dos mediciones por cada muestra de carne.

3.4 Determinación de pérdida de agua

Para la determinación de la pérdida de agua en las muestras de carne de los días 0, 4 y 8 de exposición en vitrina refrigerada, se cortó un trozo pequeño de carne de 1 cm x 1 cm x 2 cm y se pesó, obteniendo así el peso inicial. Luego se colocó el trozo de carne dentro de una bolsa de nylon pequeña en una gradilla para tubos de manera que el agua pudiese escurrir. Se realizaron dos repeticiones por cada muestra. Una vez que la gradilla contenía todas las muestras, se la colocó en la heladera que refrigera en un rango de 2 a 8 °C. Pasadas las 24 horas, se pesaron las muestras nuevamente para obtener el peso final y se calculó el porcentaje de pérdida de agua de la carne como:

$$(\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / \text{Peso inicial} * 100.$$

3.5 Determinación del contenido de hierro hemo

La determinación del contenido de hierro hemo se realizó en las muestras de carne de los días 0, 4 y 8 de exposición en vitrina refrigerada, mediante la técnica de Hornsey (1956). Se realizaron dos repeticiones por cada muestra. Se pesaron aproximadamente 2 g de muestra de carne descongelada y triturada con cuchillo y tijera, y se pasaron a tubos de vidrio de 20 ml. Luego se agregaron 9 ml de solución de acetona acidificada al 90% y se maceró con varilla de vidrio durante 1 min. Se pasaron los tubos por el vortex (Scientific Industries, modelo K-550-GE) durante 1 min y se colocaron en oscuridad durante 1 hora a temperatura ambiente. Posteriormente se filtró el contenido de los tubos de vidrio a otros tubos utilizando filtros MN 640. Se midió la absorbancia de las muestras y de la solución de acetona acidificada (blanco) a 640 nm en un espectrofotómetro Thermo Fisher Scientific, Genesys-6. El contenido de hierro hemo se calculó utilizando el factor 0,0882 µg hierro/µg hematina y los resultados se expresaron en ppm.

3.6 Determinación del contenido total de lípidos

El porcentaje de lípidos se determinó únicamente en las muestras de carne correspondientes al día 0. Para determinar el contenido total de lípidos, se utilizó la técnica de Folch et al. (1957), en la cual se pesaron aproximadamente 4 g de carne que se homogeneizaron en un Ultra-turrax IKA T18 basic durante 30 segundos con 80 ml de una mezcla de cloroformo: metanol (2:1). Se realizaron dos repeticiones por cada muestra de carne. Se filtró el homogeneizado a un kitasato, se volcó su contenido en una ampolla de decantación, a la cual se le agregaron 25 ml de una solución de 9 g/l de NaCl y se agitó durante 1 min. Luego se dejaron reposar las ampollas durante 12 horas para que se separaran las fases y se recogió la fase inferior (que contenía los lípidos en cloroformo) en un balón de vidrio previamente pesado. Posteriormente, se evaporó el cloroformo en un rotavapor IKA RV10 Basic con un baño calefactor IKA HB10 y se colocaron los balones en estufa a 35-40 °C durante 30 minutos. Pasado este tiempo, se colocaron los balones en un desecador al vacío durante 2 horas y se pesaron los balones con los lípidos. Para finalizar, se calculó el porcentaje de lípidos que contenía cada muestra, teniendo en cuenta el peso inicial de la muestra de carne y el peso de los lípidos contenidos en el balón, siguiendo la fórmula:

$$(\text{Peso de los lípidos/Peso de la muestra}) * 100$$

3.7 Determinación de la oxidación de lípidos

Para medir la oxidación de lípidos en las muestras de carne de los días 0, 4 y 8 de exposición en vitrina refrigerada, se utilizó la técnica de las especies reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) descrita por Lynch y Frei (1993) con algunas adaptaciones para muestras de carne. Esta técnica se basa en la reacción del malondialdehído (MDA), que es un producto secundario de la oxidación lipídica, con el ácido tiobarbitúrico (TBA) en un medio ácido, formándose un complejo de color rosado. La intensidad de este color rosado está directamente relacionada con la concentración de MDA de la muestra (Kong & Singh, 2016). La técnica consistió en pesar 1,25 g de carne que se colocaron en un tubo Falcon de 50 ml. Las muestras fueron conservadas en heladera o hielo mientras se procesaban las siguientes y se homogeneizaron durante 30 segundos con 25 ml de KCl+EDTA y 0,25 ml de BHT en un Ultra-turrax IKA T18 basic. Luego se centrifugaron a 2000 g durante 10 min a 4 °C en una centrífuga refrigerada de la marca ThermoScientific

y modelo Sorvall ST 16R. Se preparó la solución de TBA-TCA (TBA 35 mM, TCA 10% en HCl 125 mM). Se extrajo 1 ml del homogeneizado de cada muestra y se colocó en tubos de vidrio con tapa. Se preparó un blanco con 1 ml de KCl+EDTA. Se agregó a cada tubo 1 ml de la mezcla TBA-TCA y se colocaron los tubos en agua en ebullición durante 30 min. Luego se colocaron en hielo durante 5 min para detener la reacción y se dejaron 45 minutos a temperatura ambiente. Se agregaron 3 ml de n-butanol a cada tubo y se pasaron por el vortex. Se centrifugaron a 3000 g durante 10 min para luego medir la absorbancia del sobrenadante a 535 nm en un espectrofotómetro T70+ UV/VIS de la marca PG Instruments Ltd. Para cada muestra se realizaron dos repeticiones.

3.8 Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando el programa NCSS (2025). El nivel de significancia fue establecido en $p < 0,05$. Los resultados se expresaron como media $\pm$ error estándar de la media (SEM). Para cada una de las variables analizadas, se realizó un Análisis de Varianza (ANAVA) de medidas repetidas a fin de evaluar el efecto del sistema de producción y del tiempo de exposición en vitrina. Adicionalmente, se aplicó un ANAVA de una vía y test de Tukey-Kramer, con el propósito de comparar los días de exposición dentro de cada sistema y los sistemas de producción para cada día de exposición.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Color (L, a, b, hue, chroma)

Al analizar los parámetros de color, se pudo observar que hubo un efecto principal del sistema de producción sobre el parámetro L^* ($p < 0,01$), donde la carne de animales Aberdeen Angus finalizados en feedlot presentó valores más elevados de luminosidad que la carne de los animales en pasturas (figura 5 (a)). Esto se corresponde con una carne más clara, lo que concuerda con los trabajos de Terevinto Herrera (2017), Insani et al. (2008), Yang et al. (2002), Vestergaard et al. (2000), Bennet et al. (1995), Bidner et al. (1986) y Schroeder et al. (1980) realizados sobre bovinos. Una posible explicación subyacente puede ser la mayor actividad física que realizan los animales criados a pasturas en comparación a los de feedlot, modificando el metabolismo muscular hacia una mayor oxidación celular (Holloszy et al., 1971), generando un mayor nivel de mioglobina, el cual se traduce en un color más oscuro (Ordway & Garry, 2004). Sin embargo, en este estudio no se encontraron diferencias significativas en el contenido de hierro hemo de la carne entre los sistemas (figura 11), lo cual no explicaría las diferencias de luminosidad entre ambos. Por otro lado, Muir et al. (1998) y Priolo et al. (2001) también encontraron que los bovinos engordados a pasto tienden a producir carne de menor luminosidad que carne de animales alimentados a base de concentrados en sistemas intensivos, explicado igualmente por el mayor ejercicio que hacen los animales en pastoreo, lo cual aumenta la proporción de fibras rojas oxidativas (Vestergaard et al., 2000). Otra posible explicación radica en las diferencias en la retención de agua, donde se puede presentar diferentes formas de reflexión y dispersión de luz dado por el efecto del sistema de producción sobre la estructura de las fibras y proteínas (Hughes et al., 2014). Por otra parte, en el presente estudio no se observó un efecto principal del tiempo de exposición sobre el parámetro L^* ($p > 0,05$) (figura 5 (a)), al igual que en otros trabajos (Insani et al., 2008; Sapp et al. 1999) en carne bovina expuesta en vitrina refrigerada. Sin embargo, este resultado contrasta con lo reportado por Terevinto Herrera (2017), quien sí encontró variaciones significativas a lo largo de los días de exposición, evidenciando un incremento en la claridad de la carne hacia el final del período.

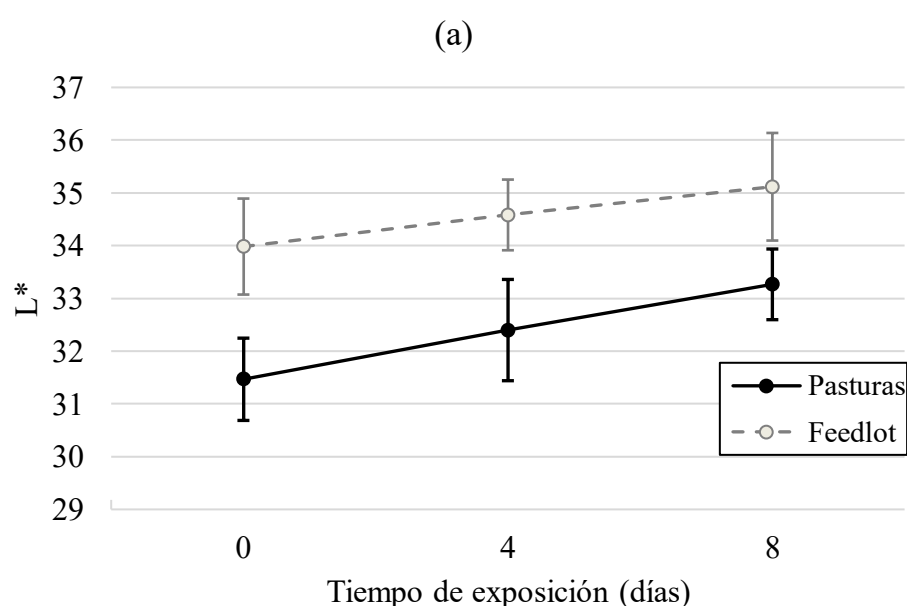
En cuanto al parámetro a^* , no se observaron diferencias significativas entre los sistemas de alimentación ($p > 0,05$) (figura 5 (b)). Estos resultados concuerdan con la investigación de Gatellier et al. (2005) y Realini et al. (2004). Sin embargo, no coinciden

con lo propuesto por Insani et al. (2008), quienes observaron una mayor rojeza en la carne del sistema pastura que en la de grano hacia finales de la exposición en vitrina refrigerada. Estos autores afirman que el mayor nivel de antioxidantes, en particular el α -tocoferol y el β -caroteno, en la carne de pasturas, contribuye a una mejor retención de la rojeza y, por consiguiente, una mayor estabilidad del color atribuible al sistema de producción. En la figura 5 (b) se puede observar que la rojeza de la carne al día 0 fue mayor a la de la carne de los días 4 y 8 de exposición en vitrina (efecto principal, $p < 0,0001$). Por lo tanto, este descenso del valor de a^* entre los días 0 y 4 se traduce en una pérdida de rojeza. Este mismo resultado se observó tanto en la carne del sistema feedlot como en la de pastura, y es coincidente con la investigación de Insani et al. (2008).

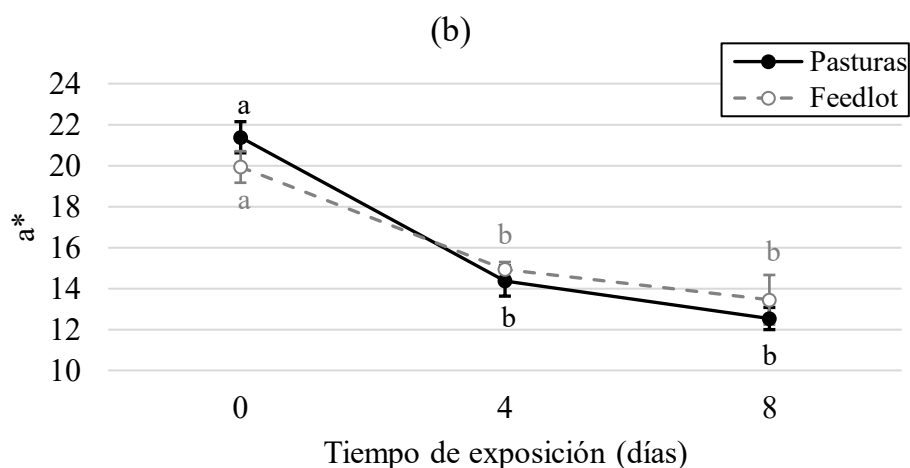
En relación al parámetro de amarillamiento (b^*) no se encontró un efecto del sistema ($p > 0,05$) (figura 5 (c)), lo que coincide con lo observado por Insani et al. (2008) en este mismo músculo, y por Terevinto Herrera (2017), Realini et al. (2004) y Razminowicz et al. (2006) en otros cortes. Tampoco se observó un efecto del tiempo de exposición en vitrina refrigerada (figura 5 (c)), contrario a lo observado por estos mismos autores, quienes sí encontraron que el amarillamiento variaba con el tiempo.

Figura 5

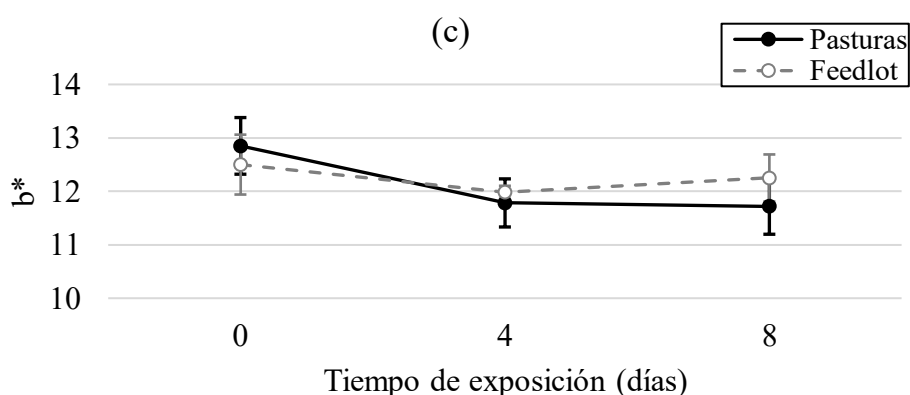
Parámetros del color del psoas mayor de novillos Aberdeen Angus en pasturas y feedlot



Efectos principales: Sistema: ($p < 0,01$), Feedlot > Pastura; Día: NS;
Interacción sistema x día: NS



Efectos principales: Sistema: NS; Día: ($p < 0,0001$), día 0 > día 4, día 8;
Interacción sistema x día: NS



Efectos principales: Sistema: NS; Día: NS; Interacción sistema x día: NS

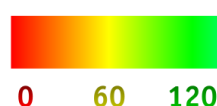
Nota. Los valores corresponden a medias $\pm$ error estándar de la media (SEM) ($n=6$). Letras distintas en minúscula indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre días de exposición dentro de cada sistema.

Al observar los resultados del ángulo de Hue o tono del color (figura 7), no hubo un efecto del sistema de alimentación del ganado. Esto es contrario a lo obtenido por Terevinto Herrera (2017) para el corte nalga de adentro (músculo principal *Semimembranosus*) en animales de la misma raza. En cambio, sí se observó un efecto principal del tiempo de exposición ($p < 0,0001$), resultado que coincide con lo encontrado por la autora mencionada anteriormente. El tono fue mayor en la carne de los días 4 y 8

de exposición comparado con la del día 0 (figura 7). La variación puede explicarse por la disminución de la rojeza (a^*) entre el día 0 y 4, ya que no hubo diferencia en el parámetro b^* . Teniendo en cuenta que los valores de hue al día 0 rondan los 30° y con el transcurso de los días pasan a valores cercanos a 40° , queda en evidencia que hubo una variación en el tono de color con el tiempo, pasando de un color rojo a uno más anaranjado, como se puede observar en la figura 6.

Figura 6

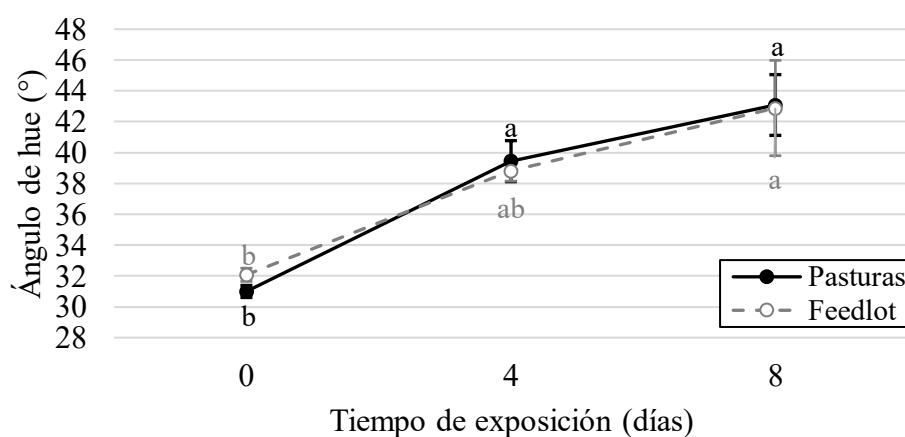
Escala de tono (Hue scale)



Nota. Tomado de Wikimedia commons (2021).

Figura 7

Valores de ángulo Hue del psoas mayor en novillos Aberdeen Angus en pasturas y feedlot



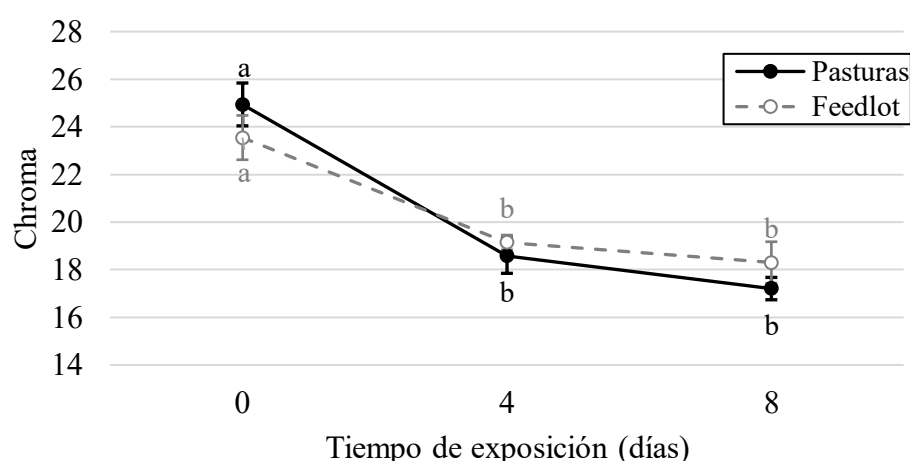
Efectos principales: Sistema: NS; Día: ($p < 0,0001$), día 8, día 4 > día 0;
Interacción sistema x día: NS

Nota. Los valores corresponden a medias $\pm$ error estándar de la media (SEM) ($n = 6$). Letras distintas en minúscula indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre días de exposición dentro de cada sistema.

Los resultados de chroma (saturación del color) no presentaron diferencias significativas entre los sistemas de alimentación del ganado (figura 8), coincidente con los resultados de Terevinto Herrera (2017). Sin embargo, se encontró un efecto significativo del tiempo de exposición ($p < 0,0001$) (figura 8), observándose una disminución en la saturación del color desde el día 0 hasta el día 4, y luego se mantuvo constante hasta el día 8. Este descenso coincide con lo observado previamente en carne bovina por Terevinto Herrera (2017), así como también con los resultados de Cho et al. (2015). Según Humada et al. (2014), una disminución en la saturación del color podría considerarse como un indicador de acumulación de metamioglobina en la superficie de la carne, y si utilizamos el valor de corte de chroma de 18 como indicador de la vida útil establecido por MacDougall (1982), los cortes evaluados estarían finalizando su vida útil al octavo día. Este valor de corte de 18 se asocia con contenidos de 20% de metamioglobina, que es el nivel requerido para que los consumidores rechacen la carne (Hood & Riordan, 1973, como se cita en MacDougall, 1982). A su vez, se puede explicar la caída de la saturación del color por el descenso que presenta la rojeza entre los días 0 y 4, ya que el cálculo de chroma depende del parámetro a^* (sección 3.2). Por lo tanto, lo que se produce es una pérdida de rojeza y de la saturación del color acompañada por una posible formación de metamioglobina (amarronamiento de la carne).

Figura 8

Valores de chroma del psoas mayor en novillos Aberdeen Angus en pasturas y feedlot



Efectos principales: Sistema: NS; Día: ($p < 0,0001$), día 0 > día 4, día 8;
Interacción sistema x día: NS

Nota. Los valores corresponden a medias $\pm$ error estándar de la media (SEM) ($n = 6$). Letras distintas en minúscula indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre días de exposición dentro de cada sistema.

4.2 pH

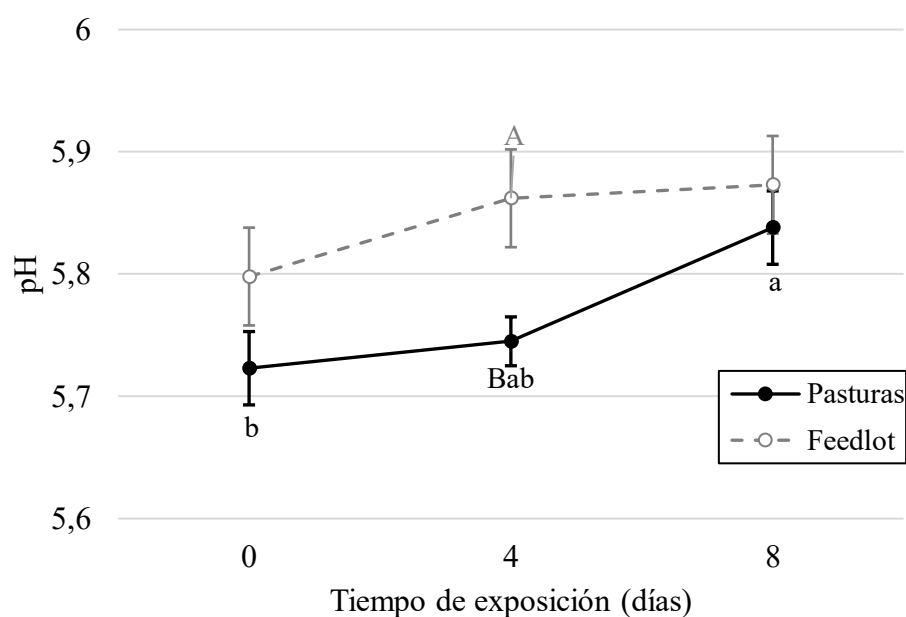
Los rangos promedio de pH encontrados en la carne del sistema a base de pasturas fueron de 5,72 a 5,84, mientras que en la carne del sistema feedlot se encontraron valores entre 5,80 y 5,87, entre los días 0 y 8 de exposición en vitrina refrigerada (figura 9). Si bien, estos valores se encuentran en su mayoría dentro del rango normal, algunos superan levemente el máximo de 5,8 reportado por Tarrant (1988). Esto podría deberse a que el *psoas mayor* es un músculo compuesto predominantemente de fibras tipo I (oxidativas), que exhiben menor contenido de glucógeno y menor potencial glucolítico (Choi & Kim, 2009) que los compuestos por fibras de tipo II (Lefaucheur, 2010; Salim et al., 2019). Esto provoca que, durante el metabolismo post mortem, se acumule una menor cantidad de ácido láctico, lo que dificulta el descenso del pH a valores normales (Patten et al. 2008). A pesar de que los resultados de pH fueron bastante similares entre sí, se encontró un efecto del sistema de producción ($p < 0,05$), donde la carne de los animales producidos a base de pasturas presentó valores de pH más bajos comparado con la carne de los animales producidos en feedlot, y se encontraron diferencias significativas al día 4, donde

los cortes de feedlot presentaron mayor pH. Por otra parte, los días de exposición también mostraron un efecto significativo ($p < 0,05$) donde se produjo un aumento del pH desde el día 0 al 8 (figura 9) coincidente con lo reportado por Salim et al. (2019), Hwang et al. (2010) y Joseph et al. (2012) para el ganado vacuno. Este incremento, según Salim et al. (2019), “podría estar relacionado con la proteólisis post mortem y la generación de metabolitos básicos, como las aminas, que contribuyen al aumento del pH durante la exposición en vitrina” (p. 1038).

Por otro lado, los resultados reportados por Lima et al. (2023) muestran una relación negativa entre el pH y el chroma. En este trabajo, si bien no se evaluó directamente la correlación, se observa un comportamiento similar; los valores de chroma al día 8 fueron inferiores a los registrados al día 0, mientras que el pH mostró el efecto inverso, con valores mayores al día 8 que al día 0. Esta relación negativa entre pH e intensidad de color (chroma) se explica por el mayor potencial oxidativo de la mioglobina en condiciones de pH elevado, lo que favorece la formación de metamioglobina y promueve la desaturación del color de la carne (Ijaz et al., 2020).

Figura 9

Valores de pH del psoas mayor en novillos Aberdeen Angus en pasturas y feedlot



Efectos principales:

Sistema: ($p < 0,05$), Feedlot > Pastura; Día: ($p < 0,05$), día 8 > día 0;

Interacción sistema x día: NS

Nota. Los valores corresponden a medias $\pm$ error estándar de la media (SEM) ($n=6$).

Letras distintas en mayúscula indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sistemas de producción en cada día de exposición. Letras distintas en minúscula indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre días de exposición dentro de cada sistema.

4.3 Pérdida de agua

Para los resultados de pérdida de agua, se evidenció un efecto significativo del sistema de producción ($p < 0,05$), con mayores pérdidas de agua en la carne proveniente de feedlot en comparación con la de pasturas (figura 10). De igual forma se observó un efecto de los días de exposición ($p < 0,05$), donde la carne del día 0 presentó una mayor pérdida de agua comparado con los días 4 y 8. La interacción entre el sistema y el día de exposición fue significativa ($p < 0,01$), lo que indica un patrón diferente de evolución según el tipo de alimentación. Mientras que en la carne de pasturas se produjo una menor pérdida de agua al día 4 en comparación con los días 0 y 8, en la carne proveniente de feedlot se mostró una disminución progresiva en la pérdida de agua a lo largo del tiempo,

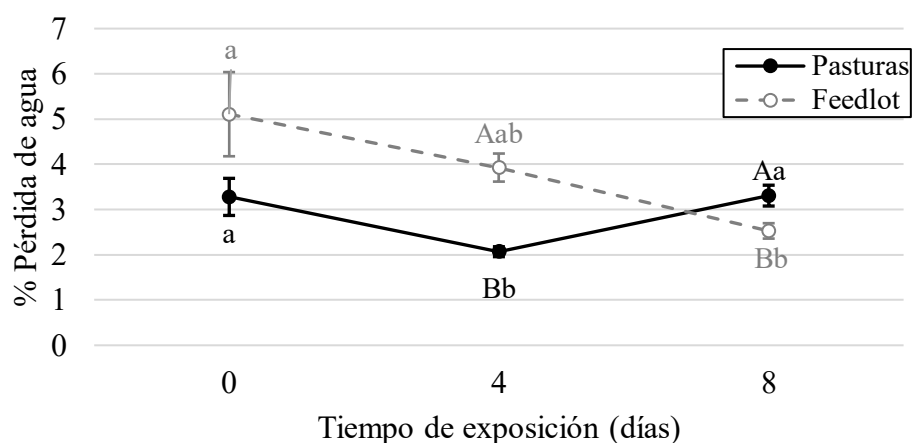
registrándose una mayor pérdida de agua al día 0 que al día 8. Cabe destacar que, si bien la carne de pasturas presentó una menor pérdida de agua comparado con la de feedlot en las mediciones al día 4, este resultado se invirtió al día 8 de exposición.

Los resultados obtenidos se condicen con lo reportado por Insani et al. (2008) y Humada et al. (2014), donde se afirma que la carne producida a pasturas tiene mayor capacidad de retención de agua en exposición que la carne producida en sistemas intensivos. También en el trabajo de Muramoto et al. (2005) se evidencian menores pérdidas de agua en la carne de animales criados a pasturas medido como pérdidas por goteo. Este es un aspecto importante, ya que es deseable producir carne con mayor retención de agua debido a la influencia de este factor sobre la jugosidad del producto final y su aceptación sensorial por parte del consumidor (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). Este comportamiento podría ser explicado por la mayor estabilidad oxidativa de las proteínas de la carne producida a pasturas, que son en parte responsables de la retención de agua. Diversos autores han demostrado que la carne proveniente de sistemas pastoriles presenta menor oxidación proteica, y lo explican por un mayor contenido de compuestos antioxidantes (Insani et al., 2008; Terevinto Herrera, 2017).

Si bien un menor pH suele asociarse con mayores pérdidas de agua y una mayor luminosidad, características típicas de las carnes PSE (pale, soft, exudative), en este estudio se observó un comportamiento diferente. La carne proveniente de animales alimentados a pastura, que presentó un menor pH, no mostró una mayor pérdida de agua ni luminosidad. Por el contrario, la carne del sistema feedlot presentó un pH más elevado, acompañado de una mayor pérdida de agua y luminosidad, evidenciando un patrón opuesto al esperado según la relación entre pH y calidad de carne. A pesar de que los resultados no fueron los esperados, es importante señalar que los valores de pH se ubicaron dentro de los rangos considerados normales. Esto permitiría inferir que las características relacionadas con la pérdida de agua y el color se mantendrían dentro de parámetros aceptables.

Figura 10

Pérdida de agua (%) del psoas mayor en novillos Aberdeen Angus en pasturas y feedlot



Efectos principales:

Sistema: ($p < 0,05$), Feedlot > Pastura; Día: ($p < 0,05$), día 0 > día 4, día 8;
Interacción sistema x día: ($p < 0,01$)

Nota. Los valores corresponden a medias $\pm$ error estándar de la media (SEM) ($n = 6$).

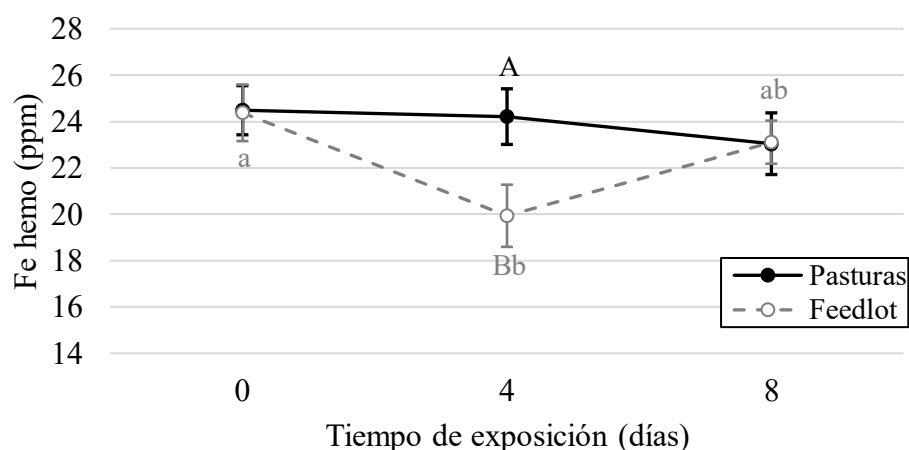
Letras distintas en mayúscula indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sistemas de producción en cada día de exposición. Letras distintas en minúscula indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre días de exposición dentro de cada sistema.

4.4 Hierro hemo

En relación con el contenido de hierro hemo no se observó un efecto principal del sistema de producción ni tampoco de los días de exposición (figura 11). Sin embargo, al día 4 se obtuvo un mayor contenido de hierro hemo en la carne proveniente de pasturas en comparación con la de feedlot ($p < 0,05$). Cabe destacar, que en el sistema con pasturas el contenido de hierro hemo de la carne se mantuvo constante a lo largo del tiempo de exposición en vitrina, mientras que en el sistema con concentrado hubo una caída significativa del día 0 al 4, y luego aumentó hacia el día 8, pero sin presentar diferencias significativas con respecto al día 4. Aunque el aumento no resultó significativo, es importante señalar que las mediciones no se realizaron sobre el mismo trozo de carne, sino sobre muestras distintas del mismo corte, lo que podría explicar la variación observada. En general, el hierro hemo tiende a disminuir al pasar los días. Este comportamiento fue reportado en trabajos como en el de Purohit et al. (2015).

Figura 11

Contenido de hierro hemo del psoas mayor en novillos Aberdeen Angus en pasturas y feedlot



Efectos principales: Sistema: NS; Día: NS; Interacción sistema x día: NS

Nota. Los valores corresponden a medias $\pm$ error estándar de la media (SEM) ($n=6$).

Letras distintas en mayúscula indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sistemas de producción en cada día de exposición. Letras distintas en minúscula indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre días de exposición dentro de cada sistema.

4.5 Contenido total de lípidos

Con respecto al contenido total de lípidos de la grasa intramuscular de la carne (%) no se observaron diferencias entre los sistemas de producción ($p > 0,05$) (tabla 1). Esto podría ser explicado por el grado de conformación y terminación similar al momento de la faena, en donde todos los animales lograron una letra INAC A, y un grado de terminación entre 1 y 2 (véase tabla A1 y A2). Esto ocurre ya que el contenido de lípidos intramusculares está relacionado con el grado de engrasamiento del animal, y si bien los animales producidos a pasturas fueron faenados con una edad de entre 3,5 a 4,5 años, y los de feedlot con 1,5 años (por lo menos dos años menos), todos se encontraban en similares condiciones corporales.

Aunque en este estudio no se observaron diferencias en el contenido de lípidos de la grasa intramuscular de la carne de animales producidos a pasturas y terminados en feedlot, en la bibliografía se ha visto que, por lo general, la carne de animales alimentados

con granos presenta un mayor contenido de lípidos comparado con los de pasturas (Brito et al., 2010; Descalzo et al., 2005; Realini et al., 2004; Terevinto Herrera, 2017). Por ejemplo, para el músculo *longissimus dorsi*, Brito et al. (2010) reportaron valores de 4,5% contra 2,8% de grasa intramuscular para animales terminados con concentrados y pasturas, respectivamente. Terevinto Herrera (2017) también reportó este comportamiento para el corte nalga de adentro evaluando animales de similar edad y peso, obteniendo contenidos de lípidos de 4,52% y 1,78% para animales de feedlot y pasturas, respectivamente.

No haber encontrado diferencias entre los sistemas también puede ser explicado debido a que el *psaos major* (principal componente del corte lomo) es un músculo con una elevada proporción de fibras oxidativas tipo I, lo que determina que tenga bajos porcentajes de lípidos intramusculares (Hwang et al., 2010), lo que logra atenuar las diferencias entre los dos sistemas de alimentación con respecto a este parámetro.

El contenido de lípidos puede dar indicios tanto sobre la intensidad de la alimentación como del metabolismo muscular. Particularmente en este trabajo se estudió en similares condiciones corporales a la faena, mostrando que, para terminar el animal con la misma conformación y terminación, en el sistema más intensivo fue necesario mucho menos tiempo que en el sistema pastoril.

Tabla 1

Contenido total de lípidos del psaos major de novillos Aberdeen Angus en pasturas y feedlot

	Pastura	Feedlot	P
% Lípidos Total	4.59 ± 0.35	4.92 ± 0.58	NS

Nota. Los valores corresponden a medias ± error estándar de la media (SEM) (n=6).

4.6 Oxidación de lípidos

Los resultados de oxidación lipídica obtenidos en el corte lomo no presentaron un efecto principal del sistema de producción (figura 12). Esto es opuesto a lo presentado por Terevinto Herrera (2017) para el corte nalga, donde se observó mayores niveles de

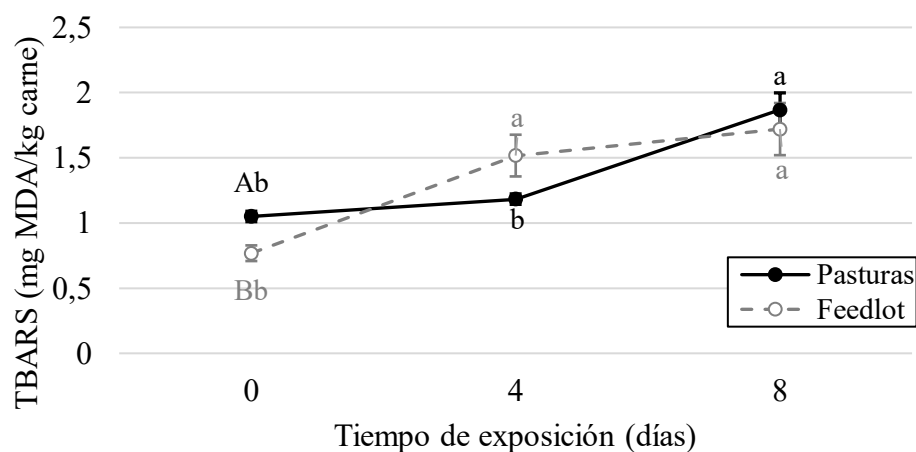
oxidación en la carne de feedlot comparado con la carne de animales alimentados a pasturas. De hecho, también son contrarios a lo reportado por Gatellier et al. (2005) y Descalzo et al. (2000), quienes encontraron contenidos de TBARS entre dos y tres veces mayores en la carne de feedlot que en los cortes provenientes de pasto, respectivamente. Los resultados contrarios de estos estudios pueden ser explicados porque la oxidación lipídica es afectada por la composición de ácidos grasos y por la concentración de vitamina E (Arnold et al., 1993; Renerre, 2000). A su vez, como se ha descrito en Gatellier et al. (2005), el hierro hemínico es un compuesto prooxidante debido a su reacción con peróxido de hidrógeno para dar radicales que son capaces de iniciar la oxidación de lípidos en muchos sistemas biológicos. Por lo tanto, la ausencia de diferencias significativas previamente observadas en el contenido de hierro hemo en la carne de ambos sistemas podría explicar, en parte, la falta de diferencias significativas en la oxidación lipídica.

En cuanto al tiempo de exposición, se encontró un efecto significativo ($p < 0,0001$), con valores de TBARS que fueron aumentando del día 0 al 8 (figura 12). Este resultado es coincidente con lo hallado por otros estudios en carne bovina (Cho et al., 2015; Insani et al., 2008; Purohit et al., 2015; Terevinto Herrera, 2017). Sin embargo, en ninguno de los dos sistemas se superó el umbral de 2 mg de MDA por kilogramo de carne, a partir del cual se puede detectar rancidez (Campo et al., 2006). Al observar la figura 12, se puede ver que la carne proveniente de animales alimentados a pasturas no presentó un aumento significativo de la oxidación entre los días 0 y 4, manifestándose un incremento recién a partir del día 4. En cambio, en la carne de animales en feedlot, el aumento de la oxidación ocurrió previamente, entre los días 0 y 4, para luego estabilizarse hasta el día 8. Los datos obtenidos evidencian diferencias en el comportamiento oxidativo a lo largo del tiempo de exposición para los sistemas de producción. Esto podría explicarse por una mayor capacidad antioxidante de la carne proveniente de animales alimentados a pasturas, asociada a un mayor contenido de β -caroteno y α -tocoferol (Terevinto Herrera, 2017) provenientes de las pasturas, lo cual no fue medido en este estudio, pero puede ser fundamentado por la bibliografía. Estos compuestos podrían atenuar los efectos prooxidantes propios de las condiciones habituales de venta en vitrina (exposición a la luz, film permeable al oxígeno y temperatura de refrigeración no de congelación).

Sin embargo, específicamente en el día 0, se observó una mayor oxidación en la carne proveniente de sistemas pastoriles en comparación con la carne terminados a corral ($p<0,01$). Además, se observó una interacción sistema x día mostrando un efecto significativo sobre los valores de TBARS.

Figura 12

Oxidación lipídica del psoas mayor en novillos Aberdeen Angus en pasturas y feedlot



Efectos principales: Sistema: NS; Día: ($p<0,0001$), día 8 > día 4 > día 0;
Interacción sistema x día: ($p<0,05$)

Nota. Los valores corresponden a medias $\pm$ error estándar de la media (SEM) ($n=6$). Letras distintas en mayúscula indican diferencias significativas ($p<0,05$) entre sistemas de producción en cada día de exposición. Letras distintas en minúscula indican diferencias significativas ($p<0,05$) entre días de exposición dentro de cada sistema.

5 CONCLUSIONES

A partir de la evidencia generada en este trabajo final de grado, se concluye que, en general, el sistema de alimentación no tuvo un efecto sobre los parámetros de calidad evaluados en el corte lomo de novillos Aberdeen Angus producidos en Uruguay. Sin embargo, el parámetro correspondiente a la pérdida de agua reflejó una menor capacidad de retención de agua en la carne proveniente de animales terminados en el sistema feedlot, lo que podría estar repercutiendo negativamente en la jugosidad del producto final.

A lo largo del período de exposición en vitrina refrigerada, la mayoría de los parámetros analizados experimentaron variaciones, evidenciando que el tiempo de exposición constituye un factor más determinante que el sistema de producción en la estabilidad del producto, debido a los procesos naturales de oxidación y degradación asociados al almacenamiento.

En conjunto, los resultados obtenidos no permiten confirmar la hipótesis planteada de que la carne producida a base de pasturas presentaría una mayor calidad y estabilidad oxidativa durante la exposición en vitrina refrigerada. No obstante, los datos sugieren que la carne de pasturas presenta una mayor estabilidad oxidativa durante los primeros cuatro días de exposición en vitrina, comparado con la de feedlot.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Arnold, R. N., Arp, S. C., Scheller, K. K., Williams, S. N., & Schaefer, D. M. (1993). Tissue equilibration and subcellular distribution of vitamin E relative to myoglobin and lipid oxidation in displayed beef. *Journal of Animal Science*, 71(1), 105-118.
- Bennet, L. L., Hammond, A. C., Williams, M. J., Kunkle, W. E., Johnson, D. D., & Preston, R. L. (1995). Performance, carcass yield, and carcass quality characteristics of steers finished on rhizoma peanut-tropical grass pasture or concentrate. *Journal of Animal Science*, 73(7), 1881-1887.
- Berretta, E. J. (2003). *Uruguay: Perfiles del recurso pastura-forraje*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/63-uruguay.pdf
- Bianchi, G., & Feed, O. (2009). *Introducción a la ciencia de la carne*. Hemisferio Sur.
- Bidner, T. D., Schupp, A. R., Mohamad, A. B., Rumore, N. C., Montgomery, R. E., Bagley C. P., & McMillin, K. W. (1986). Acceptability of beef from Angus-Hereford or Angus-Hereford Brahman steers finished on all-forage or a high energy diet. *Journal of Animal Science*, 62(2), 381-387.
- Brewer, S. (2004). Irradiation effects on meat color: A review. *Meat Science*, 68(1), 1-17.
- Brito, G., Luzardo, S., Montossi, F., San Julián, R., Silveira, C., del Campo, M., & Lagomarsino, X. (2010). *Diferenciación de las carnes bovinas y ovinas del Uruguay a partir de sus propiedades nutricionales y la conservación del producto*. INIA. <https://inia.uy/sites/default/files/publications/2024-10/CALIDAD-DE-CARNE-2010P23-49.pdf>
- Campo, M. M., Nute, G. R., Hughes, S. I., Enser, M., Wood, J. D., & Richardson, R. I. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72(2), 303-311.
- Cho, S., Kang, G., Seong, P. -N., Park, B., & Kang, S. M. (2015). Effect of slaughter age on the antioxidant enzyme activity, color, and oxidative stability of Korean Hanwoo (*Bos taurus coreanae*) cow beef. *Meat Science*, 108, 44-49

- Choi, Y. M., & Kim, B. C. (2009). Muscle fiber characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality. *Livestock Science*, 122(2-3), 105-118.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.08.015>
- Daley, C. A., Abbott, A., Doyle, P. S., Nader, G. A., & Larson, S. (2010). A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal*, 9, Artículo e10. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-9-10>
- Decreto N.º 369/983. (1983, 16 de noviembre). *Diario Oficial*, (21.605), 264-272.
<https://www.impco.com.uy/diariooficial/1983/11/16/2>
- Descalzo, A. A., Insani, E. M., Margaria, C. A., García, P. T., Josifovich, J. L., & Pensel, N. A. (2000). Antioxidant status and lipid oxidation in fresh Argentine beef from pasture and grain-fed steers with vitamin E supra-nutritional supplementation. En International Congress of Meat Science and Technology (Ed.), *Meat diversifies meals: 46th International Congress of Meat Science and Technology* (pp. 562-563). INTA.
- Descalzo, A. M., Insani, E. M., Biolatto, A., Sancho, A. M., García, P. T., Pensel, N. A., & Josifovich, J. A. (2005). Influence of pasture or grain-based diets supplemented with vitamin E on antioxidant/oxidative balance of Argentine beef. *Meat Science*, 70(1), 35-44. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.11.018>
- Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2019). A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*, 8(10), Artículo e429. <https://doi.org/10.3390/antiox8100429>
- Entendiendo El Espacio de Color CIE L*A*B** (s.f.). Konica Minolta.
<https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>
- Folch, J., Lees, M., & Sloane-Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226(1), 497-509.
- Forrest, J., Aberle, E., Hedrick, H., Judge, M., & Merkel, R. (1979). *Fundamentos de la ciencia de la carne*. Acribia.

- Gatellier, P., Mercier, Y., Juin, H., & Renerre, M. (2005). Effect of finishing mode (pasture- or mixed diet) on lipid composition, colour stability and lipid oxidation in meat from Charolais cattle. *Meat Science*, 69(1), 175-186.
- Gil, S. B. (2006). *Engorde intensivo (feedlot), elementos que intervienen y posibles impactos en el medio ambiente*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/08-feedlot.pdf
- Gorga, L., & Piegas, F. (2024). Cadena de la carne vacuna: Situación y perspectivas. En *Anuario OPYPA* (pp. 1-30). MGAP. <https://descargas.mgap.gub.uy/OPYPA/Anuarios/Anuarioopypa2024/CP/2/CP2web/CP2-Cadenadelacarne.pdf>
- Historia de la ganadería uruguaya. (2011). *Notinac*, (3), 1-2. <https://www.inac.uy/innovaportal/file/6103/1/suplemento-escolar-numero-3.pdf>
- Holloszy, J. O., Oscai, L. B., Molé, P. A., & Don, I. J. (1971). Biochemical adaptations to endurance exercise in skeletal muscle. En B. Pernow & B. Saltin (Eds.), *Muscle metabolism during exercise* (pp. 51-61). Springer
- Hornsey, H. C. (1956). The colour of cooked cured pork. I-Estimation of the nitric oxide-haem pigments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 7(8), 534-540.
- Huff-Lonergan, E., & Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71(1), 194-204. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.022>
- Hughes, J. M., Oiseth, S. K., Purslow, P. P., & Warner, R. D. (2014). A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Science*, 98(3), 520-532. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.022>

- Humada, M. J., Sañudo, C., & Serrano, E. (2014). Chemical composition, vitamin E content, lipid oxidation, colour and cooking losses in meat from Tudanca bulls finished on semi-extensive or intensive systems and slaughtered at 12 or 14 months. *Meat Science*, 96(2), 908-915.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.10.004>
- Hurrell, R., & Egli, I. (2010). Iron bioavailability and dietary reference values. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91(5), 1461S-1467S.
<https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.28674f>
- Hwang, Y. H., Kim, G. D., Jeong, J. Y., Hur, S. J., & Joo, S. T. (2010). The relationship between muscle fiber characteristics and meat quality traits of highly marbled Hanwoo (Korean native cattle) steers. *Meat Science*, 86(2), 456-461.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.034>
- Ijaz, M., Li, X., Zhang, D., Hussain, Z., Ren, C., Bai, Y., & Zheng, X. (2020). Association between meat color of DFD beef and other quality attributes. *Meat Science*, 161, Artículo e107954. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107954>
- Insani, E. M., Eyherabide, A., Grigioni, G., Sancho, A. M., Pensel, N. A., & Descalzo, A. M. (2008). Oxidative stability and its relationship with natural antioxidants during refrigerated retail display of beef produced in Argentina. *Meat Science*, 79(3), 444-452. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.10.017>
- Instituto Nacional de Carnes. (s.f.a). *Síntesis del ejercicio agrícola 2024/2025*.
https://www.inac.uy/innovaportal/v/26729/37/innova.bs/sintesis-del-ejercicio-agricola-2023_2024
- Instituto Nacional de Carnes. (s.f.b). *Situación del sector cárnico y apuesta al crecimiento: Cierre de año 2024*.
<https://www.inac.uy/innovaportal/v/27223/37/innova.bs/situacion-del-sector-carnico-y-apuesta-al-crecimiento---cierre-de-ano-2024>
- Instituto Nacional de Carnes. (2023). *Manual uruguayo de cortes bovinos*.
https://uruguaymeats.uy/wp-content/uploads/2024/05/Manual-Cortes-de-Carne_ESPING-DIGITAL-3.pdf

- Instituto Nacional de Carnes. (2024). *Cierre de estadísticas 2024*.
<https://www.inac.uy/innovaportal/file/27223/1/gacetilla-12dic2024-v1---agro.pdf>
- Instituto Nacional de Carnes. (2025). *Informe Anuario estadístico 2024*.
<https://www.inac.uy/innovaportal/file/26288/1/anuario-estadistico-2024.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística. (2024). *Censo 2023: Población estimada, crecimiento intercensal y estructura por sexo y edad de Uruguay*.
<https://www5.ine.gub.uy/documents/CENSO%202023/Poblaci%C3%B3n%20estimada,%20crecimiento%20intercensal%20y%20estructura%20por%20sexo%20y%20edad.pdf>
- Joseph, P., Suman, S. P., Rentfrow, G., Li, S., & Beach, C. M. (2012). Proteomics of muscle-specific beef color stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(12), 3196-3203. <https://doi.org/10.1021/jf204188v>
- Kong, F., & Singh, R. P. (2016). Advances in instrumental methods for shelf life evaluation. En P. Subramaniam (Ed.), *The stability and shelf life of food* (2nd ed., pp. 229-251). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100435-7.00008-3>
- La raza: Breve historia del Aberdeen Angus* (s.f.). Sociedad de criadores de Aberdeen Angus del Uruguay. <https://angusuruguay.com/la-raza/>
- Lefaucheur, L. (2010). A second look into fibre typing: Relation to meat quality. *Meat Science*, 84(2), 257-270. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.05.004>
- Lima, L. C. S., Salim, A. P. A. A., Trezze, I. M. M., Ferreira, M. S., Monteiro, M. L. G., Vasconcellos-Junior, F. J., Mano, S. B., & Conte-Junior, C. A. (2023). High-intensity ultrasound improves color and oxidative stability of beef from grain-fed and pasture-fed Nellore cattle. *Meat Science*, 206, Artículo e109324. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109324>
- Lynch, S. M., & Frei, B. (1993). Mechanisms of copper- and iron-dependent oxidative modification of human low-density lipoprotein. *Journal of Lipid Research*, 34, 1745-1753. [https://doi.org/10.1016/S0022-2275\(20\)35737-0](https://doi.org/10.1016/S0022-2275(20)35737-0)

- MacDougall, D. B. (1982). Changes in the colour and opacity of meat. *Food Chemistry*, 9(1-2), 75-88. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(82\)90070-X](https://doi.org/10.1016/0308-8146(82)90070-X)
- McVeigh, J. M., Tarrant, P. V., & Harrington, M. G. (1982). Behavioural stress and skeletal muscle glycogen metabolism in young bulls. *Journal of Animal Science*, 54(4), 790-795. <https://doi.org/10.2527/jas1982.544790x>
- Mestre, P. D. (s.f.). *El momento de la raza quedó de manifiesto en la gira Angus*. SCAAU. <https://angusuruguay.com/el-momento-de-la-raza-queda-de-manifiesto-en-la-gira-angus/>
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (2025, 2 de abril). *Datos actualizados basados en la declaración jurada de existencias DICOSE–SNIG 2024*. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/datos/datos-actualizados-basados-declaracion-jurada-existencias-dicose-snig-1>
- Morrissey, P. A., Sheehy, P. J. A., Galvin, K., Kerry, J. P., & Buckley, D. J. (1998). Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science*, 49(suppl. 1), 73-86.
- Muir, P. D., Smith, N. B., Wallace, G. J., Cruickshank, G. J., & Smith, D. R. (1998). The effect of short-term grain feeding on liveweight gain and beef quality. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 41(4), 517-526.
- Muramoto, T., Higashiyama, M., & Kondo, T. (2005). Effects of pasture finishing on beef quality of Japanese Shorthorn steers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 18(3), 420-426.
- NCSS. (2025). *NCSS Statistical Software* (Versión 2025) [Software]. <https://www.ncss.com/>
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2015). *Regiones Agropecuarias del Uruguay*. MGAP. https://medios.presidencia.gub.uy/tav_portal/2015/noticias/NO_Q238/mgap.pdf
- Ordway, G. A., & Garry, D. J. (2004). Myoglobin: An essential hemoprotein in striated muscle. *Journal of Experimental Biology*, 207, 3441-3446.

- Oyharzábal Aunchayna, C., & Pioli Debat, D. A. (2006). *Efecto de la duración del transporte y del tiempo de espera sobre la calidad de la canal y de la carne de vaquillonas en pastoreo* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/19332>
- Patten, L. E., Hodgen, J. M., Stelzleni, A. M., Calkins, C. R., Johnson, D. D., & Gwartney, B. L. (2008). Chemical properties of cow and beef muscles: Benchmarking the differences and similarities. *Journal of Animal Science*, 86(8), 1904-1916. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0478>
- Pereiro, M. (2014). *Contenido y bioaccesibilidad in vitro del hierro en músculos de novillos Aberdeen Angus alimentados a pastura, pastura más suplemento feedlot* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/5065>
- Priolo, A., Micol, D., & Agabriel, J. (2001). Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour: A review. *Animal Research*, 50(3), 185-200.
- Purohit, A., Singh, R., Kerr, W., & Mohan, A. (2015). Effects of heme and nonheme iron on meat quality characteristics during retail display and storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 9(2), 175-185. <https://doi.org/10.1007/s11694-015-9222-y>
- Razminowicz, R. H., Kreuzer M., & Scheeder, M. R. L. (2006). Quality of retail beef from two grass-based production systems in comparison with conventional beef. *Meat Science*, 73(2), 351-361.
- Real Academia Española. (s.f.). Calidad. En *Diccionario de la lengua española* (23ª ed.). <https://dle.rae.es/calidad>
- Realini, C. E., Duckett, S. K., Brito, G. W., Dalla Rizza, M., & De Mattos, D. (2004). Effect of pasture vs concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*, 66(3), 567-577.
- Referencias históricas de la Raza Hereford* (s.f.). Hereford Uruguay. <https://www.hereford.org.uy/la-raza-3>

- Renner, M. (2000). Oxidative processes and myoglobin. En E. Decker, C. Faustman & C. J. Lopez-Bote (Eds.), *Antioxidants in muscle foods: Nutritional strategies to improve quality* (pp. 113-133). John Wiley & Sons.
- Salim, A. P. A. A., Suman, S. P., Canto, A. C. V. C. S., Costa-Lima, B. R. C., Viana, F. M., Monteiro, M. L. G., Silva, T. J. P., & Conte-Junior, C. A. (2019). Muscle-specific color stability in fresh beef from grain-finished *Bos indicus* cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(7), 1036-1043.
<https://doi.org/10.5713/ajas.18.0531>
- Sapp, P. H., Williams, S. E., & McCann, M. A. (1999). Sensory attributes and retail display characteristics of pasture and/or grain fed beef aged 7, 14 or 21 days. *Journal of Food Quality*, 22, 257-274.
- Schroeder, J. W., Cramer, D. A., Bowling, R. A., & Cook, C. W. (1980). Palatability, shelf-life and chemical differences between forage- and grain-finished beef. *Journal of Animal Science*, 50(5), 852-859.
- Sere, C., & Steinfeld, H. (con J. Groenewold) (1996). *World livestock production systems: Current status, issues and trends*. FAO.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/15cb8917-378c-40ef-9aab-9684def0e84c/content>
- Sociedad de criadores de Aberdeen Angus del Uruguay (2024). *Anuario Angus 2024*.
<https://angusuruguay.com/wp-content/uploads/2024/09/Anuario-Angus-2024.pdf>
- Tarrant, P. V. (1988). Animal behaviour and environment in the dark cutting condition in beef: A review. *Irish Journal of Food Science and Technology*, 13(1), 1-21.
<https://www.jstor.org/stable/25580937>
- Terevinto Herrera, M. A. (2017). *La estabilidad oxidativa de la carne fresca, madurada y refrigerada de novillos Aberdeen Angus producidos en Uruguay* [Disertación doctoral, Universidad de la República]. Colibri.
<https://hdl.handle.net/20.500.12008/29294>

- Vestergaard, M., Oksbjerg, N., & Henckel, P. (2000). Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of semitendinosus, longissimus dorsi and supraspinatus muscles of young bulls. *Meat Science*, 54(2), 177-185.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174099000972>
- Vignale Centanino, I. (2015). *Parámetros de calidad de la carne y la canal en ganado Aberdeen Angus del Uruguay* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/10303>
- Warriss, P. D. (2000). *Meat science: An introductory text*. CABI.
https://ibf.iuh.edu.vn/wp-content/uploads/2020/04/P.-D.-Warriss-Meat-Science_-An-Introductory-Text-CABI-2000.pdf
- Wikimedia commons. (2021). *File: Hue Scale*.
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HueScale.svg>
- Yang, A., Lanari, M. C., Brewster, M., & Tume, R. K. (2002). Lipid stability and meat colour of beef from pasture- and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement. *Meat Science*, 60(1), 41-50.
- Zorrilla, H. T. (2022, 19 de junio). La potencia de Hereford en la producción. *El País*.
<https://rurales.elpais.com.uy/ganaderia/la-potencia-de-hereford-en-la-produccion>

7 ANEXO

Tabla A1*Peso y clasificación de lomos en sistema a pasto*

Fecha de faena	Peso 2. ^a balanza (kg)	Peso en pie (kg)	Conformación (INAC)	Dientes (n.º)	Grasa (escala)	Letra INAC	Categoría
6/2/2025	133,5	492	A1	8	1	A	Novillos
6/2/2025	144,9	492	A61	6	1	A	Novillos 6 Dientes
6/2/2025	137,5	492	A61	6	1	A	Novillos 6 Dientes
6/2/2025	131,5	492	A61	8	2	A	Novillos
6/2/2025	146,1	533	A2	8	2	A	Novillos
6/2/2025	149	533	A2	8	2	A	Novillos

Nota. Conformación, escala de grasa y letra según tipificación INAC. “Dientes” indica número de incisivos permanentes. Los pesos se expresan en kilogramos (kg). Elaborado con base en Instituto Nacional de Carnes (INAC, 2023) y Frigorífico Marfrig (comunicación personal, 27 de marzo, 2025).

Tabla A2*Peso y clasificación de lomos en sistema feedlot*

Fecha de faena	Peso 2. ^a balanza (kg)	Peso en pie (kg)	Conformación (INAC)	Dientes (n.º)	Grasa (escala)	Letra INAC	Categoría
6/2/2025	152,5	514	AJ2	2	2	A	Novillo joven
6/2/2025	131,6	540	AJ2	2	2	A	Novillo joven
6/2/2025	158,5	540	AJ2	2	2	A	Novillo joven
6/2/2025	137,1	540	AJ2	2	2	A	Novillo joven
6/2/2025	153,6	540	AJ2	2	2	A	Novillo joven
6/2/2025	163,6	540	AJ2	2	2	A	Novillo joven

Nota. Conformación, escala de grasa y letra según tipificación INAC. “Dientes” indica número de incisivos permanentes. Los pesos se expresan en kilogramos (kg). Elaborado con base en INAC (2023) y Frigorífico Marfrig (comunicación personal, 27 de marzo, 2025).

Referencia bibliográfica de Anexo

Instituto Nacional de Carnes. (2023). *Manual uruguayo de cortes bovinos*.

https://uruguaymeats.uy/wp-content/uploads/2024/05/Manual-Cortes-de-Carne_ESPING-DIGITAL-3.pdf