UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA FACULTAD DE VETERINARIA

EVALUACIÓN DE HERRAMIENTAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ANTIGÜEDAD DE LOS HEMATOMAS OCURRIDOS EN LAS ÚLTIMAS ETAPAS PREVIAS A LA FAENA EN BOVINOS PARA CARNE: Experimento 2

"por"

Manuela DEL CAMPO SARAVIA

TESIS DE GRADO presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Doctor en Ciencias Veterinarias

Orientación: Medicina Veterinaria

MODALIDAD: Trabajo Experimental

PÁGINA DE APROBACIÓN

| Tesis de grado aprobada por: | |
|------------------------------|---------------------------|
| Presidente de mesa: | Dr. Gonzalo Saralegui |
| Segundo miembro (Tutor): | Ing. Agr. Gustayo Brito |
| Tercer miembro: | Dra. Stella M. Huertas |
| Cuarto miembro: | Dra. Nadia Crosignani |
| Fecha: | 14 de julio de 2023 |
| Autores: | |
| | Manuela del Campo Saravia |

AGRADECIMIENTOS

- A Mamá y Papá que me apoyaron incondicionalmente, siempre queriendo lo mejor para mí, apoyándome en los momentos buenos y en los no tan buenos siendo un sostén fundamental para mí.
- A mis hermanos, Rodri y Gonza que son mi equipo favorito, los mejores futuros colegas que voy a tener. Sin ellos esta etapa no hubiese sido lo mismo para mí.
- A mis amigas, siempre apoyándome y acompañándome, alegrándose con cada logro como si fuese de ellas.
- Agradecer a mi querida FVet, sin duda la etapa más linda de mi vida. Gracias a esta hermosa carrera por hacerme vivir momentos tan lindos, por haberme cruzado con personas tan increíbles que hoy son amistades que durarán para toda la vida, por haberme hecho crecer como persona y sin duda como profesional.
- Al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) por permitirme ser parte de este trabajo.
- A mi tutor, Gustavo Brito, por la paciencia y dedicación.
- Por último y no menos importante, gracias a la Tía Marcia y al Tío Maneco que fueron fundamentales para mí en este trabajo.

Tabla de contenido

PÁGINA DE APROBACIÓN

AGRADECIMIENTOS

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

| 1. | RESUMEN | 8 |
|----|---|----|
| 2. | SUMMARY | 10 |
| 3. | INTRODUCCIÓN | 11 |
| 4. | REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 12 |
| | 4.1 La ganadería en Uruguay | 12 |
| | 4.2 Industria | 14 |
| | 4.3 Exportaciones | 15 |
| | 4.4 Exigencias de los mercados de alto valor | 16 |
| | 4.5 Alternativas de diferenciación | 19 |
| | 4.6 ¿Qué es el Bienestar Animal (BA)? | 23 |
| | 4.7 Manejo y BA en el establecimiento y en las etapas previas al embarque | 26 |
| | 4.8 Manejo y BA en la carga, transporte y descarga | 27 |
| | 4.9 Manejo y BA en la planta frigorífica | 29 |
| | 4.10 Situación de Uruguay respecto al Bienestar Animal | 30 |
| | 4.11 Estrés | 32 |
| | 4.12 Impacto del estrés en la calidad de la canal y la carne | 34 |
| | 4.13 Consecuencias y pérdidas económicas por mal manejo en Uruguay | 39 |
| | 4.14 Hematomas | 44 |
| | 4.14.1 Factores que contribuyen a su aparición | 45 |
| | 4.14.2 Características de los hematomas | 47 |
| | 4.14.3 Métodos para determinar la antigüedad de los hematomas | 50 |
| 5. | HIPÓTESIS | 54 |
| 6. | OBJETIVOS | 54 |
| | 6.1 Objetivo general | 54 |
| | 6.2 Objetivos específicos | 54 |
| 7. | MATERIALES Y MÉTODOS | 56 |
| | Animales | 56 |
| | Tratamientos | 56 |

| | Registros | 57 |
|----|-------------------------------|----|
| | 7.1 Color objetivo | 57 |
| | 7.2 Temperatura tisular | 57 |
| | 7.3 Elastosonografia | 58 |
| | 7.4 Análisis histológicos | 59 |
| | 7.4.1 Hemorragia | 59 |
| | 7.4.2 Infiltrado inflamatorio | 59 |
| | 7.4.3 Necrosis | 60 |
| | 7.5 Análisis estadístico | 60 |
| 8. | RESULTADOS | 61 |
| | 8.1 Color objetivo | 61 |
| | 8.2 Temperatura tisular | 61 |
| | 8.3 Elastosonografía | 62 |
| | 8.4 Análisis histológicos | 63 |
| | 8.4.1 Hemorragia | 63 |
| | 8.4.2 Infiltrado inflamatorio | 63 |
| | 8.4.3 Necrosis | 63 |
| 9. | DISCUSIÓN | 64 |
| | 9.1 Color objetivo | 64 |
| | 9.2 Temperatura | 64 |
| | 9.3 Elastosonografía | 65 |
| | 9.4 Análisis histológicos | 65 |
| | 9.4.1 Hemorragia | 65 |
| | 9.4.2 Infiltrado inflamatorio | 66 |
| | 9.4.3 Necrosis | 67 |
| 1(| O. CONSIDERACIONES FINALES | 68 |
| 1 | 1. BIBLIOGRAFÍA | 69 |

LISTA DE FIGURAS Y CUADROS

FIGURA

| Figura 1. Niveles de diferenciación considerando características de producto o proceso | . 19 |
|--|------|
| Figura 2. Ilustración del modelo de los "5 Dominios de BA" | . 24 |
| Figura 3. Kilómetros recorridos para faena en Uruguay | . 28 |
| Figura 4. Distribución de los hematomas según región anatómica de la canal | . 41 |
| Figura 5. Hematomas en carcasas bovinas | . 42 |
| Figura 6. Corte de color normal (izquierda) y corte oscuro (derecha) | . 42 |
| Figura 7. Seguimiento de un absceso localizado en el cuello | . 43 |
| Figura 8. Absceso en un corte de carne | . 44 |
| Figura 9. Forma de los hematomas. a) lineal, b) vía de tren, c) puntillado, d) irregular, e) circular | |
| Figura 10. Tamaño de hematomas. a) área 2 en muslos, b) área 3 en costillar, c) área 4 e región dorsal, d) área 5 en costillar | |
| Figura 11. Esquema de ubicación de hematomas en carcasa bovina. 1: trasero, 2: zona lumbar, 3: costillar, 4: paleta, 5: región dorsal, 6: muslos, 7: flanco | . 49 |
| Figura 12. Momento en que se provoca la contusión | . 57 |
| Figura 13. Medición de color objetivo mediante el uso del colorímetro | . 57 |
| Figura 14. Medición de temperatura con cámara termográfica | . 58 |
| Figura 15. Elastógrafo | . 59 |
| | |
| CUADRO | |
| Cuadro 1. Caracterización general de la ganadería uruguaya | . 13 |
| Cuadro 2. Existencia de vacunos según categoría (al 30 de junio de 2021) | . 13 |
| Cuadro 3. Faena total de vacunos en establecimientos habilitados en el año 2020 | . 14 |
| Cuadro 4. Faena total de vacunos en el año 2020, por categoría, en cabezas | . 15 |
| Cuadro 5. Exportación de carne bovina años 2019-2021 | . 15 |
| Cuadro 6. Exportaciones de carne bovina, por destino (año 2019) | . 15 |
| Cuadro 7. Valoración comparativa de las pérdidas (U\$S/animal faenado y pérdidas totale entre las Auditorías 2003, 2008 y 2013 | |
| Cuadro 8. Evolución de la incidencia de hematomas (%) desde la primera (2003) a la tercera Auditoría (2013) | . 40 |
| Cuadro 9. Frecuencia de Hematomas de Tipo 2, por cada región anatómica y por tamaño del hematoma | |
| Cuadro 10. Vías de las pérdidas económicas por la presencia de hematomas | . 42 |
| Cuadro 11. Número de hematomas respecto al total de canales avaluadas | . 48 |
| Cuadro 12. Grado de severidad de los hematomas registrados | . 49 |

| 31 |
|----|
| 31 |
| 62 |
| 62 |
| 62 |
| 62 |
| 33 |
| 63 |
| |

1. RESUMEN

Las Auditorías de investigación realizadas por INIA e INAC han mostrado que casi la totalidad de las pérdidas anuales de la cadena cárnica uruguaya, están directamente relacionadas al bienestar animal y son debidas a un mal manejo en las etapas previas a la faena. La presencia de hematomas, así como el pH elevado/cortes oscuros, constituyen la mayor parte de las pérdidas, representando un 37 y un 48% de las mismas, respectivamente. El objetivo de este trabajo fue identificar una o la combinación de herramientas que permitan diferenciar hematomas de diferente antigüedad ocurridos en las etapas previas a la faena. De esta forma, sería posible identificar el momento (eslabón de la cadena) en que ocurrieron.

Este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación Tercera Auditoria de Calidad de Carne, en su componente de "Evaluación de herramientas para la determinación de la antigüedad de los hematomas ocurridos en las últimas etapas previas a la faena en bovinos para carne". En el mismo se realizaron dos experimentos, el primero correspondiente a la tesis de grado del Ing. Agr. Sebastián Urbina (FAGRO) y el segundo al presente trabajo. Se utilizaron 30 animales (15 por tratamiento) de la unidad experimental Glencoe de INIA Tacuarembó, de 2 a 3 años de edad, machos castrados, de raza Hereford, con peso vivo final de faena de 500 kg. Se provocaron hematomas de severidad 2, (afectando músculo) y de 2-5 cm a cada animal, uno en el cuarto trasero (T, músculo Semitendinosus) y uno en el cuarto delantero (D, Triceps brachii) previa aplicación de anestesia local. Los hematomas se provocaron en 2 momentos previos a la faena/Tratamientos: T1: 17 horas (h) y T2: 5 h. En planta frigorífica y luego del cuereado, se registraron diversas variables a nivel de tejido muscular: Color objetivo: CIE L*, a *, b *, temperatura tisular: termografía, elasticidad de las fibras: elastosonografía. También se extrajeron muestras de tejido afectado para análisis histológico en laboratorio: a) Hemorragia: presencia o ausencia, b) Infiltrado inflamatorio: escala de 0 (ausencia) a 3 (severo) y localización (en tejido conectivo, adiposo o ambos) y c) Necrosis: escala de 0 (ausencia) a 3 (daño severo). El color objetivo (CIE L*, a *, b *) no difirió entre tratamientos, en ninguna de las regiones anatómicas del animal (T y D). La elasticidad de las fibras musculares difirió entre tejido sano y afectado (p <0,05) en T, pero no mostró diferencias entre tratamientos y por tanto no se asoció a la antigüedad de la lesión, en T ni en D. La termografía infrarroja no mostró diferencia entre tratamientos en el delantero, manifestando una tendencia en el trasero, con menores valores de temperatura en los hematomas más antiguos (T1). La presencia de infiltrado inflamatorio y su localización, no difirió entre tratamientos ni entre regiones anatómicas. La necrosis, no mostró niveles de necrosis 2 ni 3 en ningún tratamiento ni en ninguna región anatómica, los valores máximos fueron de 1, sin diferencia entre tratamientos ni entre regiones anatómicas.

En síntesis, considerando los resultados del presente experimento, así como resultados del primer trabajo de esta línea de investigación, se considera que se deberá seguir avanzando en la evaluación de la termografía infrarroja, ya que es una herramienta que puede ser utilizada en la línea de faena y de forma sencilla. Considerando que en Uruguay el promedio de permanencia de los animales en planta previo a la faena es de 12 horas, ésta podría ser una herramienta para definir si el hematoma efectivamente ocurrió en etapas previas a la llegada a planta (hematomas de más de 12 horas) o en planta frigorífica (hematomas de menos de 12 horas).

2. SUMMARY

Research audits carried out by INIA and INAC have shown that almost all of the annual losses in the Uruguayan meat chain are directly related to animal welfare and are due to mishandling in the stages prior to slaughter. The presence of bruises, as well as high pH/dark cuttings, constitute the majority of losses, representing 37 and 48% of them, respectively. The objective of this work was to identify one or a combination of tools that allow differentiating bruises of different ages that occurred in the stages prior to slaughter. In this way, it would be possible to identify the moment (stage along the chain) in which they occurred.

Thirty animals (15 per treatment) from the Glencoe experimental unit of INIA Tacuarembó, 2 to 3 years old, castrated males, Hereford breed, with a final slaughter live weight of 500 kg, were used. Severity 2 bruises (affecting muscle) and 2-5 cm were caused to each animal, one in the hindquarter (T, Semitendinosus muscle) and one in the forequarter (D, Triceps brachii) after application of local anesthesia. Bruises were caused at 2 moments prior to slaughter/Treatments: T1: 17 hours (h) and T2: 5 h. In the slaughterhouse and after skinning, several variables were registered at the muscle tissue level: color: CIE L*, a *, b *, tissue temperature: thermography, fiber elasticity: elastosonography. Samples of affected tissue were also extracted for histological analysis in the laboratory: a) Hemorrhage: presence or absence, b) Inflammatory infiltrate: scale from 0 (absence) to 3 (severe) and location (in connective tissue, adipose tissue or both) and c) Necrosis: scale from 0 (absence) to 3 (severe damage). Color (CIE L*, a *, b *) did not differ between treatments, in any of the anatomical regions of the animal (T and D). The elasticity of the muscle fibers differed between healthy and affected tissue (p <0.05) in T but did not show differences between treatments and therefore was not associated with the age of the bruise, in T or D. Infrared thermography showed no difference between treatments in D, showing a trend in T with lower temperature values in the oldest bruises (T1). The presence of inflammatory infiltrate and its location did not differ between treatments or between anatomical regions. Necrosis did not show necrosis levels 2 or 3 in any treatment or in any anatomical region, the maximum values were 1, with no difference between treatments or between anatomical regions.

In summary, considering this experiment results as well as the results of the first work in this line of research, it is considered that further progress should be made in the evaluation of infrared thermography, since it is a tool that can be used in the line of work and in a simple way. Considering that in Uruguay the average pre slaughter lairage time is 12 hours, this could be a tool to define if the hematoma actually occurred in stages prior to arrival at the slaughterhouse (bruises lasting more than 12 hours) or at the slaughterhouse (bruises of less than 12 hours).

3. INTRODUCCIÓN

La Auditoría de investigación realizada por INIA e INAC entre los años 2013 y 2015, ha mostrado que las pérdidas totales en la cadena cárnica bovina uruguaya fueron de aproximadamente 30 millones y medio de dólares y que casi la totalidad de las mismas está directamente relacionada al bienestar animal y son debidas a un mal manejo en las etapas previas a la faena. La presencia de hematomas y el pH elevado/cortes oscuros, representaron el 85% de las pérdidas totales (37% y 48% respectivamente). Esto, por tanto, deja en evidencia un importante compromiso del bienestar animal en las etapas previas a la faena y presenta un alto impacto en la economía del país.

Según datos de la mencionada Auditoría, el 73% del total de canales evaluadas presentó al menos un hematoma de severidad 1 (afectando tejido subcutáneo) y el 28% al menos un hematoma de severidad 2. Los hematomas de severidad 2 son aquellos que implican remoción de tejido muscular.

En Uruguay, las distancias recorridas por los animales antes de la faena y los tiempos de transporte son relativamente cortos en comparación a otros países. El tiempo de espera promedio en planta frigorífica previo a la faena, es de 12 horas aproximadamente. Es así que, las ventanas de tiempo que existen para explorar la antigüedad de los hematomas son de muy pocas horas, con un máximo de 24 horas desde que el animal sale del establecimiento hasta que es faenado. En esta línea de trabajo, se plantea construir curvas de caracterización del hematoma a lo largo de ese período corto de tiempo.

De esta manera, conociendo la antigüedad o edad de los hematomas, será posible identificar la etapa o eslabón en la que ocurrieron e implementar planes de capacitación para mejorar la calidad de vida de los animales en dichas etapas y minimizar las pérdidas económicas ocurridas por este factor.

Además, los consumidores tanto de los países más desarrollados a los que Uruguay exporta, como los consumidores nacionales, exigen que dentro de los esquemas de producción y comercialización se contemplen aspectos relativos al bienestar animal, constituyendo un atributo más de calidad del producto (calidad ética). Por lo tanto, además de asegurar estándares correctos de bienestar a los animales, se debe transmitir confianza, transparencia y sostenibilidad del producto a los consumidores de carne y a la sociedad en general.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 La ganadería en Uruguay

La producción ganadera es una actividad económica de particular relevancia en el Uruguay. La ganadería bovina de carne ha sido, históricamente, la actividad productiva dominante en la economía del país, desde la introducción de los primeros animales a inicios del siglo XVII (Carriquiry, 2011, citado por Urbina, 2019).

La exportación de carne, principalmente bovina, constituye uno de los principales rubros de generación de divisas para el Uruguay. A su vez, la cadena cárnica en su conjunto, desde el productor ganadero hasta el bróker, tiene una gran importancia social ya que están directa o indirectamente involucrados a la misma, miles de uruguayos, siendo el sustento económico para ellos y sus familias (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA, 2020).

En Uruguay, los sistemas de producción de carne y lana son extensivos y a cielo abierto todo el año, principalmente basados en pasturas naturales, con ovinos y bovinos pastando en forma conjunta y con otras especies como equinos (del Campo et al., 2020).

Los sistemas productivos en su diversidad pueden clasificarse en tres categorías principales: cría, ciclo completo e invernada o engorde, que se distribuyen en el territorio nacional esencialmente en función de la capacidad de uso de la tierra. Del total de productores ganaderos de bovinos en el país, el 53% se dedican a la cría, el 10% a ciclo completo y el 10% a engorde (DIEA, 2020). La cría se centra en la producción de terneros machos castrados o terneros destinados a su comercialización para el engorde y la terminación por terceros, además de la producción de hembras para reposición. Los sistemas de ciclo completo realizan todo el proceso, es decir, producen sus terneros y luego los engordan para su venta al frigorífico como producto final. En los sistemas de engorde, los terneros se compran a los criadores y se engordan hasta 480 a 520 kg de peso vivo para su venta al frigorífico (del Campo et al., 2016).

El engorde de bovinos en Uruguay se desarrolla principalmente en condiciones de pastoreo extensivo o semi extensivo. Sin embargo, coexisten los sistemas pastoriles tradicionales en base a pasturas naturales, con los engordes a corral con elevados porcentajes de concentrados en la dieta. Entre dichos extremos se desarrollan sistemas con distinto grado de intensificación, que en general combinan distintas tecnologías, ya sea sobre pasturas naturales en la mayoría de los casos, como sobre pasturas mejoradas, verdeos o praderas sembradas de gramíneas y/o leguminosas, según la época del año y/o el uso de suplementos (del Campo, 2008).

Si bien la intensificación ha incrementado en los últimos años, los animales que provienen de sistemas de terminación en confinamiento o encierros, en el año 2020 representaron el 15% de la faena total nacional y 13% en el año 2021 (Instituto Nacional de Carne, INAC, 2021).

Estatus sanitario

Uruguay tiene un estatus sanitario altamente confiable en los mercados internacionales. Está declarado libre de todas las enfermedades de la Lista A de la Organización Mundial de Sanidad Animal (ex OIE, hoy OMSA) y está en medio de una campaña para erradicar la Tuberculosis y la Brucelosis bovina. El estado de salud actual del país es "País libre de Fiebre Aftosa con vacunación". Con respecto a la Encefalopatía Espongiforme bovina (EEB), en la 73° Asamblea General de la OIE, Uruguay fue ratificado como un "país provisionalmente libre para la Encefalopatía Espongiforme bovina", que es la categoría más alta en la OMSA, que comprende solo cuatro países en el mundo (Argentina, Singapur, Islandia y Uruguay). En

2005, Uruguay se presentó a la OMSA, solicitando la declaración de "País Libre de Encefalopatía Espongiforme Bovina". En este sentido, la regulación garantiza una mayor seguridad, prohibiendo el uso de alimentos de origen animal en rumiantes.

Trazabilidad

Uruguay cuenta con un Sistema de Registro Individual de Animales (SIRA) que fue creado por la Ley 17.997. A partir del 1 de septiembre de 2006, la identificación y el registro individual de todos los terneros nacidos en el país comenzó a ser obligatoria, así como el registro individual de movimientos con o sin cambio de propiedad. Uruguay es un caso casi único en el mundo, al adoptar el sistema de trazabilidad en la cadena de la carne, abarcando el 100% de su rodeo bovino. En 2011, Uruguay completó con éxito el proceso de identificación y registro del 100% de su ganado (del Campo et al., 2016). La trazabilidad es indispensable para que Uruguay continúe siendo competitivo en el mercado cárnico mundial.

Según MGAP (DIEA, 2020), la mayoría de las empresas agropecuarias están destinadas a la ganadería (84%), mientras que las agrícola-ganaderas son el 9% y lecheras el 7%. Las empresas ganaderas tienen el 78% de los bovinos existentes en el país.

Cuadro 1. Caracterización general de la ganadería uruguaya

| | Declaraciones Juradas | | Vacunos | |
|----------------------------|-----------------------|------|---------------------|------|
| Especializacion productiva | Miles | % | Miles de cabezas | % |
| Ganadería | 44,0 | 84,1 | 8.976 | 78,2 |
| Agrícola-ganadera | 4,7 | 9,0 | 1.574 | 13,7 |
| Lechera | 3,4 | 6,5 | 918 | 8 |
| TOTAL | 52,1 | 100 | 11.468 | 100 |

Fuente: DIEA (2020)

Stock bovino

Uruguay tiene 3.390.077 habitantes (población residente estimada) (Instituto Nacional de Estadística, INE, 2011). Según los datos de MGAP (INAC, 2021), el stock de vacunos a Junio de 2021 fue de 11.830.000 de cabezas. Esto hace que sea el país con mayor cantidad de vacunos por habitantes del mundo: 3,4 cabezas/habitante.

El ganado tiene una participación cada vez más significativa en la producción agropecuaria, debido al incremento del número de bovinos y a la disminución de más del 40% en el rebaño de ovinos registrada en la última década (del Campo et al., 2016).

Según los datos de MGAP (INAC, 2021) las categorias más numerosas son las vacas de cría (36%) y terneras/os (24%). Las vaquillonas y los novillos de 1 a 2 años constituyen el 10,8% y el 9,7% del total de bovinos, respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Existencia de vacunos según categoría (al 30 de junio de 2021)

| Catagorias | Existencia de vacunos | |
|---------------------------|-----------------------|------|
| Categorias | (miles de cabezas) | % |
| Toros | 182 | 1,5 |
| Vacas de cria (entoradas) | 4296 | 36,3 |
| Vacas de invernada | 491 | 4,2 |

| TOTAL | 11827 | 100 |
|--|-------|------|
| Terneros/terneras | 2880 | 24,4 |
| Vaquillonas de 1 a 2 años | 1287 | 10,9 |
| Vaquillonas de mas de 2 años sin entorar | 478 | 4 |
| Novillos de 1 a 2 años | 1156 | 9,8 |
| Novillos de 2 a 3 años | 663 | 5,6 |
| Novillos de mas de 3 años | 394 | 3,3 |

Fuente: INAC (2021)

4.2 Industria

La industria cárnica en Uruguay es un componente fundamental de la economía del país. Actualmente más de cuatrocientas mil toneladas de la producción nacional se destina a la exportación (INAC, 2021), por lo que el crecimiento del sector exige que la tecnología aumente su eficiencia y mejore las características del producto, con el fin de satisfacer las necesidades del mercado internacional y mantener el compromiso con los países compradores. En cualquier caso, el mercado interno tiene una gran relevancia, tanto en forma absoluta como en valor en relación con el total industrializado (del Campo et al., 2016).

El ganado es faenado en las plantas procesadoras aprobadas para exportacion, las cuales cuentan con un nivel tecnológico de avanzada, mano de obra altamente calificada y reúnen los mas rigurosos estándares internacionales de higiene y de control de procesos (HACCP) (del Campo, 2008).

En Uruguay exiten 51 establecimientos habilitados para la faena de bovinos (DIEA,2020), de los cuales 25 están habilidados para la exportacion (INAC, 2019).

Faena

Según DIEA (2020), en el año 2020 la faena de bovinos en establecimientos habilitados fue 2.019.300 de cabezas, de las cuales el 95% se faenaron en establecimientos habilitados para exportacion.

Cuadro 3. Faena total de vacunos en establecimientos habilitados en el año 2020

| | Faena en establecimientos habilitados | Faena en establecimientos habilitados para exportacion |
|---------------|---------------------------------------|--|
| N° de cabezas | 2.019.300 | 1.915.670 |
| % | 100 | 95 |

Fuente: DIEA (2020)

Con respecto a las categorías faenadas en establecimientos habilitados para exportacion, se puede observar que el 48,5% del total de los animales corresponde a novillos, el 49,6% a vacas y vaquillonas.

Cuadro 4. Faena total de vacunos en el año 2020, por categoría, en cabezas

| Periodo | Novillos | Vacas y vaquillonas | Terneros | Toros | TOTAL |
|---------|----------|---------------------|----------|--------|-----------|
| 2020 | 929.216 | 952.038 | 5.763 | 28.653 | 1.915.670 |
| % | 48,5 | 49,6 | 0,3 | 1,5 | 100 |

Fuente: INAC (2020a)

El peso de canal caliente promedio para algunas de las categorias mencionadas en el cuadro son las siguientes: novillos 276,7 kg, vacas 229,9 kg, 141,9 kg y toros 323,1 kg (INAC, 2020a).

4.3 Exportaciones

En el cuadro 5 se observa la exportación de carne bovina en toneladas y en miles de dólares de los años 2019, 2020 y 2021.

Cuadro 5. Exportación de carne bovina años 2019-2021

| | 2019 | 2020 | 2021 |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Peso canal (toneladas) | 332.259 | 310.858 | 423.390 |
| Importe (miles de dólares) | 1.823.262 | 1.592.713 | 2.465.608 |

Fuente: INAC (2021)

En el año 2020, del total de carne exportada el 95,6% fue refrigerada (enfriada más congelada) y el 4,4% productos cárnicos bovinos.

En cuanto a los destinos de las exportaciones de carne bovina, en el Cuadro 6 es posible observar que en toneladas de peso canal, en el año 2019 los principales destinos fueron China, los países del Nafta (México, Canadá y Estados Unidos) y la Unión Europea con el 93 % del total (66,8%; 15,8% y 9% respectivamente) (Cuadro 6).

Cuando se analiza el producto exportado, se observa que a China y a los países del Nafta se exportan mayoritariamente productos congelados (99,9% y 75,6% respectivamente). Sin embargo, a la Unión Europea se exporta un 74,4% de producto enfriado, explicando su mayor importancia económica en comparación a otros destinos con mayor cantidad de toneladas exportadas.

Cuadro 6. Exportaciones de carne bovina, por destino (año 2019)

| Destino | Peso Canal | Peso Canal | | |
|------------------|------------|------------|---------------|------|
| | Toneladas | % | USD (dólares) | % |
| ASIA | 323.696 | 68,8 | 1.136.414.891 | 62,1 |
| China | 311.616 | 66,2 | 1.080.518.373 | 59 |
| Israel | 7.223 | 1,5 | 30.868.394 | 1,6 |
| Otros | 4.857 | 1 | 25.028.124 | 1,4 |
| AMÉRICA | 92.655 | 19,7 | 362.600.915 | 19,8 |
| Nafta | 74.601 | 15,8 | 279.175.856 | 15,2 |
| MERCOSUR | 13.976 | 3 | 70.784.687 | 3,9 |
| Resto de América | 4.078 | 0,8 | 12.640.372 | 0,7 |
| EUROPA | 51.468 | 11 | 322.896.086 | 17,6 |

| Unión Europea | 42.509 | 9 | 268.120.440 | 14,4 |
|-----------------|---------|-----|----------------|------|
| Resto de Europa | 8.959 | 2 | 54.775.646 | 3 |
| OCEANÍIA | 1.694 | 0.3 | 7.138.547 | 0,4 |
| ÁFRICA | 548 | 0,1 | 717.319 | 0,03 |
| TOTAL | 470.062 | 100 | 1.829.767.7/57 | 100 |

Fuente: INAC (2020b)

4.4 Exigencias de los mercados de alto valor

Consumidores

Desde el lado del consumidor, existe una creciente preocupación sobre la sostenibilidad de la intensificación de las cadenas de producción y sus posibles daños sobre el medio ambiente, la salud humana y el bienestar animal (del Campo et al., 2021). Esto determina la necesidad de conocer tanto la calidad de los productos generados en los sistemas tradicionales y emergentes de producción, como las características de los procesos en que esos productos se generan, desde el punto de vista de bienestar animal y de sostenibilidad ambiental (del Campo, 2008).

En algunos segmentos de consumidores, los factores extrínsecos (por ejemplo: origen del producto, las prácticas de producción en general, el bienestar animal, los valores sociales y religiosos, el cambio climático, la contaminación del agua y el aire y la salud humana) parecen ser factores clave en las decisiones de compra del consumidor (Montossi et al., 2013).

Entre las industrias de alimentos del mundo, la cadena cárnica es la que está enfrentando una mayor negatividad en lo que tiene que ver con la opinión pública, especialmente debido a la asociación del consumo de carne con riesgos para la salud humana (enfermedades), daño al medio ambiente y crueldad contra los animales. Esta toma de conciencia, incluyendo aspectos éticos, entre los consumidores de hoy, está impulsando la demanda para obtener más información sobre la cadena alimentaria vertical y específicamente el origen y manejo de los alimentos generados y consumidos en todo el mundo. Los consumidores están comenzando la búsqueda de marcas y certificaciones que garantizan la inocuidad (Smith et al., 2005 citado por Montossi et al., 2013) así como también la calidad del proceso en general. En octubre de 2022, se realizó una convocatoria a científicos de diferentes partes del mundo, para debatir respecto al discurso anti-consumo de carne que está siendo una realidad a nivel mundial y para reunir evidencia basada en ciencia que permita mostrar los beneficios de la carne y los sistemas de producción, en lo que tiene que ver con salud humana (dentro de una dieta equilibrada) mantenimiento de los ecosistemas e impacto socioeconómico (del Campo y Montossi, 2022).

Para reducir la carga microbiana en la carne y la transmisión de enfermedades y residuos químicos es importante desarrollar sistemas de gestión de seguridad alimentaria basados en análisis de riesgo. El HACCP proporciona la base para el sistema de gestión de seguridad alimentaria. Los siete pasos esenciales para el HACCP son indicados por la Comisión del Codex Alimentarius (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 1991) y abarca todas las fases de la cadena alimentaria (desde la producción hasta la venta al por menor) (Troy y Kerry, 2010 citado por Montossi et al., 2013). Los procesadores de carne están obligados a poner en práctica sistemas de gestión de procesos

aprobado por el HACCP y para la exportación también deben cumplir con los requisitos del país importador (Troy y Kerry, 2010 citado por Montossi et al., 2013).

Los requisitos de acceso a mercados continúan siendo un desafío para los países de exportación de carne. Se ha observado que el énfasis en la eficiencia económica en los sistemas de producción de carne, asociados con los esfuerzos para reducir las emisiones y mantener los más altos estándares de bienestar animal e inocuidad de alimentos, garantizará el futuro, a largo plazo, de la cadena cárnica. Además, la preocupación del público por la inocuidad ha provocado una mayor preocupación por la trazabilidad animal (Galyean et al., 2011 citado por Montossi et al., 2013). La Ley de Bioterrorismo, la legislación europea y la eficiencia en los procesos de producción, hacen que la trazabilidad de toda la producción sea indispensable para que el país siga siendo competitivo. En la producción moderna, un producto sin sus datos de trazabilidad no es aceptable (SIRA, 2007; Comunidades Europeas, 2007, citado por del Campo, 2008). Después de los daños causados por EEB en 2013, los consumidores comenzaron a exigir más información relacionada con los productos de carne. En este sentido, y como una forma de asegurar que los alimentos que se consuman no sean perjudiciales para la salud humana, a partir de 2010, la Comunidad Europea comenzó a no importar carne de países que no tienen sus sistemas de trazabilidad bien establecidos (Galyean et al., 2011 citado por Montossi et al., 2013).

Los consumidores cada vez más critican la globalización de la producción agrícola y cuestionan las consecuencias económicas, ambientales y sociales del comercio mundial. Es así que, el consumismo ético está ganando importancia en las decisiones de compra de alimentos y buenos ejemplos de esta tendencia en el mercado de alimentos son "Fairtrade" (en español: "comercio justo") y los productos orgánicos (en parte), siendo los que han exhibido tasas de crecimiento muy importantes en los últimos años. (Raynolds, 2000; Shaw & Shiu, 2001; Abbott, 2003; Jones et al., 2003; Vermeir & Verbeke, 2006; Newholm & Shaw, 2007; Miele & Evans, 2010; Zander et al., 2013; citado por Montossi et al., 2013).

Durante los últimos 20 años, la literatura ha estado indicando que los consumidores están adquiriendo un creciente interés por las prácticas agrícolas y relacionadas con los estándares de bienestar animal para definir las compras de alimentos de origen animal. En 2001, Harper y Henson determinaron que los consumidores en los países occidentales están más influenciados por los aspectos éticos de la producción de alimentos que por su costo, y existe un creciente interés en los estándares de bienestar animal asociado con las prácticas de producción. En 2003, Blokhuis et al. (citado por Montossi et al., 2013), informaron que el bienestar de los animales es reconocido como un componente importante de la certificación de calidad de productos de origen animal para los consumidores (Verbeke & Viane, 1999; Blockhuis et al., 2003; McInerney, 2004 citado por Montossi et al., 2013). Según Dunston et al. (2020) y Kauruvi et al. (2020), el bienestar animal hoy, es un problema relevante en todo el mundo, siendo cada vez más reconocido como un componente importante en el comercio de animales de producción y sus productos.

Estudios de la Unión Europea indicaron que los consumidores están dispuestos a consumir alimentos provenientes de "sistemas de producción amigables" porque los asocian con una más alta calidad y sanidad (Eurobarómetro especial, 2007; Napolitano et al., 2007b; citado por Montossi et al., 2013).

En el año 2021, la revista *Meat Science* convocó a diferentes países del mundo a realizar una caracterización del consumo de carne entre sus ciudadanos, con una metodología determinada y contribuyendo así a una *Special Issue* de dicha revista. Los resultados de este trabajo en diferentes países confirman estas afirmaciones extendiéndose a países de América incluidos Uruguay (Realini et al., 2022) y Brasil.

Por lo tanto, estudiando los hábitos de consumo y actitudes hacia ciertos atributos de la carne se debe tomar en cuenta la segmentación del consumidor. En ese sentido, también debería ser muy importante tener en cuenta las diferencias significativas dentro del país o entre países, para desarrollar estrategias de marketing (demanda orientada) en Europa y en el mundo, por parte de los productores y exportadores de carne (Font i Furnols et al., 2011; citado por Montossi et al., 2013).

En este contexto, es obligatorio para los países productores de carne no solo brindar carne de buena calidad y segura a sus respectivos países y al mundo, sino también tener y proyectar una imagen sustentable y amigable con el bienestar animal (del Campo et al., 2014).

Los tradicionales países exportadores de carne (Argentina, Brasil, Canadá, Estados Unidos, Paraguay y Uruguay) y los emergentes (Chile y México) han incorporado diferentes aspectos del bienestar de los animales en sus reglamentos y prácticas, asociadas principalmente a las exportaciones de carne vacuna (Rojas et al., 2004; Schnettler et al., 2009; citado por Montossi y et al., 2013).

La investigación muestra que los consumidores tienen una imagen favorable sobre los sistemas de ganadería extensiva y los asocian con atributos positivos acerca de la carne, mientras que los sistemas más intensivos crean expectativas negativas y pueden influir y penalizar la evaluación cualitativa de la carne. Esto, tradicionalmente ha constituido una ventaja para países como Uruguay, pero la realidad es que los sistemas extensivos también presentan limitantes en lo que se refiera al bienestar animal. Por lo tanto, la información científica sobre este tema, expresado en términos de condiciones de producción, puede ser un determinante mayor de la aceptabilidad de alimentos de origen animal, proporcionando así una herramienta potencial para la diferenciación de carne en los establecimientos tradicionales donde la cría se basa en sistemas extensivos de cría y altos estándares de bienestar animal (Montossi et al., 2013; del Campo et al., 2021).

Uruguay participó de la convocatoria realizada por *Meat Science* mencionada antes. Este trabajo de investigación se enmarca entonces en dicho estudio global, mediante el trabajo conjunto de investigadores de Uruguay y Nueva Zelanda. Los resultados muestran que hay en Uruguay un 8,2% de la población que se consideran veganos, vegetarianos o pescetarianos. Esta proporción aumenta en mujeres, en los más jóvenes y personas con mayor nivel de educación. A los encuestados que manifestaron seguir dietas con reducido o nulo consumo de carne se le preguntó los motivos que determinaron esa decisión, mencionándoles las siguientes opciones: cuidado del medio ambiente, el bienestar animal, y la salud humana. En ese sentido, se destacan las siguientes asociaciones: i) el consumo de carne de los participantes con mayor nivel educativo y su preocupación por el medio ambiente, ii) el consumo de carne de las mujeres y los jóvenes y su preocupación sobre el bienestar animal, y iii) el consumo de carne de los hombres y los consumidores de mayor edad asociado a aspectos de la salud humana (Realini et al., 2022).

Los sistemas de certificación de carne, con énfasis en los procesos, son valorados muy positivamente por los consumidores uruguayos y por tanto constituyen una gran oportunidad para promocionar el consumo de carne en la población nacional (Montossi et al., 2022). Se destaca especialmente la valoración del bienestar animal, la producción a pasto, la producción orgánica, la sostenibilidad la trazabilidad y las marcas (Montossi y et al., 2022). Esta información permite identificar públicos objetivos, para diseñar estrategias diferenciales de promoción del consumo de carne, destinadas especialmente a mujeres, jóvenes y personas con mayor nivel de educación e ingreso (Montossi et al., 2022).

4.5 Alternativas de diferenciación

Las alternativas de agregado de valor o diferenciación en el tema de Bienestar Animal incluyen distintos niveles, con exigencias incrementales (Figura 1). En la base o plataforma de la pirámide que se observa en la Figura 1, se encontrarían los lineamientos o estándares internacionales, un ejemplo lo constituyen los códigos sanitarios de los animales terrestres de la OMSA, con una serie de recomendaciones sobre BA en los diferentes eslabones de la cadena (predio, transporte, sacrificio).

Tomando como base estos requerimientos, cada país puede establecer una legislación con exigencias incrementales de BA, dependiendo de su realidad productiva y comercial. Otro escalón hacia la excelencia lo constituyen los Protocolos de Buenas Prácticas de Manejo, que son voluntarios. Finalmente, en el último escalón, se encuentran los protocolos de certificación, donde un cliente cumple con exigencias concretas y controladas por parte de un comprador.



Figura 1. Niveles de diferenciación considerando características de producto o proceso Fuente: adaptado de del Campo, M. 2016

A) Estándares internacionales

Código terrestre de la OMSA (ex OIE)

El Título 7 del Código terrestre, trata específicamente el Bienestar de los animales, con recomendaciones para diferentes especies y sistemas de producción y en diferentes eslabones de la cadena. En relación a bovinos para carne, se destaca el capítulo 7.9 con recomendaciones específicas de Bienestar Animal a nivel de sistemas de producción. Por otra parte, el capítulo 7.5 contiene una serie de recomendaciones respecto a la necesidad de garantizar el bienestar de los animales destinados al consumo humano durante las operaciones que preceden y que permiten su sacrificio o matanza hasta su muerte. Actualmente, este capítulo se encuentra bajo revisión, contando con la participación de INIA Uruguay en el equipo de expertos. Esta candidatura fue seleccionada a través de INAC y la OPIC/IMS (Oficina Permanente Internacional de la Carne, *International Meat Secretariat* (del Campo, M, *com pers*). También se encuentra bajo revisión de este grupo de expertos, el capítulo 7.6. del Código Terrestre: Matanza de animales con fines profilácticos, es decir, bienestar animal en faena de emergencia.

Uruguay es miembro de la OMSA y se encuentra muy bien posicionado en relación aL cumplimiento de las recomendaciones en las etapas de pre faena en bovinos para carne, las cuales se han traducido en legislación como se describe en el siguiente *item*.

B) Legislación existente en Uruguay

En Uruguay no existe legislación sobre BA a nivel de establecimientos agropecuarios, donde la alternativa de agregado de valor son los Códigos de Buenas Prácticas y los Protocolos de Certificación.

A nivel de transporte y faena, el reglamento oficial de inspección veterinaria de productos de origen animal, Decreto nº369/983 del 7 de octubre de 1983, establece los procedimientos que deben seguirse por Industria Animal (MGAP), incluyendo aspectos de bienestar animal durante el transporte, previo y durante el sacrificio en las plantas de faena.

Este decreto incluye artículos respecto a:

Inspección *premortem* (Art.17 a 38) y *postmortem* (Art. 39 a 86). Instalaciones de corral (arts. 23), *premortem* (art.158) y manejo *postmortem* (art.165). Transporte (Art. 284, 285, 286, 288, 289). Carga y descarga (arts. 287, 290). Aturdimiento y matanza (arts. 79, 178, 179, 180)

A su vez, existen reglamentaciones en otros países que Uruguay debe cumplir como país exportador, tal como el Reglamento (CE) No 1099/2009 (Unión Europea, 2009) relativo a la protección de los animales en el momento de la matanza, perteneciente a la Unión europea. Este reglamento considera lo siguiente:

- La Directiva 93/119/CE del Consejo, de 22 de diciembre de 1993, relativa a la protección de los animales en el momento de su sacrificio o matanza, establece normas mínimas comunes de protección de los animales en el momento de su sacrificio o matanza en la Comunidad. La Directiva no ha sido objeto de modificaciones sustanciales desde su adopción.
- La matanza puede provocar dolor, angustia, miedo u otras formas de sufrimiento a los animales, incluso en las mejores condiciones técnicas disponibles. Algunas operaciones conexas a la matanza pueden resultar estresantes y toda técnica de aturdimiento conlleva algunas desventajas. Los explotadores de empresas o cualquier persona implicada en la matanza de animales deben adoptar las medidas necesarias

para evitar el dolor y reducir al mínimo la angustia y el sufrimiento de los animales durante los procesos de sacrificio o matanza, teniendo en cuenta las buenas prácticas en ese campo y los métodos autorizados con arreglo al presente Reglamento. Por tanto, el dolor, la angustia o el sufrimiento deben considerarse evitables cuando los explotadores de empresas o cualquier persona implicada en la matanza de animales incumplen uno de los requisitos del presente Reglamento o utilizan prácticas permitidas pero que no integran los últimos avances, provocando, por negligencia o de manera deliberada, dolor, angustia o sufrimiento a los animales.

- El bienestar de los animales es un valor comunitario consagrado en el Protocolo no 33 sobre la protección y el bienestar de los animales anejo al Tratado constitutivo de la Comunidad Europea («el Protocolo no 33»). La protección de los animales en el momento del sacrificio o la matanza es una cuestión de interés público que influye en la actitud de los consumidores frente a los productos agrícolas. Por otro lado, la mejora de la protección de los animales en el momento del sacrificio contribuye a mejorar la calidad de la carne y tiene un efecto positivo indirecto en la seguridad laboral en los mataderos.

C) Códigos o Guías de buenas prácticas en Uruguay

A continuación, se citan algunos ejemplos de Guías de buenas prácticas de manejo que son utilizadas en el país como herramientas de agregado de valor:

- Manual de buenas prácticas para la ganadería de FUCREA (Evia et al., 2005)
- Bienestar Animal en Especies Productivas. Manual de Buenas Prácticas de Bienestar Animal para el TRANSPORTE y SACRIFICIO (MGAP, 2012)
- Guía de Bienestar Animal en Establecimientos de Faena (Bovinos Ovinos) (ADIFU-CIF, 2012)
- Bienestar animal en ovinos para carne y lana. Guía para la producción ética de ovinos en Uruguay (del Campo et al., 2020)
- Guía de Buenas Prácticas en Bienestar Animal durante la Cría y Faena de aves de producción de carne (MGAP, 2019)

D) Protocolos de diferenciación

En el año 2015 INAC desarrolló un Programa de Certificación en buenas prácticas de manejo animal (bovinos) dentro del Programa de Bienestar Animal del Uruguay (PBA), abarcando los tres eslabones de la cadena cárnica: producción, transporte y faena (INAC, 2015). Este Programa fue desarrollado para certificar predios agropecuarios, empresas de transporte y plantas de faena, los que luego de ser auditados y aprobados, estarán habilitados para el uso del LOGO BA. El protocolo de certificación de predios fue actualizado en el año 2022 con la consulta y participación técnica de INIA (del Campo, *com pers*, 2022)

Por otro lado, la carne para ser certificada y etiquetada con este logo deberá provenir de animales de predios agropecuarios certificados, transportados por empresas certificadas y faenados en plantas de faena certificadas.

La finalidad de esta certificación es brindar las garantías de compromiso y producción en cuanto a las buenas prácticas de manejo animal en cada etapa de la cadena, tanto individualmente en cada sector, como en el producto final obtenido.

Otros programas o alternativas de diferenciación disponibles a nivel nacional

En el marco del acuerdo de cooperación firmado por ISO y OMSA en el año 2011, en abril del año 2012 los miembros de la Comisión Técnica 34 ISO/TC 34 (Nairobi, Kenya) aceptaron la iniciativa de trabajar en forma conjunta con la OMSA, estableciéndose como objetivo desarrollar una herramienta ISO que facilite la implementación de los principios de Bienestar Animal establecidos en el Código Terrestre de la OMSA. Se acordó que los productos deberían basarse en los lineamientos/protocolos/recomendaciones que establece la OMSA y que se trabajaría con animales de producción destinados a la alimentación.

El producto de este trabajo conjunto fue la norma ISO/TS 34700, donde estuvo la participación de INIA Uruguay, seleccionada su candidatura a través de la Cámara Mercantil de Productos del País y la IWTO (*International Wool Textile Organization;* del Campo, M, *com pers*). La norma ISO/TS 34700:2016, "Gestión del bienestar de los animales – requisitos generales y orientación para las organizaciones de la cadena alimentaria", ayudará a la industria alimentaria y de alimentos a desarrollar un plan de bienestar animal que esté alineado con los principios de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA), Código Sanitario para los Animales Terrestres (TAHC), y garantizar el bienestar de los animales de granja a través de la cadena de suministro.

Esta norma tiene por objeto apoyar la aplicación de prácticas pertinentes para garantizar el bienestar de los animales en los sistemas de producción pecuaria. Los primeros beneficiarios de la ISO/TS 34700 serán los operadores comerciales de la cadena alimentaria de producción animal, incluidos los productores ganaderos, las empresas de transporte de ganado y las plantas frigoríficas. Al crear un vocabulario común y un enfoque para la gestión del bienestar animal, esta especificación técnica de ISO mejorará el diálogo necesario entre proveedores y clientes dentro de la cadena de suministro de alimentos, especialmente entre los operadores primarios de producción y procesamiento (GlobalSTD, 2017).

Las alternativas de diferenciación son diversas y Uruguay debería priorizarlas como herramientas que permitirán contar con una oferta de productos de alta calidad (social, ética y de producto) para ofrecer al mercado interno y a mercados internacionales más exigentes y de más alto valor.

Según del Campo (2020), Uruguay debería transformarse en una boutique de alimentos, produciendo lo que quiere el mundo y de la forma que quiere el mundo. Esto implica trabajar en todas las limitantes mencionadas a nivel de sistemas de producción, para lo cual la tecnología está disponible. Esto permitiría capitalizar las ventajas comparativas que tiene el país en relación a las condiciones de producción a pasto y a cielo abierto, asegurando la calidad del producto y también la calidad del proceso: bienestar animal y medio ambiente.

Desde principios del año 2000, la industria frigorífica uruguaya ha realizado una importante inversión en todos los temas relacionados a Bienestar Animal, destacándose infraestructura

y capacitación de los diferentes actores: personal de planta frigorífica, transportistas y también productores.

4.6 ¿Qué es el Bienestar Animal (BA)?

El Bienestar Animal (BA) es un estado relativo a los intentos del animal de adaptarse al medio que lo rodea, el cual incluye todo lo que tenga que hacer para abordarlo, el grado en que lo logra o falla, su salud y los sentimientos asociados a ello (Broom, 1986).

La evidencia científica indica que la capacidad de sentir o experimentar emociones, no es una característica exclusiva del ser humano y que las estructuras anatómicas del sistema nervioso, respuestas fisiológicas, conductuales y psicológicas, receptores farmacológicos y neuroquímicos relacionados con los sentimientos, aparecen en la escala zoológica a nivel de todos los vertebrados (García Sacristán, 1995). En este contexto, los animales han dejado de ser mercancías o productos para pasar a ser ante el mundo, seres que sienten.

Diversos factores influyen en el bienestar de los animales a nivel de producción. Algunos de ellos repercutirán sobre la vida cotidiana del animal, afectando su comodidad y bienestar en el corto y mediano plazo (situación climática, exposición a depredadores, prácticas rutinarias, mezclas de grupos, etc.). Sin embargo, la mayoría de las decisiones, manejos realizados en el establecimiento estarán afectando el bienestar de los animales también en el largo plazo, así como la calidad de los productos obtenidos Ejemplo de ello es la calidad del manejo de los animales, ya que determinará el temperamento individual de los animales (del Campo, 2010).

Normalmente se escuchan tres tipos de preocupaciones sobre el BA: las que involucran el funcionamiento biológico del animal, las que involucran la capacidad de sentir, es decir, el estado afectivo o emocional, y las que involucran la capacidad del animal para vivir una vida "natural" (Fraser, 2006 citado por Rushen et al., 2008). Las personas preocupadas por el funcionamiento biológico del animal (veterinarios y productores) generalmente se enfocan en enfermedades, lesiones, bajas tasas de crecimiento y problemas reproductivos. Las personas que se preocupan más por el estado afectivo o las emociones del animal se enfocan en si los animales presentan sentimientos o sensaciones desagradables, tales como dolor, miedo o hambre. Estas experiencias obviamente aversivas han recibido mucha atención por parte de los investigadores. Ahora es ampliamente aceptado que la sensibilidad animal es clave para comprender el BA, y que nuestro concepto acerca de la sensibilidad animal cambiará continuamente como resultado de la investigación científica y filosófica en esta área (Duncan, 2006 citado por Rushen et al., 2008). Incluso, algunos autores ya no hablan de libertades, ni de criterios que definen al BA, si no que hablan de dominios, citando un quinto dominio que se refiere al aspecto psicológico del animal. Se debe considerar el estado físico y mental de los animales, siendo que, para el primero, se debe tener en cuenta las condiciones (o dominios) de nutrición, salud, ambiente y comportamiento del animal y, para el segundo, sus sentimientos y emociones (Paranhos da Costa, 2018). Esto fue ejemplificado por Paranhos da Costa de la siguiente manera: "... la privación prolongada de alimentos (dominio nutrición) puede perjudicar el bienestar de un animal de una forma directa, debido a una sensación de hambre crónica e intensa, pero también lo hace de forma indirecta, ya que aumenta el riesgo de enfermedades metabólicas y carenciales (dominio de la salud). Estas dos situaciones (aisladas o en conjunto) resultan en estados mentales negativos, derivados de las sensaciones de hambre y debilidad que afectan al animal. Es así que, esa condición de privación de alimento actúa de forma directa e indirecta en la inducción del sufrimiento físico y mental en los animales...".

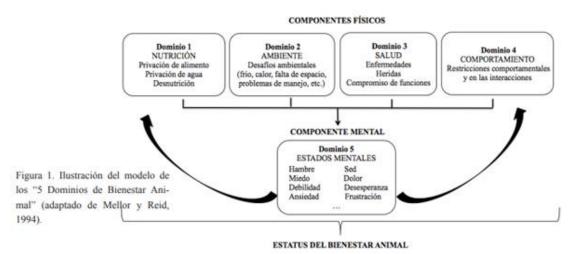


Figura 2. Ilustración del modelo de los "5 Dominios de BA" Fuente: Adaptado de Paranhos da Costa, 2018.

Por otra parte y como fuera mencionado antes, el hecho de que al animal le sea posible vivir una vida relativamente natural ha sido también central en las discusiones sobre el bienestar animal. La vida natural incluye tanto permitir que los animales vivan de una manera a la que estén adaptados como que se puedan desarrollar de una manera normal para la especie (Fraser y Weary, 2004 citado por Rushen et al., 2008).

Según del Campo (2017) el BA consiste en el cumplimiento de cuatro grandes criterios, considerando las necesidades de cada especie y categoría. En el caso de los animales de producción hace referencia a:

- Correcta alimentación: Se debe evitar que los animales pasen hambre y sed por períodos prolongados. Se debe tener un plan de acción para las situaciones imprevistas. En momentos de escasez de forraje o agua de bebida, tomar las medidas correspondientes (comprar alimento, ajustar cargas, vender animales, asegurar el acceso al agua de bebida, otros).
- 2) Correcto manejo y alojamiento: los animales deben manejarse de forma tranquila y sin violencia, de forma de evitar o minimizar las situaciones de estrés y/o dolor. Se les debe proporcionar espacios de sombra, refugio y
 - Estrés: erradicar la violencia de los sistemas de producción. Manejar a los animales de forma lenta y tranquila. Minimizar estrés térmico: sombra y abrigo en especial en categorías más sensibles. Minimizar estrés en otras prácticas rutinarias (ej. destete, esquila).

Dolor: realizar las prácticas dolorosas (ej. castración, descole, faena) en forma responsable y siguiendo las recomendaciones que minimizan el sufrimiento animal (edad, método, etc.). Administrar inyectables de forma correcta, desinfectando y cambiando agujas con la frecuencia indicada. Se deben tomar medidas de seguridad o prevención contra predadores en las especies y categorías vulnerables.

- Incomodidad: asegurar buenas condiciones de alojamiento: espacio, piso. En condiciones extensivas, este criterio empieza a regir en el transporte y en la planta de faena.
- 3) Adecuada sanidad: el establecimiento debe contar con un plan de manejo sanitario en el que se debe prevenir la aparición de parasitosis y enfermedades, así como asegurar su rápida detección y tratamiento en caso de que ocurran.
- 4) Comportamientos necesarios: los animales deben poder desarrollar comportamientos importantes para su especie. En el caso de rumiantes, éstos son: pastorear, caminar, rumiar, explorar, socializar, descansar, entre otros. Estos comportamientos que parecen tan obvios son una realidad en los sistemas de producción extensivos, pero no así en otras partes del mundo. Este cuarto criterio sin duda constituye una ventaja comparativa para el Uruguay. Sin embargo, existen muchas limitantes en los sistemas de producción del país, asociadas a los tres primeros criterios. Es así que, es necesario trabajar a nivel de cada establecimiento ganadero del país, para asegurar un adecuado posicionamiento en relación a los mismos (del Campo, 2017a).

Gallo (2010) afirma que cuidar el bienestar de los animales productores de carne manejándolos adecuadamente, reviste importancia desde cuatro puntos de vista esenciales:

- Aspectos éticos: los seres humanos, y especialmente los profesionales del área agropecuaria, deben procurar evitar el sufrimiento innecesario de los animales destinados a producir carne para la alimentación humana.
- Cantidad de carne producida: el transporte inadecuado, los largos tiempos de privación de alimento, así como los malos tratos durante los manejos previos al sacrificio pueden provocar la muerte de animales con la consecuente pérdida total de producto; más frecuentemente provocan disminuciones de peso en las canales y hematomas (contusiones, lesiones), que implican recortes de trozos de la canal ("decomisos") con las consiguientes mermas de peso.
- Calidad de carne producida: el manejo inadecuado, así como el ayuno que acompaña los manejos previos a la faena provocan estrés en los animales; este estrés conlleva cambios de tipo metabólico y hormonal en el músculo del animal vivo, que se traducen en alteraciones de color, pH y capacidad de retención de agua en el músculo postmortem. Como consecuencia las características de la carne cambian, tratándose menos aceptables al consumidor y acortando la vida útil.
- Exigencias reglamentarias: la creciente preocupación por parte de los consumidores en cuanto a que los animales deben ser producidos bajo estándares de bienestar aceptables y manejados en forma humanitaria durante el sacrificio, aspectos que además son registrados en un sistema de trazabilidad del producto "del campo al plato" para poder diferenciarlos, ha llevado a un aumento de las exigencias legales y reglamentarias en torno al bienestar animal.

Son muy variadas las consecuencias de no tener en cuenta el BA y no realizar buenas prácticas de manejo. Entre ellas se encuentra la aparición de hematomas en las canales. Como son diversos los agentes que intervienen, se pueden separar en tres etapas que son: en el establecimiento rural, durante el trasporte y en frigorífico.

4.7 Manejo y BA en el establecimiento y en las etapas previas al embarque

Según Grandin (2019) es importante tener una actitud positiva y al trabajador le debe gustar trabajar con animales, siendo el primer paso para mejorar la ganadería. La buena ganadería reduce el estrés y el ganado tendrá una mayor productividad. Muchos autores coinciden en que animales que reciben manejo adecuado, son menos susceptibles al estrés generado por las diversas rutinas de una empresa ganadera que involucran la presencia del hombre (del Campo, 2008). Dicho efecto se ve reflejado no solo en el comportamiento sino en la productividad a nivel comercial (Breuer et al., 2000; Rushen et al., 1999 citado por del Campo 2008, del Campo et al., 2021).

En las horas previas y durante la faena, se debe minimizar el estrés ocasionado a los animales, teniendo también en cuenta que pueden afectarse en forma negativa las características organolépticas y tecnológicas de la carne (Monin, 1998 citado por del Campo 2008).

Las personas pueden golpear a los animales y causarles dolor y lesiones debido a consideraciones económicas egoístas, o porque no consideran que los animales sientan dolor, o por falta de conocimiento sobre los animales y su bienestar. Por lo tanto, la capacitación del personal puede alterar sustancialmente las actitudes y el trato hacia los animales (Grandin, 2019). El manejo de animales sin el uso de palos o picanas eléctricas resulta en un mejor bienestar y menos riesgo de mala calidad de la canal.

Según del Campo (2017b), algunas de las recomendaciones básicas y fundamentales para un buen manejo en corrales son:

- Se debe crear conciencia en la gente sobre el manejo sin violencia. La violencia solamente provoca reacciones defensivas y más violencia.
- Se recomienda no trabajar con demasiada gente en los corrales.
- Trabajar en SILENCIO en la medida de lo posible.
- Se deben eliminar las distracciones visuales, olfativas y auditivas.
- Se debe movilizar a los animales en forma lenta y tranquila con operarios que hablen en un tono de voz suave y bajo. Jamás trabajar apurado.
- Trabajar a pie. Nunca se debe entrar a caballo a los corrales ni al huevo.
- Se debe trabajar siempre desde afuera en las zonas más encerradas (huevo, tubo).
- Acostumbrarse a cortar lotes. No arrear 30 animales si pretendemos que entren 15 al huevo. Los animales arreados inútilmente aprenderán que se puede volver para atrás y lo recordarán siempre dificultando su manejo.
- Se recomienda eliminar la presencia de perros en las mangas
- Se recomienda utilizar BANDERAS sujetas a una caña/tubo plástico liviano (sustituyendo palos y picanas) para guiar al animal, considerando su campo de visión.
- Se recomienda evitar las horas muy calurosas y de sol intenso para movilizar a los animales, incluso si las instalaciones tienen sombra.

Uno de los aspectos elementales que debe conocer el personal para conducir correctamente a los animales es la "zona segura" o "zona de fuga"; ésta corresponde al espacio que el animal considera como propio a su alrededor y por tanto está intimamente relacionado con la distancia que la persona debe mantener con él. Otro aspecto importante es el "punto de balance o equilibrio", éste es un punto que se ubica a la altura de las paletas: cuando una

persona se para frente a este punto, el animal permanece inmóvil en la manga (tubo), si la persona avanza hacia adelante del punto de balance, el animal retrocede; en cambio si la persona se para detrás del punto de equilibro, el animal avanza (Grandin, 2000 citado por Gallo et al., 2010).

Otro factor fundamental es el tiempo previo al embarque en que se forman los lotes. Esto deberá hacerse mínimo una semana antes del embarque para dar tiempo a la reestructura social del grupo y no embarcarlos cuando aún están enfrentando este problema y por tanto, ante una situación estresante (del Campo, 2017c).

En el caso de las instalaciones, éstas pueden estar mal construidas y/o en mal estado, pueden presentar estructuras salientes, rampa con inclinación incorrecta o también en mal estado, presentando huecos o estructuras que puedan hacer que el ganado tropiece o resbale (Castro y Robaina, 2003 citado por Urbina, 2019). No menos importante para facilitar el arreo es la supresión de las llamadas "distracciones", que son elementos que llaman la atención o asustan a los animales cuando se aproximan a ellos y los hacen detenerse o darse vuelta (Grandin, 2000 citado por Gallo et al., 2010). Las instalaciones deben estar limpias, en buen estado y deben ser mantenidas regularmente. Se deben eliminar obstáculos y salientes: tablas, clavos, tornillos, alambres, para no causar lesiones en los animales. Se deben evitar ángulos rectos de forma de optimizar el flujo de animales (del Campo, 2017b).

4.8 Manejo y BA en la carga, transporte y descarga

Los eventos involucrados en el proceso de transporte y manejo general del ganado destinado a producir carne, tales como el uso de diferentes elementos de arreo, la carga, el hacinamiento en corrales y en vehículos en movimiento, la descarga, la privación de agua y alimento y otros, representan estrés para el animal. Todos estos factores pueden afectar el bienestar de los animales y pueden provocar, además, problemas de calidad en la canal y la carne (Warris, 1990; Gregory, 1998; Gallo y Tadich, 2005 citado por Gallo 2010).

La condición en la que se realiza el transporte es más importante que el total del tiempo de viaje o la distancia recorrida. Una vez que el animal se ha adaptado a la situación, el tiempo es un problema menor en comparación con las densidades de carga, el diseño del vehículo, las condiciones de la carretera o el comportamiento del conductor (Tarrant y Grandin, 2000 citado por Strappini, 2012).

Respecto a la densidad de carga se ha especulado que la incidencia de hematomas aumenta con el aumento densidad de carga durante el transporte. Tarrant et al. (1988) transportaron ganado en tres diferentes densidades de carga: baja (200 kg / m2), media (300 kg / m2) y alta (600 kg / m2). Los hematomas se puntuaron utilizando el score ACBSS (Australian Carcass Bruises Scoring System) que es un sistema australiano de valoración de lesiones, el cual clasifica la severidad de los hematomas de acuerdo a su superficie y profundidad. Las puntuaciones de hematomas fueron 3,1 a 200 kg / m2, 3,6 a 300kg / m2 y 11,9 a 600 kg / m2, respectivamente. A partir de estos resultados, se concluyó que los hematomas en la canal aumentan con el aumento de la densidad de población/carga (Strappini, 2012).

El ganado transportado con alta densidad de carga tiene un espacio limitado para moverse y adoptar orientaciones preferidas, así como alinearse con la dirección del viaje, que puede aumentar su seguridad de equilibrio (Strappini, 2012).

No solo la sobrecarga, sino también la sub carga de los camiones aumentan la incidencia de hematomas. A bajas densidades de carga, los animales sueltos intentan mantener su equilibrio en un camión en movimiento y es más probable que golpeen las paredes y la puerta trasera del vehículo (Strappini, 2012).

Según Grandin (2019) las condiciones físicas dentro de los vehículos durante el transporte pueden afectar el grado de estrés en los animales, la selección de un vehículo apropiado para el transporte es importante, así como también el diseño de las instalaciones de carga y descarga. La calidad de la conducción puede resultar determinante en el bienestar animal en esta etapa, destacando la dificultad para mantener el equilibrio, mareos, lesiones, otros, que pueden ocurrir ante una mala conducción.

Los conductores cumplen un rol de vital importancia en el manejo de los animales, ya que la conducción de los vehículos en forma prudente, evitando virajes y frenados bruscos, favorece el bienestar de los animales y permite que lleguen en condiciones óptimas a su destino final. (Gallo, 2010). Consecuentemente, la OMSA indica que se debe capacitar a los conductores entregándoles información con respecto al comportamiento natural de los animales y de aquellos factores que ejercen un mayor estrés sobre ellos (ruidos repentinos, aislamiento, hacinamiento, pisotones, ente otros) y como estos llevan al deterioro del bienestar de los animales, daño de la canal y pérdidas económicas (Gallo et al., 2010).

Como muestra la figura 3, las distancias recorridas en Uruguay son relativamente cortas comparadas con otros países del mundo, esto reduce los riesgos de incidencia de hematomas en bovinos. El 16% de los viajes recorren entre 0-100 kms, el 32% recorren 101-200 kms, el 21% recorren 201-300 kms, 14% recorren 301-400 kms, el 17% recorren 401-700 kms.

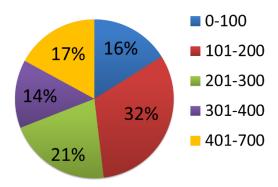


Figura 3. Kilómetros recorridos para faena en Uruguay Fuente: del Campo et al., 2013 (información sin publicar).

Algunas de las recomendaciones de INIA (del Campo, 2017c) para el manejo de los animales en las etapas pre-faena son:

- Formar los grupos de embarque al menos una semana antes del mismo. Siempre de debe evitar que animales de distinta procedencia, categoría, tamaño o sexo, viajen

juntos en el camión. En caso de ser necesario se los debe apartar dentro del camión con el uso del separador móvil.

- Evitar largas caminatas inmediatamente antes de subir al camión. Si el embarcadero está lejos, se recomienda trasladar los animales a un potrero cercano el día anterior al mismo. Si se han movilizado hasta el embarcadero, dejarlos descansar media hora antes de cargarlos.
- Los animales deberían disponer de agua hasta el momento de la carga.
- Al subir los animales al camión, movilizarlos en forma lenta y tranquila. JAMÁS trabajar apurado.
- Evitar que haya mucha gente en el momento del embarque.
- Trabajar en SILENCIO.
- Eliminar la presencia de perros en el embarcadero.
- Evitar movimientos bruscos.
- Utilizar BANDERAS sujetas a una caña/tubo plástico liviano para GUIAR al animal.
- Utilizar los conceptos de zona de fuga y punto de balance.
- Si un animal está nervioso es aún más importante manejarlo de forma tranquila y sin violencia.
- Eliminar (o minimizar) el empleo de picana eléctrica. Utilizar la picana solo si es estrictamente necesario (animal parado en la rampa) y hacerlo en forma correcta. Nunca aplicarla en zonas sensibles (mucosas) ni por más de un segundo cada vez.
- No permitir un mal uso de picanas ni de las puertas del camión: dolor y hematomas en cortes valiosos.

4.9 Manejo y BA en la planta frigorífica

Esta etapa incluye las actividades de desembarque, alojamiento en corrales de espera, conducción a la pesada, baño de aspersión y cajón de insensibilización, insensibilización y degüello (Barros y Castro, 2004 citado por Urbina, 2019).

Durante la descarga se controlarán los siguientes aspectos: atraque correcto del camión, abertura completa de la puerta guillotina antes de descender el primer animal y evitar el uso de la picana eléctrica, ruidos, etc. Los camioneros deben ser cuidadosos con el uso de la picana eléctrica ya que una de las principales causas de contusiones es el apuro en hacer que el ganado baje del camión. Cuando dos animales coinciden en la puerta de salida del camión con la consecuente imposibilidad de salida a la vez, se suelen producir contusiones graves en ambos animales. La dirección de las plantas de faena debería supervisar de cerca la descarga de los camiones. Además, el camión debe descargarse lo antes posible una vez que llegó al destino y se deben evitar apuros previniendo caídas y golpes en un piso de concreto en el que los animales no están acostumbrados a transitar (Grandin, 2000 citado por Urbina, 2019).

La conducción del ganado se hará en forma pausada hacia le corral de descanso, balanza o cualquier otra instalación del complejo sanitario *antemortem* que corresponda (Barros y Castro, 2004).

El espacio donde están confinados los animales luego que son descargados de los vehículos de transporte es muy importante para contribuir al bienestar de los mismos en las horas previas al sacrificio. En el año 2010, se pudo observar que en algunos establecimientos, el

piso de los corrales no era antideslizante, no había protección contra el sol o las inclemencias del tiempo y el diseño no permitía que los animales "fluyeran" con facilidad, registrándose ángulos rectos, desniveles, entre otros factores que hacían que los animales no quisieran avanzar porque tenían miedo y los operarios apelaban a métodos cruentos como electricidad, palos o todo tipo de formas para que el animal se moviera (Huertas, 2010).

Durante la espera de los animales, la reglamentación en prácticamente todos los países indica que se les debe proporcionar agua de beber *ad libitum*, lo que no siempre se tiene en cuenta es que puede que los animales no beban el agua porque están demasiado nerviosos y excitados por el ambiente desconocido y totalmente hostil o por extrañar el olor del agua, ya que muchas veces esta tiene gran cantidad de cloro (Huertas, 2010). El espacio por animal en corrales de espera también está estandarizado por normas internacionales y nacionales a las que Uruguay se ciñe estrictamente.

El ayuno previo a la faena presenta ciertas ventajas en lo que tiene que ver con la facilidad operativa y la inocuidad alimentaria. Sin embargo, es importante considerar que ayunos muy prolongados pueden provocar efectos muy negativos en el BA debido a las sensaciones de hambre, podrían aumentar la incidencia de carnes de baja calidad y disminuir el peso de la canal (del Campo, 2008). El tiempo máximo total de ayuno incluyendo el ayuno en el establecimiento, no debe superar las 24 horas.

4.10 Situación de Uruguay respecto al Bienestar Animal

Tal como se ha mencionado a lo largo de este trabajo, la sensibilización sobre el BA se ha consolidado especialmente en los países desarrollados, constituyéndose en un importante elemento de presión para el sector ganadero. Estos mercados, en forma creciente utilizan como base la información con garantías de sólida base científica, que certifica la calidad tanto intrínseca como extrínseca del producto (del Campo, 2010). Ante las mejores perspectivas de acceso a mercados mundiales, es necesario adaptarse a sus exigencias y requerimientos. Las exigencias y los desafíos se trasladan a los diferentes agentes de la cadena cárnica y por ende a los sistemas de producción. (del Campo, 2006). Esto determina la necesidad de conocer tanto la calidad de los productos generados en los sistemas tradicionales y emergentes de producción, como las características de los procesos en que esos productos se generan, desde el punto de vista de Bienestar animal y de sostenibilidad ambiental (del Campo, 2008).

Para países como Uruguay, cuyo desarrollo económico depende en gran medida del crecimiento de las exportaciones, las exigencias de los consumidores de los países de mayor poder adquisitivo marcan la dirección de la producción y determinan las características de los productos (del Campo et al., 2008). Sumado a ello, hoy se registra el interés del ciudadano uruguayo por los aspectos éticos, con el bienestar animal como tema emergente y de forma muy relevante (Realini et al., 2022).

Las condiciones de producción de los sistemas extensivos a cielo abierto nos posicionan favorablemente en varios aspectos relativos al BA, especialmente en lo que tiene que ver con las expresiones de los comportamientos naturales en los animales (del Campo, 2014).

Sin embargo, existen amenazas reales asociadas a esas características; entre ellas se encuentra la posible subalimentación y/o subnutrición debida a la estacionalidad de la producción de forraje, la inadecuada relación entre la carga animal y la masa y/o calidad de forraje disponible y/o a la deficiencia de ciertos minerales esenciales y elementos traza en las pasturas (McCosker y Winks, 1994 citado por del Campo et al., 2014).

También pueden existir importantes limitantes asociadas al estrés y al dolor. En relación al estrés, se destaca:

- Estrés por manejo inadecuado, ya que se suele utilizar la violencia y el uso de dispositivos inadecuados para movilizarlos, tanto en el predio, en transporte y en planta de faena.
- Estrés térmico: puede existir falta de sombra y/o abrigo en las épocas necesarias y en especial en especies y/o categorías más sensibles.
- Destete: el cual se realiza de forma abrupta, sin el uso de técnicas de preacondicionamiento para minimizar el estrés tanto del ternero como de la madre
- Por incomodidad o alojamiento inadecuado cuando se cambia el sistema de producción, pasando a sistemas más intensivos.

En relación al dolor, se destaca:

- Dolor debido a prácticas rutinarias dolorosas como las mutilaciones que en ocasiones se realicen a edades del animal muy avanzadas y/o sin el uso de productos para mitigar el dolor: castración, descorne, descole en ovinos.
- Inyectables administrados de forma incorrecta provocando abscesos u otras problemáticas.
- Mortalidad neonatal en ovinos.
- Ataques de predadores.

La buena noticia es que el sistema de ciencia y tecnología uruguayo desarrolló paquetes tecnológicos y tecnologías para levantar cada limitante asociada a los sistemas de producción a cielo abierto y en base a pasturas (del Campo, 2020). En relación al bienestar animal y la calidad del producto, información generada en Uruguay muestra con estricto rigor científico que tanto en sistemas de producción extensivo como intensivo, el buen manejo animal tiene un impacto positivo sobre el temperamento individual de bovinos y en la relación humano-animal (disminuyendo riesgos de accidentes laborales y lesiones en los animales), así como sobre la productividad y la calidad del producto final (canal y carne) (Brito et al., 2017; Costa et al., 2019; Costa et al., 2021; del Campo et al., 2008; del Campo et al., 2010; del Campo et al., 2014; del Campo et al., 2015, Huertas et al., 2018).

La incorporación de buenas prácticas asociadas a bienestar animal a las empresas ganaderas de carne implica contar con una herramienta que permitirá contar con una oferta de productos de alta calidad (social, ética e intrínseca del producto). Es decir, una herramienta que no solamente trae aparejados incrementos en la productividad y en la calidad intrínseca del producto, sino que además constituirá una herramienta de diferenciación para ofrecer al mercado interno y también para apuntar a mercados internacionales más exigentes y de más alto valor (del Campo et al., 2021).

4.11 Estrés

Sea cual sea la definición de bienestar animal, todas están asociadas al concepto de estrés. Según Selye (1956), estrés es la respuesta no específica del organismo a cualquier demanda del exterior. Ocurre cuando existe una alteración en el equilibrio del organismo causada por la acción de un agente externo o interno, y el organismo reacciona ante esto de forma extraordinaria para restaurar dicho equilibrio. Esta respuesta de estrés está constituida por un mecanismo tripartito que se denomina SGA (Síndrome General de Adaptación) que incluye tres etapas: reacción de alarma, etapa de resistencia y etapa de agotamiento.

Estrés, dolor y angustia ¿cuál es la respuesta biológica del organismo?

Una respuesta al estrés comienza cuando el sistema nervioso central (SNC) percibe una amenaza potencial para la homeostasis. Si el estímulo es realmente una amenaza o no, no es importante; es solo la percepción de una amenaza lo que es fundamental. Una vez que el SNC percibe una amenaza, desarrolla una respuesta o defensa biológica que consiste en la combinación de las cuatro respuestas de defensa biológicas generales: la respuesta conductual, la respuesta del sistema nervioso autónomo (SNA), la respuesta neuroendócrina o la respuesta inmune. En el caso de muchos factores estresantes, la primera respuesta, sin duda la más económica desde el punto de vista biológico, es la conductual. El animal puede tener éxito en evitar el factor estresante simplemente alejándose de la amenaza (Moberg, 2000). Esta respuesta conductual no es apropiada para todos los factores estresantes y los animales también pueden encontrarse en situaciones en las que sus opciones conductuales son limitadas o frustradas. Esto es especialmente preocupante cuando las opciones de comportamiento de un animal están limitadas, por ejemplo, en situaciones de confinamiento (Ladewig, citado por Moberg, 2000).

La segunda línea de defensa de un animal durante el estrés es el Sistema Nervioso Autónomo (SNA). Durante el estrés, este afecta a un número diverso de sistemas biológicos, incluidos el sistema cardiovascular, el sistema gastrointestinal, las glándulas exocrinas y la médula suprarrenal. Los resultados son cambios en la frecuencia cardíaca, la presión arterial y la actividad gastrointestinal, muchos de los signos físicos que asociamos personalmente con el estrés (Moberg, 2000). La activación de este sistema frente a situaciones de estrés tiene una respuesta biológica relativamente corta, por lo tanto, se podría argumentar que esta respuesta no tiene un valor significativo en el bienestar animal a largo plazo. O, dicho de otra forma, no podría asociarse a sufrimiento.

La tercera línea de defensa y en contraste con los efectos del SNA, las hormonas secretadas por el sistema neuroendócrino hipotalámico-pituitario tienen un efecto amplio y duradero en el organismo. Prácticamente todas las funciones biológicas que se ven afectadas por el estrés, incluida la competencia inmunológica, la reproducción, el metabolismo y el comportamiento, están reguladas por estas hormonas pituitarias.

Se ha llegado a apreciar el papel directo que juega el sistema nervioso central en la regulación del sistema inmunológico durante el estrés, y también que el sistema inmunológico por derecho propio es uno de los principales sistemas de defensa que responde a un factor estresante (Dunn, 1998 citado por Moberg, 2000).

Según Moberg (2000), todas las defensas biológicas utilizadas para hacer frente a un factor de estrés alteran la función biológica. El SNA puede aumentar la frecuencia cardíaca. Los glucocorticoides secretados, como el cortisol, alterarán el metabolismo de la glucosa, aumentando la concentración de glucosa en sangre. Una respuesta de comportamiento altera los patrones de comportamiento en curso. Son estos cambios inducidos por el estrés en las funciones biológicas los que afectarán directamente el bienestar del animal. A este cambio en la función biológica durante el estrés se lo denomina como el "costo biológico del estrés". Para la mayoría de los factores de estrés, el costo biológico es insignificante porque los factores de estrés son de corta duración. Durante el estrés prolongado o cuando el estrés es severo, el costo biológico es significativo y el trabajo del estrés se convierte en una carga significativa para el cuerpo.

Es el cambio en la función biológica lo que es importante para el bienestar, no el mecanismo que induce el cambio. Mediante este argumento, se podría utilizar el desarrollo del estado patológico para indicar una amenaza al bienestar. Sin embargo, depender del desarrollo de patologías para medir el bienestar de los animales es poco práctico e inhumano. Por lo tanto, hay que enfocarse en los cambios inducidos por el estrés en la función biológica como una medida de bienestar porque este costo biológico del estrés es la clave para comprender cuándo el estrés se convierte en sufrimiento, poniendo en riesgo el bienestar de un animal (Moberg, 2000).

No siempre que hay estrés, las consecuencias son negativas como para alcanzar estados de provocar angustia o sufrimiento. Según Moberg (2000), la clave para diferenciar el sufrimiento del estrés no amenazante es el costo biológico que éste tiene. Cuando el estrés es mínimo o es breve, puede ser no amenazante porque existen suficientes reservas de recursos biológicos para hacer frente al factor estresante y cubrir su costo biológico. Es decir, el costo del estrés tiene pocas consecuencias para el animal porque el estrés es breve o poco intenso. En cambio, cuando no hay suficientes reservas biológicas para satisfacer el costo biológico de la respuesta al estrés, entonces los recursos deben ser desviados de otras funciones biológicas, viéndose éstas afectadas.

Refiriéndose en el costo biológico del estrés, se puede argumentar que el estrés agudo o crónico produce angustia cuando la respuesta al estrés desplaza recursos suficientes para afectar otras funciones biológicas.

Aditividad del estrés

Además, existe el concepto de aditividad del estrés. Cuando un animal experimenta una exposición repetida al mismo factor de estrés, sin ninguna oportunidad de reponer sus recursos biológicos, podría acumular un costo biológico suficiente para afectar otras funciones biológicas. El resultado de este costo biológico acumulado sería un estado de angustia. Tal acumulación de costos biológicos podría resultar entonces, de la exposición repetida al mismo factor estresante agudo, o podría ser la consecuencia de la suma de los costos biológicos de varios factores estresantes activos (Moberg, 2000). Es por esto que, en los sistemas de producción, cuando las prácticas dolorosas o estresantes son realmente necesarias, deben ser diferidas en el tiempo. A nivel de establecimientos agropecuarios esto es posible, pero en las etapas previas a la faena no lo es, por lo cual el cumplimiento de buenas prácticas de manejo es fundamental (del Campo, 2019).

Fases del estrés

Como se mencionó anteriormente, en respuesta a un factor estresante, se dispara una respuesta en el animal que involucra al sistema nervioso simpático y al eje adrenocorticotrópico (HPA), lo cual resulta en una cascada de eventos hormonales. Se distinguen tres fases en dicha respuesta ante situaciones de estrés:

- 1. Síndrome de alarma, lucha o huida: se liberan a la sangre grandes cantidades de adrenalina y noradrenalina desde la médula adrenal (descarga simpática), esto sucede en segundos. Cannon (1914) lo describe como la reacción o síndrome de emergencia, en la que se da una respuesta corta que involucra dicha liberación hormonal (catecolaminas). Estas hormonas, liberadas por la médula adrenal, promueven la remoción y destrucción de glucosa que proviene del hígado para hacerla disponible en el músculo. La sangre que transporta la glucosa y al oxígeno, se desvía de los órganos no esenciales para la actividad motora y se dirige rápidamente hacia los órganos necesarios tales como el corazón, músculos esqueléticos y el cerebro. Se priorizan actividades fisiológicas necesarias para el beneficio inmediato, postergando otras como digestión, crecimiento, reproducción, etc. Como consecuencia entonces a la descarga simpática, se produce un aumento de la presión arterial, del flujo sanguíneo a los músculos motores, del metabolismo celular, de la concentración de glucosa en sangre, de la fuerza muscular y de la actividad mental, disminuye la percepción del dolor, ocurre broncodilatación y dilatación pupilar (Garcia Sacristán, 1995).
- 2. Resistencia o fase de adaptación: en esta fase el hipotálamo segrega corticotrofina (CRH) y argenina vasopresina (AVP), las cuales estimulan a la adenohipófisis a segregar la hormona adrenocorticotrófica (ACTH). Esta última estimula la secreción de glucocorticoides por parte de la corteza adrenal. Los glucocorticoides (GC) presentan diversas funciones en el organismo destinadas al mantenimiento de la homeostasis (Sapolsky et al., 2000). Es así que, durante la fase de recuperación o adaptativa, los glucocorticoesteroides promueven la resíntesis de glucógeno del hígado a partir de glucosa circulante, manteniendo los niveles de glucogénesis. El cambio en la prioridad de actividades fisiológicas necesarias para enfrentar la situación estresante es lo que se denomina costo biológico del estrés (Moberg, 2000). En la mayoría de las situaciones, dicho estrés es irrelevante, ya que le permiten enfrentase a la nueva situación. Cuando la situación de estrés es excesivamente intensa o prolongada, tal como fue mencionado antes, dicho costo biológico puede significar una amenaza significativa para el organismo. Por lo tanto, para que ocurra la activación del eje adrenocorticótrofico, es necesario que el animal perciba la situación como estresante.
- **3.** Agotamiento: estado prepatológico y eventualmente muerte. Si el desafío es demasiado severo, complejo o duradero y el animal no puede desarrollar la respuesta apropiada, puede no lograrse esa adaptación, dando lugar a la fase de agotamiento. La metabolización continua de glucosa sin oportunidad de almacenarla nuevamente hace que los tejidos se atrofien y se fatiguen. Los cambios cardiovasculares inducen la aparición de hipertensión que puede lesionar el corazón, los vasos sanguíneos y riñones. Con el tiempo se ven afectado el crecimiento y la reaparición de tejidos, se reduce la fertilidad y se produce una depresión del sistema inmunitario (Seyle, 1956).
- 4.12 Impacto del estrés en la calidad de la canal y la carne

Calidad de canal

La canal bovina se define como el cuerpo entero del animal sacrificado, sangrado, desollado, eviscerado, separado la cabeza a nivel de la articulación occípito-alantoidea y sin extremidades, que se cortaran a nivel de las articulaciones carpo-metacarpiana y tarso-metatarsianas (Reglamento (CEE) del Consejo nº 1208/81). Las características de calidad de las canales se establecen a partir del peso de la canal caliente, la conformación y el grado de engrasamiento. Dichos parámetros proporcionan información sobre el músculo, la grasa y el hueso de la canal, sobre la cantidad y composición de las piezas, la cantidad de tendones y la constitución de la musculatura y el tejido graso (Schön, 1973).

Un factor muy importante a la hora de evaluar la calidad de la canal es la incidencia de hematomas que presentan y está muy relacionado al manejo pre faena que hayan tenido los animales. Varios autores han reportado un incremento de la incidencia de hematomas en animales que han sufrido un manejo inadecuado (Gregory, 1996).

La presencia de hematomas determina pérdidas en la canal, debido a que son retirados de la misma y cuando se ubican en zonas de alto valor comercial tiene particular importancia económica Si bien estas son las consecuencias del manejo previo inmediato, no se pueden obviar los perjuicios que ocasionan prácticas de manejo, que aunque más lejanas en el tiempo, merecen mencionarse; tal es el caso de inyectables administrados de forma incorrecta, que se traducen en las carcasas como "abscesos por inyectables" (Castro y Robaina, 2003).

Calidad de carne

Se puede definir el término "calidad de la carne" de un modo general, como la totalidad de las cualidades positivas que constituyen el valor sensorial, tecnológico, higiénico y nutritivo de la carne, así como también en un concepto amplio y variable, implica una gradación en la aceptabilidad de la carne por un mercado según su composición (valor nutritivo), sus características organolépticas (color, aroma, sabor y textura) y su capacidad para ser transformada en productos cárnicos (propiedades tecnológicas) (Álvarez, 2002 citado por Sánchez et al., 2010). La calidad de la carne es la medida de los rasgos que el consumidor percibe y evalúa. Pero el concepto o percepción de calidad es más amplio, en cierto modo subjetivo, y abarca aspectos que van más allá del producto en si, como el estado sanitario del país, la certificación de procesos y productos y la oferta de productos de calidad constante, entre otras (INIA, 2011).

La evaluación de calidad de carne depende del lugar de la cadena cárnica del que se haga referencia y es por ello que se utilizan diferentes parámetros para su caracterización. Para algunos actores de la cadena, productores e industria frigorífica, por ejemplo, se refiere a características de la res (peso, cobertura y distribución de grasa, conformación). Para otros, puede ser el tamaño y peso de los cortes, el color y pH de la carne, el color de la grasa, el grado de marmóreo y/o la textura de la carne. En el otro extremo de la cadena, el consumidor entiende por calidad a ciertos atributos visuales y otras características sensoriales, a aspectos nutritivos, a la inocuidad y a la terneza de la carne (INIA, 2011).

Las características o factores de calidad de la carne pueden agruparse en cinco grandes grupos:

1. Características sensoriales u organolépticas: color, veteado, exudado, terneza, jugosidad, sabor y olor).

Color. El color es uno de los factores más importantes entre los que definen la calidad de la carne. El consumidor en general prefiere carne de color brillante, mientras que rechaza la de color apagado o pardo (Beriani y Lizaso, 1997), por este motivo es de suma importancia para la industria cárnica que la apariencia que la carne ofrece al consumidor consiga un alto grado de aceptabilidad. El color de la carne se podría determinar por medio de los pigmentos presentes en la misma, los cuales se podrían clasificar en cuatro tipos: pigmentos biológicos (carotenoides y hemopigmentos), que se acumulan o sintetizan en el organismo antemortem; pigmentos producidos por daños durante su manejo o por condiciones de proceso inadecuadas; pigmentos formados postmortem por reacciones enzimáticas o no enzimáticas (Montero et al., 2001). De los pigmentos mencionados, la mioglobina es el principal pigmento biológico de la carne y su estado (oxidado, oxigenado o reducido) determina, el color de la misma (Fernández-López et al., 2000 citado por Sánchez-Zapata et al., 2010). La mioglobina ejerce funciones de almacenamiento y transporte de oxígeno necesario para el músculo, por lo que su concentración aumenta a medida que crece la demanda de oxígeno. Es por ello que es superior en músculos más activos y en los animales de mayor edad, dando un color más oscuro a la carne (Cepero y Sañudo, 1996). En este sentido, del Campo (2008) afirma, cuando la carne fresca es cortada, cambia del color púrpura al rojo brillante (proceso conocido como blooming), cuando la carne tiene altos valores de pH último debido a un mal manejo, no ocurre este proceso y las carnes permanecen oscuras. Los altos niveles de pH y por tanto la elevada capacidad de retención de aqua entre las cadenas proteicas, hace que las fibras se hinchen y la superficie de la carne refleje una menor cantidad de luz.

Terneza: es la sensación que percibe el consumidor frente a la carne y que abarca un conjunto de impresiones tanto visuales como táctiles. Según Brito y Pittaluga (2003), la terneza es la característica que determina la aceptación del producto por parte del consumidor y es determinante en la repetición de la compra. La terneza es un atributo muy complejo en el cual participan factores inherentes al animal y al manejo pre y post faena, así como también la forma de preparación del producto. Durante las 24-36 horas luego de la muerte del animal, el fenómeno predominante es la glucólisis. La baja disponibilidad de energía luego de la muerte del animal, además de todos los efectos que ocasiona, incrementa la dificultad para mantener la estructura integral de las proteínas. El bajo pH y la acumulación de ácido láctico facilitan la desnaturalización de las proteínas y ésta es acompañada por una perdida en la capacidad de retención de agua (Putnam, 1953). La desnaturalización de las proteínas sarcoplásmicas las hace vulnerables al ataque de proteasas del músculo (De Duve y Beaufay, 1959, citado por del Campo, 2008). Es así que la maduración está asociada a incrementos en la terneza de la carne debido a la desnaturalización y proteólisis de las proteínas miofibrilares y las proteínas sarcoplásmicas.

Según del Campo (2008), entre los diversos factores *premortem* que estarían afectando a la terneza de la carne, se destacan la alimentación, la edad de los animales al momento de la faena, el manejo en los momentos previos a la misma, el temperamento y la raza de los animales. Ouali et al., (2006) afirman que el estrés sufrido en forma previa al sacrificio podría presentar un efecto negativo sobre la terneza, a través de la acción se ciertas proteínas que se encargan de prevenir la apoptosis o muerte celular. Dichas proteínas son producidas por las células del animal como forma de defensa, cuando este se enfrenta a situaciones de estrés. Por lo tanto, en el periodo inmediato a la muerte, podrían enlentecer el proceso de muerte celular constituyendo un obstáculo en la maduración. Por lo tanto, la

respuesta individual de los animales ante situaciones de estrés podría presentar un efecto importante sobre las características organolépticas de la carne.

La carne de las razas indicas y continentales (Charolais, Limousin, Nelore, Brahaman, etc.) es menos tierna y más variable en terneza que la carne de razas de origen británico (Hereford, Angus, Shorthorn, etc.) (Eulf et al., 1997 citado por del Campo, 2008).

Aroma y sabor: además de ser otras de las características más valoradas por los consumidores, es considerado un importante atributo de calidad de carne. Tanto en la carne cruda como en la carne cocida, existen fracciones volátiles y no volátiles; las diversas combinaciones de estos componentes son las responsables del aroma y sabor de dicha carne (Meinert et al., 2009 citado por Sánchez-Zapata, 2010). Hay también diferencias intrínsecas debidas a la especie, que se reflejan en las diferentes características del sabor de la carne. El efecto de las especies sobre el aroma y sabor proviene del control genético del metabolismo lipídico y de la composición.

<u>Veteado:</u> es la grasa visible presente en los espacios interfasciculares del músculo y actúa positivamente en la terneza de la carne (Jackman et al., 2009 citado por Sánchez-Zapata, 2010). Según Sánchez-Zapata (2010) es un carácter importante para valorar la carne, ya que esta grasa intramuscular contribuye al buen sabor, jugosidad y aroma. Pequeñas cantidades de grasa intramuscular deberían ser adecuadas para lubricar las fibras musculares y así favorecer la jugosidad, el aroma y el sabor del producto.

- **2. Características nutricionales:** valor proteico, aminoácidos esenciales, grasa, composición en ácidos grasos, vitaminas y minerales.
- 3. Características tecnológicas: la calidad tecnológica de la carne se puede definir como el conjunto óptimo de características anatómicas, morfológicas, sensoriales, higiénicas y bioquímicas que permiten obtener un producto elaborado de buena aceptación por el consumidor y de buen rendimiento económico para la industria, minimizando los defectos de producción y estandarizando las características que configuran el producto final. (Lopez-Vargas, 2007 citado por Sanchez-Zapata, 2010). La capacidad de retención de agua (CRA) es la propiedad más estudiada en la carne. La CRA se define como la propiedad de una proteína cárnica de retener agua, tanto propia como añadida, cuando se somete a un proceso de elaboración o durante la conservación de la misma. Está influenciada por el pH de las carnes, por cambios postmortem y por la adición de sales. Por lo tanto, la CRA afecta el aspecto general de la carne y a la impresión de jugosidad en el momento de la masticación.
- **4. Características higiénico-sanitarias:** como garantía de no producir un riesgo para la salud del consumidor.
- 5. Características de calidad social: Bienestar Animal. El BA atribuye valor a la carne en forma directa (calidad social), destacándose además el efecto negativo que puede ocasionar el estrés sobre los factores sensoriales, bioquímicos e higiénicos (del Campo, 2008).

Impacto del estrés en la calidad de la carne

Como se mencionó anteriormente, cuando un animal sufre situaciones de estrés, se activan mecanismos en el organismo para enfrentarlo. Entre muchas respuestas, la movilización de reservas de glucosa es una de las más importantes. Esto tiene gran implicancia en el proceso de transformación de músculo a carne. En el músculo del animal vivo, el pH oscila entre 7 y 7,3. Con la muerte del animal, por la falta de oxígeno, se produce metabolismo anaerobio (glucólisis anaeróbica), generándose ácido láctico como producto final, éste no puede ser

transportado al hígado donde sería utilizado para la síntesis de glucosa y glucógeno, siendo acumulado en el músculo. Esta acumulación de ácido láctico es la responsable del descenso del pH, que es un fenómeno requerido para el correcto proceso de transformación del músculo en carne. Este descenso debe producirse en forma gradual desde el pH inicial de 7,0-7,3 hasta valores de 5,5-5,7 a las 6-12 horas post faena, para estabilizarse a las 24 horas postmortem en valores ligeramente inferiores (5,4) aproximadamente) (Urbina, 2019).

Normalmente, la energía requerida para la actividad muscular en un animal vivo se obtiene de los azúcares (glucógeno) presente en el músculo. En un animal sano y descansado, el nivel de glucógeno en los músculos es alto; una vez sacrificado el animal, este glucógeno se convierte en ácido láctico y los músculos adquieren la rigidez característica (*rigor mortis*). El ácido láctico es necesario para producir carne suave, de buen sabor, calidad y color (Grandin, 1997). Además, el ácido láctico en el músculo se puede considerar como un bacteriostático natural debido a que retarda el crecimiento que puede contaminar la canal durante su procesamiento (Southern et al., 2006, citado por Mota et al., 2010), por lo tanto, la falta de glucógeno muscular favorece el crecimiento bacteriano y la rápida descomposición.

Los cambios de glucógeno están directamente relacionados con los cambios en el bienestar físico y psicológico de los animales, incluyendo el transporte por tiempo corto o prolongado, el manejo, la dieta, mezcla de animales desconocidos entre sí, hembras en celo, ejercicio forzado, entre otras prácticas comunes en la producción de carne (Alarcón, 2010).

Estos cambios están directamente relacionados con la incidencia de carnes de baja calidad como las llamadas carne PSE (pálida, suave y exudativa) y carne DFD (oscura, firme y seca). La incidencia de estos tipos de carne causa pérdidas económicas significativas a la industria cárnica (Alarcón, 2010). El corte oscuro se relaciona directamente con una disminución de glucógeno muscular y hepático.

El pH es de gran importancia en cuanto a las características organolépticas de la carne, ya que tiene influencia directa o indirecta sobre el color, la terneza, el sabor, la capacidad de retener agua y la capacidad de conservación (Alarcon, 2010). Además, de las modificaciones de color y pH de la carne dependen procesos tecnológicos tan importantes como el envasado al vacío, por lo cual los problemas derivados del estrés en la carne, más que afectar directamente al consumidor, afectan especialmente a los industriales y procesadores (Gallo y Tadich, 2005, citado por Alarcón, 2010).

Por otro lado, se ha reportado que los niveles altos de pH (5,8 o mayores) producen un incremento en la capacidad de retención de agua, se refleja menor cantidad de luz y se observa un color más oscuro y más dureza, favoreciendo además la alteración microbiana (Prince y Schweigert, 1994 citado por Mota et al., 2010).

Según del Campo (2008), en bovinos, dietas con altos niveles de energía como las ofrecidas en condiciones de engorde a corral, permiten incrementar las reservas de glucógeno en el músculo y de esta manera se lograría adecuados descensos de pH. De igual forma, la suplementación con granos durante la etapa de terminación incrementa las reservas de glucógeno permitiendo una correcta acidificación y por lo tanto una adecuada conservación de la carne. Las reservas de glucógeno podrían realizar un efecto "buffer" en el periodo pre faena (Immonen et al., 2000). Las canales más engrasadas permitirían un descenso más lento de la temperatura *postmortem* y por tanto una tasa de descenso de pH más adecuada.

Sin embargo, estas propiedades pueden verse disminuidas si, tal como se ha mencionado antes, el manejo de los animales en los momentos previos a la faena compromete las reservas de glucógeno del músculo.

4.13 Consecuencias y pérdidas económicas por mal manejo en Uruguay

Existen antecedentes a nivel de la industria cárnica que muestran la incidencia de problemas de calidad (hematomas, decomisos por inyectables, pH inadecuados) que afectan el valor potencial de los cortes cárnicos, los costos de producción y la comercialización de los mismos, reduciendo su consistencia y por ende la demanda de los mercados. Esto termina generando pérdidas de competitividad en toda la cadena cárnica uruguaya. Este aspecto puede ser mitigado con la cuantificación de estas ineficiencias y la correspondiente generación de estrategias que ayuden a minimizar las restricciones de calidad con la consecuente mejora de la relación beneficio/costo de producción (INIA, 2011).

En base a lo anterior, en el año 2002, el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y el Instituto Nacional de Carnes (INAC) con la colaboración de la Universidad de Colorado (EEUU), decidieron llevar a cabo la primera Auditoría de Calidad de Carne para determinar y cuantificar los principales factores responsables de las pérdidas de valor. Esta metodología se repite cada cinco años, con el objetivo de visualizar los avances logrados con respecto a las limitantes detectadas, identificar la presencia de nuevos defectos de calidad, evaluar la efectividad de las estrategias definidas y diseñar nuevas alternativas.

En las tres auditorías realizadas en el país, se valoraron las pérdidas económicas causadas por los principales problemas encontrados en la calidad de la carne. Las principales pérdidas son causadas por la presencia de hematomas y por problemas de pH alto y cortes oscuros en la carne, seguidas por las pérdidas causadas por decomisos de hígado y excesivo amarillamiento de la grasa.

Cuadro 7. Valoración comparativa de las pérdidas (U\$S/animal faenado y pérdidas totales) entre las Auditorías 2003, 2008 y 2013

| 0 | Auditoría | 2003 | Auditoría | 2008 | Auditoría | 2013 |
|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Concepto | Pérdidas/ Animal | Pérdidas Totales | Pérdidas/ Animal | Pérdidas totales | Pérdidas/ Animal | Pérdidas totales |
| Hematomas | 8,27 | 16.373.983 | 4,26 | 8.427.538 | 6,48 | 12.842.649 |
| Decomisos por inyectables | 0,37 | 731.247 | 0,34 | 672.411 | 0,28 | 558.520 |
| pH mayor igual 5,9 | 8,20 | 16.246.982 | 5,64 | 11.172.582 | 6.40 | 12.686.000 |
| Decomisos de Hígado | 2,76 | 5.460.192 | 2,38 | 4.716.173 | 1,77 | 3.496.973 |
| Grasa amarilla | 3,60 | 7.195.139 | 3,22 | 6.395.679 | 0,27 | 534.756 |
| Daños en el cuero | 0,58 | 1.140.955 | 0,41 | 817.684 | 0,30 | 589.494 |
| PÉRDIDAS TOTALES | 23,8 | 47.148.499 | 16,2 | 32.202.068 | 15,5 | 30.708.392 |

Fuente: Brito et al., 2017

Cálculos de cada Auditoría, realizados con valores del año 2015.

Como se muestra en el cuadro 7, en las tres Auditorías se cuantificaron las pérdidas económicas, causados por esos problemas de calidad, según su grado de incidencia. Los principales problemas de calidad estuvieron asociados a la presencia de hematomas, al pH elevado e incidencia de cortes oscuros y a los decomisos de hígado, los cuales afectan el valor de los cortes cárnicos, los costos de producción y la comercialización de los mismos.

Se observa una disminución en las pérdidas económicas de U\$S 8,30 por animal, entre la primera y segunda Auditoría. Considerando una faena anual de dos millones de vacunos, esto significa dejar de perder anualmente unos U\$S 16.000.000. Sin embargo, entre la segunda y tercer Auditoría, las pérdidas económicas volvieron a aumentar. Esto plantea desafíos importantes para toda la cadena cárnica, involucrando a la investigación, extensión y capacitación de los distintos actores.

La producción animal está en constante evolución para adaptarse a la creciente demanda de productos de origen animal de la manera más eficiente y de forma sostenible para el medio ambiente (Thornton, 2010 citado por Knock y Carroll, 2019).

En el cuadro 7, es posible observar que, en 2013, el 99,5% de las pérdidas de la cadena cárnica bovina están directamente asociadas al bienestar animal: hematomas, pH y cortes oscuros, decomisos por inyectables y decomisos de hígado.

Es de interés para los productores y procesadores preocuparse por el bienestar de sus animales, ya que además de atribuirle valor a la carne de forma directa (calidad ética o social), el bienestar deficiente afecta la productividad y genera pérdidas económicas importantes, tanto para el productor como para la cadena cárnica en su conjunto (Brito et al., 2017, del Campo et al., 2021).

Pérdidas por Hematomas

La incidencia de hematomas y las pérdidas económicas asociadas a ella constituyen uno de los principales problemas de la cadena cárnica uruguaya. En el cuadro 8 se muestra la incidencia de esta problemática en las Auditorías de investigación realizadas, donde se observa que entre la primera (2003) y la segunda (2008) hubo un importante descenso, pero en la última (2013), la incidencia de hematomas se incrementó respecto a la anterior.

La severidad de los hematomas se define de la siguiente manera: Severidad 1 (implica remoción de tejido subcutáneo); Severidad 2 (implica remoción de tejido muscular) y Severidad 3 (tejido óseo afectado, fractura). En la última Auditoría realizada el 73% de las canales, presentó al menos un hematoma de severidad 1 y el 28% al menos un hematoma de severidad 2, estos aumentaron el doble con respecto al 2008, pero se mantienen por debajo de lo reportado en el año 2003.

Cuadro 8. Evolución de la incidencia de hematomas (%) desde la primera (2003) a la tercera Auditoría (2013)

| | Incidencia de Hematomas | Hematomas Severidad 2 |
|----------------|----------------------------|--------------------------|
| Auditoría 2003 | 60% | 35% |
| Auditoría 2008 | 32% | 14% |
| Auditoría 2013 | 73% | 28% |

Fuente: Brito et al., 2017

En relación a la incidencia de hematomas por región de la canal afectada, datos de la última auditoría (2013) muestran que la mayor proporción de hematomas estuvieron en el muslo (29,1%), siguiendo en orden de importancia el flanco (22,5%) (Figura 4). Estos datos coinciden con los de la segunda Auditoría (2008) donde estas mismas dos regiones fueron las que presentaron los mayores porcentajes de hematomas (muslo 18,5% y flanco 7,7%). Es evidente que el impacto económico negativo es mayor cuando las lesiones se ubican en las regiones anatómicas de alto valor comercial (Huertas, citado por Urbina, 2019).

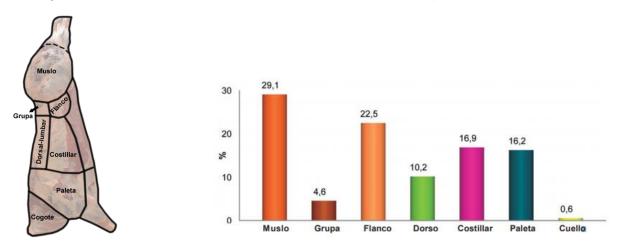


Figura 4. Distribución de los hematomas según región anatómica de la canal Fuente: INIA (2017)

Aun considerando que la región dorsal-lumbar tuvo una incidencia relativamente baja de hematomas (10,2%, Figura 4), su severidad (20,7% Tipo 2) los hace relevantes, considerando la importancia económica de esta región. Además, más del 30% de los hematomas de Tipo 2 en esa zona de la canal eran grandes y muy grandes (Cuadro 9). Las contusiones de tipo 2 en el muslo y flanco fueron principalmente de tamaño pequeño (39,8) y mediano (39,3%).

Cuadro 9. Frecuencia de Hematomas de Tipo 2, por cada región anatómica y por tamaño del hematoma

| Localización | Pequeños- 2-8 cm | Medianos- 8-16 cm | Grandes-16-30 cm | Muy grandes >30 cm | Área General |
|--------------|---------------------|-------------------|------------------|--------------------|--------------|
| Muslo | 39.8 | 39.3 | 16.7 | 4.2 | 0.0 |
| Flanco | 45.4 | 39.6 | 11.9 | 2.6 | 0.4 |
| Grupa | 62.9 | 22.6 | 8.2 | 2.5 | 3.8 |
| Dorsal | 37.9 | 24.9 | 20.7 | 13.3 | 3.2 |
| Costillar | 29.1 | 32.1 | 19.9 | 16.9 | 2.0 |

Fuente: del Campo et al., 2017

En el cuadro 10, se puede observar que las pérdidas económicas por la incidencia de hematomas se dan por dos vías distintas, una que es directa y otra indirecta. Primero, ese hematoma debe ser removido de la canal (decomiso), y luego ese corte de carne puede ver

afectado su calibre y cambiar de destino, ya sea destinarse a mercados menos exigentes o para carne industrial.

Cuadro 10. Vías de las pérdidas económicas por la presencia de hematomas

| | Pérdidas económicas (U\$S) |
|-----------------------------|----------------------------|
| Kg de carne removidos | 2.666.913 |
| Cambio de destino del corte | 10.175.736 |
| TOTAL | 12.842.649 |
| U\$S/animal | 6,48 |

Fuente: del Campo y Toyos, 2015 sin publicar





Figura 5. Hematomas en carcasas bovinas

Fotos: del Campo, M.

pH y cortes oscuros

El corte oscuro se relaciona directamente con una disminución de los niveles de glucógeno muscular y hepático (Gallo et al., citados por Urbina 2019) (Figura 5).

En los trabajos de auditorías realizadas por INIA-INAC, se evaluó en forma visual la coloración de la carne a nivel de área ojo de bife, registrándose si correspondía a una coloración normal u oscura. En la última Auditoría (2013), del total de canales evaluadas, el 90 % presentaron un color normal.

La proporción de cortes oscuros ha disminuido desde la primera a la tercera auditoría (18 %, 11% y 9% para los años 2003, 2008 y 2013 respectivamente) (INIA, 2017).



Figura 6. Corte de color normal (izquierda) y corte oscuro (derecha) Foto: del Campo, M

El pH es una variable que está relacionada con el manejo *pre faena y post-faena*. Un pH último (24-36 horas *postmortem*) elevado en el músculo bovino, puede causar el fenómeno de corte oscuro.

En la Auditoría de 2003, el 22% de las canales presentaron valores de pH superiores a 5,8, mientras que en la de 2008 y la del 2013, fue el 14 y 18% respectivamente.

Abscesos

Un absceso es una infección e inflamación del tejido del organismo caracterizado por la hinchazón y la acumulación de pus. Puede ser externo y visible, sobre la piel, o bien interno (INIA, 2017).

Hay prácticas de manejo que, aunque lejanas en el tiempo al momento del embarque, puede provocar perjuicios que se detectan en la etapa *postmortem* deteriorando el producto final. Tal es el caso de la aplicación incorrecta de inyectables para la administración de vacunas, antibióticos, vitaminas, drogas antiparasitarias u otros fármacos, que dejan secuelas, a veces apenas subcutáneas y otras veces en la profundidad de los músculos (Castro y Robaina, 2003).

La mala administración de medicamentos puede disminuir su acción terapéutica y provocar abscesos en los animales. Un animal que está resolviendo un proceso de este tipo, siente dolor. Además del aspecto ético, esto trae consecuencias negativas sobre su ganancia de peso. Tanto el absceso como toda el área que lo rodea es removida por la autoridad sanitaria inmediatamente luego del cuereado (Figura 7). Este proceso se realiza indefectiblemente, aunque ya no exista un proceso infeccioso y se realiza antes de la balanza de la canal caliente, peso por el cual al productor le pagan (del Campo, 2017d).







Figura 7. Seguimiento de un absceso localizado en el cuello Foto A: absceso en animal antes del cuereado. Foto B: mismo absceso en la canal. Foto C: corte de carne extraído por la existencia del mismo absceso Fotos: del Campo, M.

En la Auditoría 2013, la presencia de abscesos en las canales fue de 6,8%. Este número disminuyó respecto a las Auditorías anteriores (2003 y 2007), en las cuales la presencia de bultos y abscesos fue 13,8% y 12% respectivamente. En las primeras dos Auditorías realizadas, se observó una mayor incidencia de abscesos en vacas que en novillos. Esto difiere de la última Auditoría, en la cual la incidencia fue mayor en novillos. En cuanto a la

distribución por región en el total de las canales evaluadas, se encontraron en el cuello (5,86%), en la paleta (0,34%), en el costillar (0,66%) y en el flanco (0,04%).

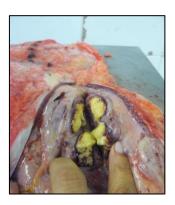


Figura 8. Absceso en un corte de carne Foto: del Campo, M.

4.14 Hematomas

Los hematomas pueden definirse como una decoloración focal de la superficie de la canal, causada por una colección extravascular de sangre, derivada de un trauma por el impacto (Cruz Monterrosa, 2015).

Tienen su génesis durante la vida del animal, en el período *antemortem*, pero a pesar de esto, no son visibles en el animal vivo debido a la cobertura de pelo y al grosor de la piel del bovino, por lo tanto, solamente podrán ser detectados *postmortem* en las canales, luego de la faena del animal (Strappini et al., 2009).

Un hematoma (o contusión) representa la liberación de sangre en los tejidos, resultante de una injuria que no causa la rotura de la piel. En los estados iniciales de un hematoma, los vasos sanguíneos se rompen y los glóbulos rojos son liberados en los tejidos. Esto lleva a una reacción inflamatoria durante la cual los macrófagos fagocitan los glóbulos rojos y transforman la hemoglobina primero en biliverdina y luego rápidamente a bilirrubina. Por lo cual, durante la reparación de un hematoma, ambas, la bilirrubina y la hemoglobina están presentes (Hughes 2003, citado por César 2008).

La hemoglobina tiene la función de transportar el oxígeno desde los pulmones a los tejidos del cuerpo. Está compuesta por un anillo de porfirina alrededor de un átomo de hierro. La aparición temprana de un hematoma depende de dos factores: a) el escape de los eritrocitos que contienen hemoglobina, de los vasos sanguíneos al tejido y b) de la profundidad de la sangre dentro de la piel (Edwards et al., 1939, Bohnert et al., 2000 citado por Langlois, 2007). Con el tiempo, la aparición depende de la difusión de la hemoglobina a través de los tejidos y de la eliminación de hemoglobina por la respuesta inflamatoria (Robinson, 2000).

Los neutrófilos son las primeras células en llegar, pero no pueden degradar la hemoglobina. Los macrófagos pueden fagocitar eritrocitos y contienen hemo oxigenasa que permite el primer paso de la degradación de la hemoglobina. Ésta se divide en biliverdina mediante la hemo oxigenasa; esta reacción depende de energía, requiere oxígeno y da lugar a la liberación de monóxido de carbono y del átomo de hierro. La biliverdina es un pigmento verde

y se transforma rápidamente en bilirrubina, un pigmento amarillo, por la enzima biliverdina reductasa (Vanezis et al., 2017, Willis et al., 1996, Gemsa et al., 1973, Otterbein et al., 2000, Pimstone et al., 1971, Tunhunen, 1972 citado por Langlois, 2007). El desarrollo de un color amarillento en hematomas ha sido atribuido a la producción local de bilirrubina (César, 2008).

La aparición inicial de un hematoma se debe a la capacidad de percibir sangre que se ha liberado dentro de la piel. Un hematoma puede establecerse tan pronto como 15-20 minutos después de la lesión. Está descripto que el color temprano depende de la profundidad de la sangre dentro de la piel. Los colores pueden ser rojo, azul, púrpura, negro, verde o amarillo. Los cambios en los colores que se observan en un hematoma se producen debido al desplazamiento de la sangre con respecto a la superficie de la piel y pueden aumentar por el cambio de la hemoglobina liberada de oxihemoglobina a desoxihemoglobina. Además, se ha comprobado que la producción de monóxido de carbono durante el catabolismo de la hemoglobina podría permitir la formación local de carboxihemoglobina, que podría hacer que los hematomas tuvieran un color rojo más brillante (Green, 2001, Randeberg et al., 2007, Trujillo et al., 1996, Robinson, 2000, Randeberg et al., 2004, Maines et al., 1977, citado por Langlois, 2007).

Los hematomas en el ganado no sólo son un indicio de malestar, sino que también causan importantes pérdidas económicas (del Campo et al., 2022) ya que la carne machucada no es apta para el consumo humano y debe ser removida. Además, una canal machucada se descompone rápidamente, ya que la carne ensangrentada es un medio ideal para el crecimiento bacteriano, teniendo una vida útil más corta (Strappini, 2012). Estas eliminaciones, además de exigir más mano de obra, provocan pérdidas cuantitativas para el productor o para la industria y pérdidas cualitativas y depreciación de la canal (Spooner et al., 2012 citado por Mendonça, 2018).

La respuesta de un tejido a un acontecimiento que provoca un hematoma depende de la naturaleza de la fuerza mecánica aplicada y también de la localización anatómica donde se aplica la fuerza (Hamdy et al., 1957 citado por Strappini, 2012). En consecuencia, los hematomas pueden diferir en cuanto a su localización, aspecto, extensión, forma y gravedad. Anderson y Horder (1979), citado por Strappini (2012) han sugerido que, en el ganado vacuno, los factores externos (es decir, la procedencia el transporte y la manipulación) pueden ser responsables del lugar donde se localizan los hematomas en el cuerpo del animal, mientras que los factores propios del animal, como la presencia de cuernos, el sexo y el temperamento pueden determinar la gravedad de las contusiones.

4.14.1 Factores que contribuyen a su aparición

Sexo del animal

El efecto del *sexo* en la aparición de hematomas en el ganado bovino está ampliamente reportado en la literatura. Vara et al., (2014) evaluaron 10.769 animales e informaron una mayor incidencia de hematomas en las hembras (1,95) en comparación con los machos (1,04). Nicholson (2008) evaluó 2.824 bovinos e informó de que el 65,8% de las canales de hembras estaban machucadas en comparación con el 50,8% de las canales de los machos. Claudio (2012) observó una incidencia de hematomas del 81,3% en las hembras y del 35% en los machos.

Por lo general las hembras generan menor rendimiento que los machos, lo que se explica en parte por el mayor número de hematomas en las canales, depreciando su valor comercial. Cabe destacar que las hembras expresan un mayor nivel de agresividad, resultado especialmente del comportamiento maternal desarrollado a lo largo de los años protegiendo a sus terneros (Voisinet, et al., 1997; Von Keyserlingk et al., 2007 citado por Mendonça, 2018).

Hard y Hansen (1985), citado por Mendonça (2018) atribuyeron un comportamiento femenino más agresivo, a los componentes hormonales, debido a las interacciones más complejas y a una mayor fluctuación en las hormonas femeninas que en las producidas por los machos. Por lo tanto, una mayor agresividad de las hembras podría traducirse en dificultades de manejo, como intentos de escapar durante el embarque, colisiones contra las instalaciones, la fatiga muscular, las caídas en el suelo de los camiones y una peor calidad del producto vacuno (Mach et al., 2008 citado por Mendonça, 2018).

Otros estudios mencionan diferencias físicas entre machos y hembras, como el menor porcentaje de tejido muscular y el menor espesor de la grasa en las hembras en comparación con los machos (Grandin, 1998, Strappini et al., 2009, Weeks, et al., 2002 citado por Mendonça, 2018).

En la tercera auditoría nacional de la carne vacuna uruguaya (2013), se evaluaron 22.044 carcasas, de las cuales el 72,9% presentaban al menos un hematoma, y al analizar por sexo y categoría, se observó que las vacas presentaron un mayor porcentaje de hematomas (79,1%) en comparación con los novillos (70,7%) y con las vaquillonas (61,4%). Esta distribución se mantiene igual a la segunda auditoría (2008).

Temperamento

El temperamento se define como el comportamiento del animal en respuesta al manejo (Burrow, 1997). Los animales de temperamento negativo, más agresivos o nerviosos son más propensos a sufrir incidentes, y cuando se practican manejos inadecuados de animales con temperamento excitable, será más perjudicial que cuando se realiza con animales dóciles (Grandin, 1997).

Se sabe que, en los bovinos, la mezcla de animales desconocidos da lugar a un comportamiento más agonístico, lo que da lugar a un gran estrés El comportamiento agonístico es una situación de conflicto entre dos animales e incluye golpes, ataques y peleas Las embestidas y las montas en el ganado vacuno pueden aumentar el riesgo de hematomas (McGlone, 1986, Blackshaw et al., 1987, Warriss, 1990 citado por Strappini, 2012).

Las razas con componentes *Bos indicus* son más excitables, temperamentales y difíciles de manejar que las razas *Bos taurus* (Burrow y Cobert, 2000 citado por del Campo, 2008). Algunos autores han reportado incluso que la raza Hereford sería la más dócil dentro de las razas británicas (Stricklin et al., 1980 citado por del Campo, 2008).

Cuernos

La literatura reporta que la *presencia de cuernos* aumenta la incidencia de hematomas. Por ejemplo, Ghezzi et al., (2008), citado por Brito et al., (2019) reportaron una mayor incidencia de hematomas en el 59,8% de las cargas con al menos un animal con cuerno al evaluar el transporte de 15.361 cabezas de ganado en la región de La Plata. Además, Minka y Ayo

(2007), citado por Brito et al., (2019) también reportaron una mayor incidencia de hematomas debido a la presencia de cuernos en un grupo de 150 animales.

Según Grandin (2003) el ganado astado presenta el doble de lesiones que el ganado mocho y el recorte de los cuernos para eliminar las puntas no reducirá las lesiones, por lo que es necesario descornar a los animales astados cuando son pequeños. Las lesiones profundas cuyo diámetro llega a los 20 cm suelen ser causadas por cuernos (Grandin, 2003). La solución a largo plazo sería ir seleccionando animales sin cuernos (Crosi y Prado, 2012).

A su vez, y como fue detallado antes en la presente revisión de bibliografía, hay factores externos al animal, del ambiente o manejo que inciden sobre la ocurrencia de hematomas.

4.14.2 Características de los hematomas

Forma

La forma del hematoma, definida como el patrón o la forma característica del mismo. En los trabajos de auditorías realizados por INIA-INAC y en la tesis doctoral de Strappini (2012), se identifican las siguientes formas de hematomas: circular (forma de círculo o casi), lineal (con una dimensión más larga que la otra), línea de tren (dos o más líneas paralelas separadas por un área sin daño), puntillado (puntillorme) e irregular (sin dimensiones claras con márgenes irregulares).

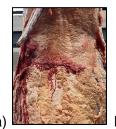










Figura 9. Forma de los hematomas. a) lineal, b) vía de tren, c) puntillado, d) irregular, e) circular

Fotos: del Campo, M.

La forma de un hematoma suele estar directamente asociada al acontecimiento causante. Por ejemplo, los moretones de forma circular, profundos y de pequeña extensión, son probablemente causados por cuernos, los hematomas rojos paralelos con aspecto de línea de tranvía son probablemente causados por palos y los hematomas moteados pueden ser el resultado del uso de palos puntiagudos (Grandin, 2000, Weeks et al., 2002, Gallo, 2009 citado por Strappini, 2012).

Color

Cuando los hematomas son recientes, casi siempre contienen sangre fresca (roja), y cuando los hematomas son antiguos, la sangre es de color oscuro, y está acompañada de tejido inflamatorio y exudado seroso (Garriz, 1995, citado por Urbina 2019). Los cambios en los colores que se observan en un hematoma se producen debido al desplazamiento de la sangre con respecto a la superficie de la piel y pueden aumentar por el cambio de la hemoglobina liberada (Langlois, 2007).

En el estudio realizado por Strappini, el color del hematoma se puntuó de la siguiente manera: "rojo", correspondiente a un hematoma reciente; "azulado u oscuro" para un hematoma antiguo; y "amarillento/naranja" para un hematoma muy antiguo.

Número de hematomas en la canal

En el cuadro 11 se puede observar que, en las auditorías realizadas (desde la primera a la tercera), el porcentaje de canales con la presencia de al menos un hematoma fue de 60% (2003), 32% (2008) y 73% (2013).

Cuadro 11. Número de hematomas respecto al total de canales avaluadas

| | Canales | Hema | atomas |
|----------------------------|-----------|--------|--------|
| | evaluadas | Número | % |
| Auditoría INIA-INAC (2003) | 20.877 | 12.610 | 60,4 |
| Auditoría INIA-INAC (2008) | 28.323 | 9.007 | 31,8 |
| Auditoría INIA-INAC (2013) | 22.044 | 16.070 | 72,9 |

Fuente: Brito et al., 2017

Según los datos de las auditorías realizadas, el promedio de hematomas/ canal evaluada fue de 1,38 en 2003; 0,37 en 2008 y 1,89 en 2013. En la auditoría del 2008, del total de las canales que presentaron hematomas, el 30,8% presentaba entre 1 y 3 hematomas y en la auditoría del 2013, el 55,6% de las canales presentaron entre 1 y 3 hematomas.

Tamaño

En los trabajos de auditorías de INIA-INAC, se propone que el tamaño del hematoma se puede clasificar dependiendo del área que abarca la lesión: área 1 (2 - 8 cm); área 2 (8 - 16 cm); área 3 (16 - 30 cm); área 4 (mayor a 30 cm); y área 5 (área total de cada región anatómica, con hematoma).

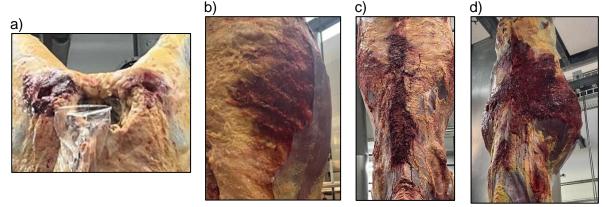


Figura 10. Tamaño de hematomas. a) área 2 en muslos, b) área 3 en costillar, c) área 4 en región dorsal, d) área 5 en costillar Fotos: del Campo, M.

Severidad

La severidad de un hematoma dependerá del tamaño y número de vasos dañados (Crosi y Prado, 2012), y está relacionada a la fuerza aplicada sobre el cuerpo y depende del área que involucra en el animal, teniendo en cuenta el grosor y densidad del tejido afectado y su irrigación (Strappini, 2012).

El sistema identifica los hematomas como "grado 1", cuando la zona dañada comprende sólo tejidos subcutáneos, abarca únicamente las capas superiores, no reviste mayor importancia y generalmente desaparece con el *dressing* o limpieza de la canal, como "grado 2", cuando la lesión afecta a los tejidos subcutáneos y musculares y como "grado 3", hematoma grave, cuando los tejidos subcutáneos, musculares e incluso los huesos están dañados (fracturas).

En Chile, las canales que presenten contusiones de grado 2 deben ser descartadas a una categoría inferior, y las canales con hematomas de grado 3, a la categoría más baja de la escala de clasificación de canales (Strappini, 2012).

En los trabajos de auditorías de INIA- INAC, se observa que, en todos los casos los hematomas de severidad 1 son los más numerosos, seguidos por los hematomas de severidad 2. En ninguno de los trabajos realizados se detectaron hematomas de severidad 3.

Cuadro 12. Grado de severidad de los hematomas registrados

| Trabajos (años) | Canales avaluadas | Hematomas (%) | | Severidad (%) | |
|------------------|--------------------|----------------|------|---------------|---|
| Trabajos (arios) | Callales avaluadas | Hematomas (70) | 1 | 2 | 3 |
| Auditoría 2003 | 20.877 | 60,4 | 35,4 | 25 | 0 |
| Auditoría 2008 | 28.323 | 31,8 | 17,7 | 14,1 | 0 |
| Auditoría 2013 | 22.044 | 72,9 | 45,4 | 27,5 | 0 |

Fuente: Brito et al., 2017

Localización anatómica

Las regiones más expuestas a golpes por mal manejo son: la cruz (región dorsal), paleta (región escapular), lomo (región dorso-lumbar), costillar (región costal), flanco (región abdominal), anca (región de la grupa) y pierna (región del muslo). El impacto económico negativo es mayor cuando las lesiones se ubican en las regiones anatómicas de alto valor comercial (Huertas et al. 2010; Civit et al., 2016 citado por Urbina 2019).

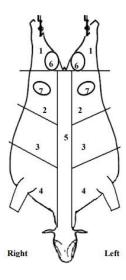


Figura 11. Esquema de ubicación de hematomas en carcasa bovina. 1: trasero, 2: zona

lumbar, 3: costillar, 4: paleta, 5: región dorsal, 6: muslos, 7: flanco

Fuente: Strappini, 2012

Hamdy et al. (1957b) citado por Strappini (2012) estudiaron la relación entre la fuerza aplicada para infligir una contusión y el tipo de tejido implicado en la canal bovina. Observaron que las contusiones infligidas sobre los músculos glúteos, tríceps, bíceps y trapecio de las vacas eran más profundos que los infligidos sobre la fascia lumbo dorsal y el músculo serrato. Se concluyó que el grado de contusión depende del grosor y la densidad del tejido afectado y de su vascularidad. No se han encontrado estudios publicados sobre la relación entre el lugar y las características de los hematomas en la canal bovina.

En la tercera auditoría de calidad de carne 2013 (INIA- INAC), se observó que, la región donde se encontró la mayor proporción de hematomas fue el muslo (29,1%), siguiendo en orden de importancia el flanco (22,5%). Estos datos coinciden con la 2ª Auditoría donde estas mismas dos regiones fueron las que presentaron los mayores porcentajes de hematomas (muslo 18,5% y flanco 7,7%).

4.14.3 Métodos para determinar la antigüedad de los hematomas

Color objetivo

El color de la carne puede clasificarse subjetivamente comparándolas con cartas de color, pero también puede medirse de forma objetiva y reproducible con colorímetros y espectrofotómetros. Estos instrumentos expresan el color en tres coordenadas del espacio CIELAB. Se obtienen los valores de luminosidad (L*), rojo (a*) y amarillo (b*), y a partir de ellas se calcula el croma o intensidad de color (C*) como (√ a*2 + b*2) y el tono o color verdadero (h) como arctan (b*/a*). La L* o luminosidad puede tomar valores de 0 (negro) a 100 (blanco), de modo que cuanto mayor es su valor, más luminosa resulta la carne. El índice de rojo (a*) varía entre -60 (verde) y 60 (rojo) y el índice de amarillo varía entre -60 (azul) y 60 (amarillo). La carne suele tener valores de L* mayores de 35 y valores positivos de a* y b* (Albertí et al., 2016).

Según Albertí y Ripoll (2010), citado por Urbina (2019), existen diversos equipos en el mercado, sin embargo, en la mayoría de los trabajos de investigación utilizan aparatos portátiles como los colorímetros Minolta serie CR 200 que determinan el color mediante el método triestímulo y los espectrofotómetros Minolta CM 2002 o Minolta 2600d, que determinan el color mediante el método espectrofotométrico, leyendo longitudes de onda del ultravioleta a la visual (360 a 740 nm).

Según del Campo (2008), la luminosidad de la carne depende de diversos factores tales como el pH, la capacidad de retención de agua, la integridad de la estructura muscular, y en menor medida del grado de oxidación de los hemopigmentos y de la grasa. Palombo y Wijngaards (1990), Pérez-Álvarez et al., (1998), Sayas (1997), citado por del Campo (2008) reportaron que el contenido en grasa es otro factor a tener en cuenta sobre esta coordenada, pues las materias primas con mayor contenido en grasa son las que presentan mayores valores de L*. Estos resultados parecen indicar la existencia de una posible relación inversa entre la concentración de mioglobina de la carne y la coordenada L* a valores de pH similares. La coordenada a* (rojo-verde) está relacionada con el contenido de mioglobina (Pérez-Álvarez et al., 1998 citado por del Campo, 2008).

Temperatura

La Termografía Infrarroja es una técnica que permite medir y visualizar temperaturas de superficies con precisión. Esto es posible gracias a que todos los cuerpos emiten radiación infrarroja y esta energía irradiada es proporcional a la temperatura superficial (Carnevali et al., 2011).

Según Sanz et al., citado por Carnevali et al., (2011), la cámara infrarroja recibe y cuantifica dichas radiaciones térmicas emitidas y reflejadas por los diferentes materiales y las transforma en imágenes digitales.

Cuando hay lesión muscular existe una variación de la temperatura en la zona comprometida (Carnevali et al., 2011). La termografía es capaz de detectar esas variaciones, y al respecto se han desarrollado varios estudios para diagnosticar lesiones o trastornos músculo-esqueléticos, a través de la aplicación de la teoría Termográfica Infrarroja (Pichot 2001, Oligher, 2006, Niehof, 2007, Fillit et al., 2007 citado por Carnevali et al., 2011).

Las cámaras termográficas revelan diferencias de temperatura muy sutiles, capacidad que las convierte en herramientas muy poderosas para el objetivo de este trabajo (Urbina, 2019).

En un estudio realizado por Urbina (2019), se comparó la temperatura tisular de tejido sano y de hematomas de distinta antigüedad (21, 17, 13, 9, 5 y 1 horas pre faena). Se provocó la lesión con un equipo especial y luego se sacaron muestras para medir distintas variables. En el caso de la temperatura, los resultados mostraron que no fue posible asociar esta variable con la antigüedad de las lesiones, pero cuando se analiza la diferencia entre la temperatura promedio de los hematomas y la temperatura promedio de los tejidos circundantes sin lesiones (temperatura de referencia) se observa que hay una tendencia a una asociación de la antigüedad de los hematomas con la diferencia de temperatura entre el tejido sano y el tejido lesionado.

Elastosonografia

Las técnicas de imagen basadas en elastografía han recibido una atención considerable en los últimos años para evaluación no invasiva de propiedades mecánicas de los tejidos (Chammas et al., 2017, citado por Urbina, 2019).

La elastosonografía es el resultado de la conjunción entre la elastografía y la ecografía, donde se muestran, en tiempo real, los parámetros relativos a la organización estructural de los tejidos. De esta manera, vemos reflejadas, en una técnica no invasiva, las características mecánicas de cada tejido. Las diferentes técnicas de elastografía (cualitativas y cuantitativas en ultrasonido o resonancia magnética) se basan en la hipótesis de que los tejidos blandos se deforman más que los rígidos y que estas diferencias pueden ser plasmadas en imágenes (Guzmán et al., 2014).

Un sistema de imagen (ecografía) adquiere los datos correspondientes a la anatomía tisular pre-deformación o compresión. Se aplica una pequeña presión mediante un compresor externo (transductor ecográfico) y se adquiere otro mapa de la anatomía tisular (post-compresión o deformación). El desplazamiento del tejido deformado se calcula mediante la comparación de estos dos mapas anatómicos (Ganau et al., 2009).

El análisis computarizado de la distorsión de la señal ecográfica mediante métodos de correlación proporciona información acerca de la elasticidad de los tejidos normales y las

lesiones patológicas. Esta distorsión en la señal ecográfica representa el módulo de elasticidad o la relación entre la presión necesaria para conseguir un cambio relativo en su tamaño longitudinal por desplazamiento (Ganau et al., 2009).

En el anterior estudio mencionado realizado por Urbina (2019), se comparó la elasticidad de la fibra muscular en hematomas de distinta antigüedad (21, 17, 13, 9, 5 y 1 horas pre faena) y tejido sano. Los resultados muestran que no fue posible asociar la diferencia de elasticidad entre tejido sano y tejido lesionado con la antigüedad de la lesión. Si bien cuando se comparan los tratamientos extremos (1 hora vs. 21 horas) fue posible identificar una mayor diferencia de elasticidad entre tejido sano y tejido lesionado en las lesiones de menor antigüedad, no se observó una tendencia clara en los tratamientos intermedios.

Análisis Histológicos

En Medicina forense por inspección visual es posible sugerir que un hematoma es reciente o viejo (más de 18 horas) basado en la presencia o ausencia de una coloración amarillenta. A este respecto una reciente publicación ha demostrado que puede haber diferencias considerables en la descripción de colores de los hematomas entre observadores. Por lo cual un método más objetivo para la determinación de la antigüedad de los hematomas es necesario (Hughes et al., 2003; Hughes et al., 2006).

Los métodos apropiados para el estudio de la edad de las heridas son la histología de rutina con preparaciones embebidas en parafina y coloreadas con hematoxilina y eosina. Este método permite una diferenciación de los tipos celulares y las estructuras de los tejidos. Granulocitos, macrófagos y fibroblastos pueden fácilmente ser detectados. Para la diferenciación especial de estructuras como pueden ser el tejido colágeno o los hemosiderófagos coloraciones como Van Gieson y Azul de Prusia pueden ser utilizados. (Grellner y Madea, 2007).

Trabajos realizados en Nueva Zelanda, a finales de la década de los 70 (McCausland y Millar, 1982) demostraron que se pude determinar la edad de los hematomas por técnicas histológicas convencionales. En este trabajo se describen las lesiones encontradas en corderos y terneros a los cuales experimentalmente se le produjeron lesiones traumáticas y se realizaron estudios histopatológicos a las 0, 8, 12, 24 y 48 horas después de producidas las lesiones. Los resultados indican que ya a las 8 horas se puede evidenciar de manera clara la presencia de los diferentes tipos de células inflamatorias (César, 2008, no publicado).

En un trabajo realizado en hematomas de ovinos se determinó que las lesiones que tenían estadísticamente relación entre su presencia y la determinación de la edad de los hematomas fueron los exudados de neutrófilos y macrófagos, la fibroplasia, la presencia de hemosiderina en macrófagos y la hipertrofia de las células endoteliales que bajo al microscopio se veía como el agrandamiento y redondeamiento de las células endoteliales en los pequeños vasos sanguíneos (McCausland y Millar, 1982). Las lesiones histopatológicas que se descartaron por no presentar relación estadística con la edad de las lesiones fueron: necrosis, presencia de eosinófilos, degranulación de mastocitos y cambios regenerativos en el músculo y tejido adiposo.

Sin embargo, se señala que para las lesiones que ocurren tempranamente (en las horas previas a la faena) la histopatología convencional no sería lo suficientemente sensible, para poder detectar esas lesiones. (McCausland y Millar, 1982).

Según Strappini et al., 2009, los estudios histológicos analizando las células presentes en el tejido lesionado, es un método de fácil aplicación, pero solo puede discriminar entre una lesión vieja (más de 24 horas) y una reciente (menos de 24 horas). Se necesitan métodos más exactos para estimar la edad en el período inmediato al daño, en término de minutos a horas.

5. HIPÓTESIS

Hematomas de diferente antigüedad presentan diferencias en el índice de luminosidad, índice de rojo e índice de amarillo medidos en el espacio CIELAB a través de un colorímetro.

Hematomas de diferente antigüedad presentan diferencias en la temperatura tisular medida a través de una cámara termográfica.

Hematomas de diferente antigüedad presentan diferencias en la elasticidad de los tejidos, medida a través de un elastógrafo.

Hematomas de diferente antigüedad presentan diferencias en las variables histológicas a evaluar.

6. OBJETIVOS

Este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación "Tercera Auditoria de Calidad de Carne", en su componente de "Evaluación de herramientas para la determinación de la antigüedad de los hematomas ocurridos en las últimas etapas previas a la faena en bovinos para carne". Las auditorías de calidad de carne tienen como objetivo determinar y cuantificar los principales factores responsables de las pérdidas de valor. En las tres Auditorías realizadas se han identificado como una de las principales limitantes la incidencia de los hematomas. Este proyecto intenta dar respuesta a esta problemática, analizando distintas herramientas que permitan determinar la antigüedad del hematoma, para encarar estrategias de mitigación en el futuro.

En el mismo se contemplaron dos experimentos donde se mantuvieron las hipótesis y los objetivos, variando en la localización anatómica del hematoma, así como ajustes en el prototipo del equipo diseñado para tal fin. El primer experimento correspondió a la tesis de grado del Ing. Agr. Sebastián Urbina y el segundo al presente trabajo.

6.1 Objetivo general

Identificar una o la combinación de herramientas que permitan caracterizar hematomas de diferente antigüedad, en la etapa *postmortem*.

6.2 Objetivos específicos

- 1. Caracterizar la evolución de hematomas, en base a la medición del color objetivo (colorímetro) en hematomas de antigüedad conocida.
- 2. Caracterizar la evolución de hematomas, en base a la medición de la temperatura tisular (cámara termográfica) en hematomas de antigüedad conocida.

- 3. Caracterizar la evolución de hematomas, en base a la medición de la elasticidad de las fibras (elastógrafo) en hematomas de antigüedad conocida.
- 4. Caracterizar la evolución de hematomas, en base a a diversos análisis histológicos en hematomas de antigüedad conocida.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente experimento fue aprobado por la Comisión de Ética en el Uso de Animales de Experimentación de INIA (CEUA) con el número de expediente: INIA 2017.6 e INIA 2020.1a. La Comisión de Ética en el Uso de Animales de Experimentación de INIA (CEUA) está inscripta ante la CNEA con el número de Registro 0009/11.

Animales

Se utilizaron 30 animales (15 por tratamiento) de la unidad experimental Glencoe de INIA Tacuarembó, de 2 a 3 años de edad, machos castrados, de raza Hereford, con peso vivo final de faena de 500 kg.

Tratamientos

A dichos animales, se les provocó un traumatismo con un equipo diseñado especialmente para este fin, en diferentes momentos previos a la faena. Dichos momentos fueron:

Tratamiento 1: Hematoma provocado 17 horas previo a la faena.

Tratamiento 2: Hematoma provocado 5 horas previo a la faena.

Se contempló la fuerza necesaria para provocar un hematoma pequeño, de 2 a 5 cm de diámetro pero que afecte el músculo (63 mm de diámetro a 7 kg/cm² de presión, lo que equivale a una fuerza en el impacto de 220 kg) en el cuarto trasero (*Semitendinosus*) y en el cuarto delantero (*Triceps brachii*) de cada animal.

Previo a la realización de la contusión se realizó analgesia local mediante el bloqueo farmacológico con lidocaína sin vasoconstrictor. Se aplicaron, previa antisepsia local, 40 mL de anestésico local (lidocaína al 2%) a la totalidad de los animales. Se infiltró el tejido subcutáneo y muscular superficial en la región que se realizó la contusión. La infiltración se realizó en forma de "L" invertida, con longitud de 10 cm en cada lado. Se inyectaron 10 mL en subcutáneo y 10 mL intramuscular en cada lado de la "L" invertida. Se esperaron 20 minutos desde el final de la infiltración de lidocaína local para aplicar la contusión (Crosignani, *com pers*).

Tanto la aplicación del anestésico como el manejo en general de los animales durante todo el procedimiento, se realizó por personal acreditado ante la CNEA y entrenado en forma periódica en aspectos de Bienestar Animal, bajo responsabilidad de la CEUA de INIA. El producto utilizado no presenta tiempo de espera, por lo que no habría peligrosidad de encontrar residuos del mismo en carne.



Figura 12. Momento en que se provoca la contusión Foto: del Campo, M.

Registros

En forma inmediata al cuereado, se extrajo una muestra de músculo de cada animal, la cual comprendía la totalidad del hematoma provocado y también tejido sano. En estas muestras se realizaron las siguientes evaluaciones: color objetivo, temperatura, elastosonografía y análisis histológicos.

7.1 Color objetivo

Para determinar el color objetivo en el tejido dañado de cada animal, se utilizó un colorímetro Minolta C400 (diámetro de área de medición de 8 mm), registrándose los datos de luminosidad, índice de rojo e índice de amarillo. Previo a ser utilizado, se calibró correctamente y luego se obtuvieron tres datos de cada variable (L*, a* y b*) en distintos lugares de cada hematoma. Finalmente, se realizaron los promedios para cada variable en cada una de las muestras.





Figura 13. Medición de color objetivo mediante el uso del colorímetro Foto: del Campo, M.

7.2 Temperatura tisular

Se tomaron dos imágenes térmicas tanto en la región del trasero como en el delantero, en todos los animales. Una imagen se registró directamente sobre el área de tejido dañado y otra en tejido sano. Para ello, se utilizó una cámara termográfica (Marca PALMER WAHL, Heat Spy, Modelo HSI 3000).

Mediante el software de este equipo, se registró un valor promedio de temperatura para cada individuo, en cada tipo de tejido (afectado y sano).



Figura 14. Medición de temperatura con cámara termográfica Fotos: del Campo, M.

7.3 Elastosonografia

Los registros de elastosonografía estuvieron a cargo del Instituto de Física de la Facultad de Ciencias (UDELAR). Se tomaron dos registros de elasticidad tanto en la región del trasero como en el delantero, en todos los animales. Un registro fue tomado directamente sobre el área de tejido dañado y otro sobre el tejido sano. Estas medidas fueron realizadas por un equipo del Instituto de Física de Facultad de Ciencias, utilizando un elastógrafo. El setup experimental empleado consta de un transductor ultrasónico monoelemento que cumple una doble función, por un lado, actúa como pistón y por otro lado actúa como emisor y receptor de pulsos ultrasónicos (PUs). Estos pulsos PUs son emitidos y recepcionados entre golpe y golpe, con una frecuencia de repetición de 2.0 KHz. La frecuencia de la señal que genera el golpe es de 120 Hz (se excita al parlante con una señal sinusoidal de 120 Hz) y el tiempo entre golpe y golpe es de 1 segundo. Los PUs son generados por un transductor ultrasónico de 3.5 MHz de frecuencia central, el cual es excitado eléctricamente empleando un dispositivo ultrasónico de un solo canal (US-Key, Lecoeur Electronique, Francia) el cual presenta una ampliación de su memoria interna que permite quardar y transferir los PUs al computador. El software desarrollado permite controlar los parámetros del golpe (frecuencia de repetición, duración temporaria y amplitud) y de la emisión y recepción del PUs (cantidad de pulsos a ser enviados, frecuencia central, la amplitud del pulso), además de la frecuencia de muestreo y la sincronización entre golpe y señales ultrasónicas.



Figura 15. Elastógrafo Foto: del Campo, M.

En cada región de una muestra, una toma de datos consistió en 5 golpes y algunas veces se realizó más de una toma de datos (se dudaba del resultado dado en el "elastograma"). Algunas muestras que mostraban disparidad de valores de los 5 golpes, no se consideraron. Dentro de las muestras con homogeneidad de respuesta a los golpes, se despreciaba aquellos valores considerados inadecuados o "malos" (promedio +-3 desvíos estándar).

7.4 Análisis histológicos

Los registros histológicos estuvieron a cargo de la Facultad de Medicina (UDELAR). Se tomó una muestra de músculo afectado en todos los animales, tanto de trasero como de delantero. La muestra de músculo de la topografía seleccionada se fijó en formol-buffer al 4% durante 24-48 horas con posterior inclusión en parafina y cortes de 3-4 µm de espesor en micrótomo y tinción con hematoxilina-eosina (H&E) siguiendo protocolos estándares (Bancroft y Gamble,2008).

El material fue evaluado por un patólogo experimentado en el área forense y un médico residente en patología con formación específica en histología. Los resultados de las categorías se realizaron bajo consenso, en caso de discrepancia se recurrió a un tercer patólogo. Se establecieron las siguientes categorías específicas para los hallazgos con técnicas convencionales:

7.4.1 Hemorragia: entendida como extravasación de glóbulos rojos (Dettmeyer, 2011) se indicó ausencia o presencia. En el caso de estar presente se objetiva a su vez la ausencia o presencia de hemosiderófagos como indicadores de cronicidad/evolución.

7.4.2 Infiltrado inflamatorio: se definieron categorías de grados en base al compromiso global de la muestra estimado de modo semicuantitativo en ausente (0%), leve (1-33%), moderado (33-66%) y severo (66-99%); localización: tejido adiposo-conjuntivo, músculo o ambos; y composición de la población inflamatoria: ausencia, predominio de polimorfonucleares neutrófilos o predominio mononuclear (macrófagos).

7.4.3 Necrosis: definida como daño irreversible celular dado por aumento de la eosinofilia, pérdida de límites celulares, cariolisis, picnosis y cariorrexis, acompañado o no por elementos inflamatorios específicos (Kumar et al., 2017). Se determinó ausencia o presencia y grados (1 a 3).

7.5 Análisis estadístico

Para realizar el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa SAS (The SAS System, 9.3). Para los datos de color objetivo y temperatura se utilizaron análisis de varianza utilizando un modelo lineal general GLM (SAS, 2012).

En el caso de la elastosonografía se realizó la prueba de normalidad de los datos dentro de cada tipo de tejido (sano y afectado) y al no cumplirse estos supuestos de normalidad, la comparación de las medias se realizó mediante análisis no paramétricos (Mann y Whitney).

En el caso de los datos de histología se realizaron análisis de frecuencias (Chi cuadrado).

Para establecer la significancia estadística en los diferentes análisis, se consideró un valor de p<0,05.

8. RESULTADOS

Previo al análisis de las diferentes variables, se evaluó la existencia de hematoma definido por la presencia de hemorragia y/o infiltrado inflamatorio. En el caso del trasero (músculo *Semitendinosus*) se confirmó la presencia de hematomas en el 45% de los animales (14 de 31) y en el delantero (músculo *Triceps brachii*) un 77% (24 de 31) distribuidos uniformemente entre tratamientos.

Todos los resultados que se presentan a continuación pertenecen a las muestras en que efectivamente se confirmó la presencia de hematomas.

Cada vez que se mencione "Trasero", se estará haciendo referencia al músculo Semitendinosus y cuando se mencione "Delantero" al *Triceps brachii*.

8.1 Color objetivo

Trasero

No se registraron diferencias significativas entre tratamientos para los índices de rojo (a*) y amarillo (b*) en la región del trasero, pero la luminosidad (L*) fue menor en el tratamiento 1 (Cuadro 13).

Cuadro 13. Parámetros de Color objetivo dentro de cada tratamiento, en la región del trasero

| Tratamientos | L* | a* | b* |
|---------------|-------|-------|-------|
| 1 (17 horas) | 40,53 | 22,10 | 11,08 |
| 2 (5 horas) | 53,34 | 15,95 | 13,37 |
| Significancia | 0,041 | NS | NS |

Delantero

En la región del delantero y como puede observarse en el cuadro 14, no se registraron diferencias entre tratamientos, en ninguno de los parámetros de color evaluados.

Cuadro 14. Parámetros de Color objetivo dentro de cada tratamiento, en la región del delantero

| Tratamiento | L* | a* | b* |
|---------------|-------|-------|------|
| 1 (17 horas) | 45,46 | 13,85 | 7,11 |
| 2 (5 horas) | 45,77 | 14,01 | 6,70 |
| Significancia | NS | NS | NS |

8.2 Temperatura tisular

Tanto en la región del trasero como en la del delantero y en el total de las muestras evaluadas, la temperatura registrada por la cámara termográfica sobre el hematoma siempre fue inferior a la temperatura de los tejidos circundantes a la lesión o tejido sano (p<0,05).

Trasero

En la región del trasero se observó una tendencia a una asociación de la temperatura tisular con la antigüedad de los hematomas (p=0,063; Cuadro 15). La temperatura del tejido sano fue incluida como covariable dentro del modelo estadístico utilizado.

Cuadro 15. Temperatura (°C) del tejido afectado dentro de cada tratamiento, corregida por la temperatura del tejido sano, en la región del trasero

| Tratamiento | Media | Significancia |
|--------------|-------|---------------|
| 1 (17 horas) | 30,62 | D 0.000 |
| 2 (5 horas) | 31,28 | P= 0,063 |

Delantero

Por otra parte y tal como se observa en el cuadro 16, en la región del delantero, la temperatura tisular no mostró diferencias entre tratamientos.

Cuadro 16. Temperatura (°C) del tejido afectado dentro de cada tratamiento, corregida por la temperatura del tejido sano, en la región del delantero

| Tratamiento | Media | Significancia |
|--------------|-------|---------------|
| 1 (17 horas) | 30,54 | NC |
| 2 (5 horas) | 30,40 | NS |

8.3 Elastosonografía

Trasero

La elasticidad de las fibras, en el caso del trasero, fue mayor en el tejido sano respecto al tejido afectado (Cuadro 17, p=0,001). Sin embargo, no se registraron diferencias entre tratamientos, por tanto, no asociándose esta variable con la antigüedad de la lesión.

Cuadro 17. Elasticidad (m/s) de las fibras del tejido sano y el afectado (hematoma) en la región del trasero

| Tejido | Media | Significancia |
|----------|-------|---------------|
| Sano | 23,35 | D 0.004 |
| Hematoma | 11,65 | P= 0,001 |

Delantero

En el caso del delantero, la elasticidad de las fibras no mostró diferencias entre tejido sano y tejido afectado y tampoco se asoció esta variable y la antigüedad de la lesión (Cuadro 18).

Cuadro 18. Elasticidad de las fibras del tejido sano y el afectado (hematoma) en la región del delantero

| Tejido | Media | Significancia |
|----------|-------|---------------|
| Sano | 28,74 | NC |
| Hematoma | 23,75 | NS |

8.4 Análisis histológicos

8.4.1 Hemorragia

Tal como se ha mencionado en el punto 8 al observar las muestras de tejido en el microscopio, se constató la presencia de hemorragia en el 45% de las muestras de trasero (14 de 31) y en el 77% de las del delantero (24 de 31). En ninguna de las regiones anatómicas evaluadas se encontró una asociación de esta variable con la antigüedad de la lesión (p>0,05).

8.4.2 Infiltrado inflamatorio

El 55% de las muestras del delantero presentó infiltrado inflamatorio y el 23% en el caso del trasero. Como se observa en el cuadro 19, no existe una asociación significativa de esta variable con la antigüedad de las lesiones, en ninguna de las regiones anatómicas evaluadas.

Cuadro 19. Presencia de Infiltrado inflamatorio (%) en los diferentes tratamientos para

ambas regiones anatómicas (trasero y delantero)

| Trasero | | Delantero | |
|---------------|--------------|---------------|--------------|
| T1 (17 horas) | T2 (5 horas) | T1 (17 horas) | T2 (5 horas) |
| 26,67% | 18,75% | 66,67% | 43,75% |
| NS | | NS | |

8.4.3 Necrosis

En el cuadro 20 se muestran los porcentajes de necrosis en ambos tratamientos para las dos regiones anatómicas evaluadas. Como se observa, no existe una asociación significativa de esta variable con la antigüedad de las lesiones, en delantero ni en trasero. Se destaca que, en el presente experimento, no se registraron necrosis de grado 2 ni 3 en ningún tratamiento ni región anatómica.

Cuadro 20. Presencia de necrosis grado 1 (%) en los diferentes tratamientos para ambas

regiones anatómicas (trasero y delantero)

| Trasero | | Delantero | |
|---------------|--------------|---------------|--------------|
| T1 (17 horas) | T2 (5 horas) | T1 (17 horas) | T2 (5 horas) |
| 6,67% | 6,25% | 20% | 12,5% |
| NS | | NS | |

9. DISCUSIÓN

9.1 Color objetivo

Trasero

La luminosidad de la carne depende de diversos factores tales como el pH, la capacidad de retención de agua, la integridad de la estructura muscular, y en menor medida del grado de oxidación de los hemopigmentos y de la grasa (del Campo, 2008). La menor luminosidad registrada en hematomas más antiguos en la región del trasero podría deberse en parte a un mayor tiempo de deterioro de la estructura tisular y por tanto muscular, lo cual implicaría un menor reflejo de la luz.

Ghezzi et al., (2018) en Argentina, llevaron adelante un estudio de caracterización de hematomas respecto a tejido sano. Si bien trabajaron con hematomas de antigüedad desconocida, dichos autores reportaron que los valores de luminosidad siempre fueron menores en el tejido lesionado que en el tejido sano, explicándolo también por la desintegración de la estructura tisular.

Los resultados reportados por dichos autores para valores de L*, a* y b* en el tejido lesionado (hematoma) son similares a los resultados del presente experimento en hematomas de mayor antigüedad (17 horas pre-faena) para el Trasero (*Semitendinosus*). Ghezzi et al., (2018) reporta que estos valores resultan en lesiones superficiales opacas, de pigmentos rojo y amarillos (+a*=21,92 y 22,48; +b*=8,59 y 10,58) más oscuros y más azulados que el tejido subcutáneo normal. Estos datos se corresponden a los sugeridos por Gracey et al., (1999) como lesiones de una antigüedad de entre 11 y 24 horas.

Urbina (2019) no registró diferencias en luminosidad cuando comparó hematomas de 1, 5, 9, 13, 17 y 21 horas de antigüedad en la región del trasero. En relación a los índices de rojo y amarillo, si bien hace referencia al músculo *Biceps femoris*, sus resultados coinciden con los del presente experimento, no reportando diferencias al comparar hematomas de más y menos de 12 horas de antigüedad.

En el presente experimento, un mayor tiempo de oxidación de la mioglobina en hematomas más antiguos, también podría contribuir a explicar la menor luminosidad registrada en los hematomas más antiguos en la región del trasero.

Delantero

Considerando los datos del presente experimento tanto en delantero como en trasero y los registrados por Urbina (2019), el color no parece ser una variable promisoria para diferenciar hematomas de más y menos de 12 horas de antigüedad.

9.2 Temperatura

La menor temperatura registrada en el tejido con hematoma al compararse con el tejido sano podría explicarse por la ruptura de los vasos sanguíneos en la región lesionada. Esto hace

que haya un mayor intercambio de energía con el ambiente, con su consecuente enfriamiento (Urbina, 2019). Por lo tanto y concordando con Carnevali et al., (2011), la aplicación de la termografía infrarroja permitiría localizar y cuantificar, de forma no invasiva, el gradiente de temperatura generado en diferentes zonas musculares (lesionado vs. sano).

Trasero

La comparación de las medias de temperatura tisular no muestra diferencias entre tratamientos. Sin embargo, cuando ese valor se corrige por el valor del tejido sano del mismo animal, se puede observar una tendencia a la asociación de la antigüedad de los hematomas (p=0,063). En este sentido, la temperatura tisular sería menor en hematomas más antiguos. Estos resultados serían consistentes con los reportados por Urbina (2019), en que las diferencias de temperatura de tejido sano y afectado fueron mayores en hematomas de más antigüedad.

A pesar de no haberse registrado diferencias en el delantero, considerando los datos del presente experimento en el trasero y los registrados por Urbina (2019), la temperatura infrarroja podría ser una herramienta válida sobre la cual se debe continuar trabajando.

El registro de la termografía infrarroja puede implementarse en la línea de faena sin que esta debe enlentecerse, por lo cual en caso de que se confirme su utilidad a través de nuevos trabajos, podría llegar a ser una herramienta práctica para determinar la antigüedad de los hematomas.

9.3 Elastosonografía

Trasero

Las técnicas de elastosonografía se basan en la hipótesis de que los tejidos blandos se deforman más que los rígidos y evalúa cuantitativamente las propiedades elásticas de una región. Por lo tanto, la menor elasticidad registrada en el tejido con hematoma del trasero, al compararse con el tejido sano concuerda con lo esperado, ya que la velocidad es menor debido a que se rompen las fibras musculares y el medio (músculo) se vuelve menos homogéneo.

Los resultados del presente experimento son consistentes con lo reportado por Urbina (2019) en hematomas en la región del trasero, pero en el músculo *Biceps femoris*, dicho autor identificó diferencia de elasticidad entre tejido sano y tejido lesionado en la región del trasero, pero no fue posible relacionarlo con la antigüedad de los hematomas.

9.4 Análisis histológicos

9.4.1 Hemorragia

La ocurrencia y la severidad de un hematoma dependerá del tamaño y número de vasos dañados (Crosi y Prado, 2012), está relacionada a la fuerza aplicada sobre el cuerpo y

depende del área que involucra en el animal, teniendo en cuenta el grosor y densidad del tejido afectado y su irrigación (Strappini, 2012).

En el presente experimento, las contusiones se provocaron con el mismo equipo, por el mismo operario, en el mismo momento y en las mismas condiciones en las dos regiones anatómicas y en todos los animales. Sin embargo y como fue mencionado antes, no se logró generar hematomas en todos los animales y se registró una mayor incidencia en el delantero que en el trasero.

Esto evidencia que, a pesar de estandarizarse todas las variables para disminuir el error experimental, existe una variación intrínseca o inherente a cada individuo en cuanto a la susceptibilidad de sufrir una lesión. Existen factores intrínsecos o propios del animal y extrínsecos o del ambiente (Marshall, citado por Crosi y Prado, 2012). Los animales con menor conformación y menor terminación tienen mayor riesgo de sufrir hematomas que animales mejor conformados y terminados, ya que la falta de cobertura grasa deja al animal sin una protección física (Grandin, 1998, citado por Crosi y Prado, 2012). En el presente experimento, todos los animales tenían una conformación y terminación similar, pero la cobertura de grasa puede explicar las diferencias entre regiones anatómicas. Se destaca que las regiones anatómicas o con menor cobertura de grasa, estarían menos protegidas o serían más propensos a la incidencia de hematomas. La mayor cobertura de grasa en la región del trasero podría explicar la menor incidencia de hematomas que se logró en dicha región en el presente experimento, en comparación con el delantero (paleta).

La mayor masa muscular del músculo *Semitendinosus* en la región del trasero podría absorber de mejor forma el golpe ocasionado en comparación con el *Biceps femoris* del delantero, con una consecuente mayor protección de su estructura y por tanto con una menor incidencia de hematomas como la observada en el presente experimento.

Por otra parte, el músculo *Semitendinosus* presenta mayor cantidad de miofibrillas de tipo 2b o rápidas (blancas). Éstas poseen un número relativamente escaso de mitocondrias, metabolismo aeróbico bajo y una menor resistencia a la fatiga. Son ricas en glucógeno y contienen más miofibrillas con enzimas ATPasa. Esta diferencia en la cantidad de miofibrillas implicaría una mayor unión de puentes actina-miosina, por lo que son capaces de desarrollar más fuerza y por tanto resistencia al golpe efectuado. A su vez, músculos como el *Semitendinosus* con predominancia de fibras tipo 2b (blancas) presentan una menor vascularización que los músculos con fibras tipo 1 (rojas, *Triceps brachii, Biceps femoris*), con la consecuente menor probabilidad de sufrir lesiones que denoten hematomas (Billat, 2002).

Por otra parte, la cercanía al tejido óseo en el músculo golpeado de la región del delantero, también podría contribuir a explicar la mayor incidencia de hematomas lograda en esta región anatómica.

9.4.2 Infiltrado inflamatorio

La presencia de infiltrado inflamatorio está muy relacionada con la presencia de hemorragia. Dados los valores reportados en el presente experimento, es lógico que no existiera una relación con la antigüedad de los hematomas.

Además de los bajos valores reportados en este experimento, especialmente en el trasero, los resultados concuerdan con lo mencionado por Strappini (2012), quien sostiene que los estudios histológicos analizando las células presentes en el tejido lesionado, solo pueden discriminar entre una lesión vieja (más de 24 horas) y una reciente (menos de 24 horas). Se necesitan métodos más exactos para estimar la edad en el período inmediato al daño, en término de minutos a horas.

9.4.3 Necrosis

Un hematoma representa la liberación de sangre a los tejidos, luego se genera una reacción inflamatoria y necrosis como etapa final. La necrosis es definida como el daño irreversible celular, con la serie de eventos que conducen a la ruptura de la membrana citoplasmática y la consecuente salida de material intracelular. En el presente experimento, se registró Necrosis de grado 1 en ambas regiones anatómicas y sin poder asociarla con la antigüedad de la lesión, siendo consistente con lo reportado por Urbina (2019). Sin embargo, Urbina (2019) reportó grados 2 y 3 de necrosis en hematomas de más de 13 y 17 horas de antigüedad, respectivamente. A pesar de que en ambos trabajos se utilizaron animales similares, de 2 a 3 años de edad, machos castrados, de raza Hereford, con peso vivo final de faena de 500 kg y con similar grado de terminación, en el presente experimento no se registró necrosis de grado 2 ni 3 en ningún tratamiento ni región anatómica.

10. CONSIDERACIONES FINALES

El dispositivo utilizado para la generación de hematomas fue diseñado para el cumplimiento de una línea de trabajo dentro de la cual se encuentra el presente experimento. Dicho dispositivo no fue cien por ciento efectivo en la generación del hematoma, reduciendo por tanto el número de muestras a analizar, especialmente en la región del trasero y así la robustez estadística deseada. Es por ello que se continúa trabajando en su perfeccionamiento para futuras investigaciones.

En la región del delantero se logró una alta incidencia de hematomas, pero ninguna de las variables evaluadas permitió detectar diferencias entre hematomas de 5 y 17 horas de antigüedad.

La elastosonografía puede constituir una herramienta válida para detectar diferencias entre tejido sano y tejido dañado, pero no sería útil para diferenciar hematomas de diferente antigüedad.

En relación a la termografía infrarroja, considerando los resultados del primer trabajo de esta línea de investigación (Urbina 2019) y los obtenidos en el presente experimento, esta variable podría constituir una herramienta promisoria para diferenciar hematomas de diferente antigüedad. Considerando que en Uruguay el promedio de permanencia de los animales en planta previo a la faena es de 12 horas, ésta podría ser una herramienta para definir si el hematoma efectivamente ocurrió en etapas previas a la llegada a planta (hematomas de más de 12 horas) o en planta frigorífica (hematomas de menos de 12 horas).

Dado que es una herramienta sencilla y que puede ser utilizada en la línea de faena, podría ser de alto valor a nivel comercial, por lo que se deberá avanzar en la investigación de esta temática y en particular de dicha herramienta.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón-Rojo, A., y Janacua-Vidales, H. (2010). *Alteracion de las reacciones enzimaticas postmortem en carnes PSE y DFD.* En D. Mota-Rojas, I. Guerrero-Legarreta y M.E.Trujillo-Ortega (Ed.), *Bienestar Animal y Calidad de la Carne* (pp. 287-299). Mexico: B.M.
- Albertí, P., Ripoll, G., Albertí, C., y Panea, B. (2016). Clasificación objetiva del color de la carne de las denominaciones de venta de vacuno. Eurocarne, (244), 131-142.
- Asociación de la Industria Frigorífica del Uruguay. Cámara de la Industria Frigorífica (2012). *Guía de Bienestar Animal en Establecimientos de Faena (Bovinos Ovinos)*. Montevideo: ADIFUCIF.
- Bancroft, J. D., y Gamble. (2008). *Theory and practice of histological techniques* (6^a ed.). New York: Churchill Livingstone.
- Barros, A., y Castro, L. (2004). *Buenas Practicas Operacionales*. Montevideo: INAC. Recuperado de file:///C:/Users/Usuario/Desktop/TESIS/inac_ba_bpo.pdf
- Beriaini, M.J., y Lizaso, G. (1997). Calidad de la carne de vacuno. En C. Buxadé, *Vacuno de carne. Aspectos claves* (pp. 493-510). Madrid: Mundi-Prensa.
- Billat, V. (2002). El músculo: transformación energética. En *Fisiología y metodología del entrenamiento*. Barcelona: Paidotribo, (pp. 45-61)
- Brito Feitosa, E., Sousa Fernandes, L., Ramos A. T., Sousa Frantz, D. M., Costa Paiva, B. M., y Ferreira, J. L. (2019). Pre-slaughtering factors related to bruises on cattle carcasses in the micro-region of Araguaína, Tocantins, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, 40(6), 3553-3564.
- Brito, G., Correa, D., y San Julián, R. (2017). *Tercera auditoría de calidad de carne vacuna del Uruguay*. Montevideo: INIA. Recuperado de http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6771/1/st-229-2017.pdf
- Brito, G., y Pittaluga, O. (2003). Evaluacion de reses de novillos Braford en Uruguay. En *Seminario de actualización técnica*. *Cruzamiento en Bovinos de Carne* (pp. 69-80). Tacuarembó: INIA.
- Broom, D.M. (1986). Indicators of poor welfare. British Veterinary Journal, 142, 524-526.
- Burrow, H.M. (1997). Measurements of temperament and their relationships with performance traits of beef cattle. *Animal Breeding Abstracts*, 65, 477-495.
- Cannon, W.B. (1914). The emergency function of the adrenal medulla in pain and the major emotions. American Journal of Physiology, 33, 356-372.
- Carnevali, A., Medina, E., Morales, M., y Orozco, E. (2011). Termografía infrarroja y el estudio de riesgos de lesiones músculo esqueléticas. *Ingeniería Industrial*, 10(1), 55-67.

- Castro, L., y Robaina, R. (2003). *Manejo del ganado previo a la faena y su relación con la calidad de la carne*. Montevideo: INAC.
- Cepero, R., y Sañudo, C. (1996, junio). Definición y medición de las características de la calidad sensorial de la carne de ave. En *Jornadas Técnicas de Avicultura*. Arenys de Mar.
- César, D. (2008). Caracterización anátomo-patológica de las lesiones traumáticas (machucones) de los bovinos en la faena y estimación de la etapa en que fueron producidos. Propuesta de Proyecto de investigación [Manuscrito inédito].
- Claudio, L. D. G. (2012). Fatores associados a injuria muscular em bovinos abatidos e suas relações com enzimas séricas e qualidade da carcaça (Tesis de maestría). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Costa, F., Brito, G., Soares De Lima, J. M., Sant'anna, A. C., Paranhos Da Costa, J. R., Y del Campo, M. (2019). Lairage time effect on meat quality in Hereford steers in rangeland conditions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 48, e20180020. https://doi.org/10.1590/rbz4820180020
- Costa, F.D.O., Valente, T.S., De Toledo, L.M., Ambrósio, L.A., del Campo, M., y Paranhos Da Costa, M.J.R. (2021). A conceptual model of the human-animal relationships dynamics during newborn handling on cow-calf operation farms. *Livestock Science*, 246, 104462. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104462
- Crosi, G., y Prado, M. (2012). Prevalencia y caracterización de machucones en las reses vacunas faenadas en plantas de Uruguay (Tesis de grado). Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Montevideo.
- Cruz-Monterrosa, R.G., Rayas-Amor, A.A., y Miranda-de la Lama, G.C. (2015). Efecto de la presencia de hematomas en la evolucion del pH y aminas biogenas de acuerdo con el metodo de envasado y el tiempo de maduracion en carne vacuna. En XVI Jornadas sobre Producción Animal. (Tomo II, pp. 663-665). Melbourne: AIDA.
- del Campo, M. (2006). Bienestar Animal, ¿un tema de moda? *Revista INIA*, (9), 7-12. http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/860/1/111219220807170542.pdf
- del Campo, M. (2008). El Bienestar Animal y la Calidad de Carne de novillos en Uruguay con diferentes sistemas de terminación y manejo previo a la faena (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.
- del Campo, M. (2010). Bienestar Animal y Calidad de la carne. Avances de la investigación en Uruguay. En Seminario de actualización técnica. Tacuarembó: INIA. Recuperado de http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/12619/1/CALIDAD-DE-CARNE-2010P96-124.pdf
- del Campo M. (2014). Bienestar animal en la cadena cárnica. En E. Berretta, F.Montossi, y G. Brito, Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del basalto (p.477-484). Montevideo: INIA.
- del Campo, M. (2017a). Bienestar Animal bovinos. Características que se deben considerar para optimizar su manejo. *INIA Cartilla 76*. Recuperado de http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8014/1/Cartilla-76.pdf

- del Campo, M. (2017b). Bienestar Animal en bovinos. Manejo en corrales-instalaciones. *INIA Cartilla*, 77. Recuperado de http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8015/1/Cartilla-77.pdf
 - del Campo, M. (2017c). Bienestar Animal en bovinos. Buenas prácticas de manejo previo al embarque. *INIA Cartilla*, 78. Recuperado de http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8016/1/Cartill-78.pdf
- del Campo, M. (2017d). Bienestar Animal en bovinos. Aplicación de medicamentos. *INIA Cartilla*, 84. Recuperado de http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/12683/1/Cartilla84.pdf
- del Campo, M. (2020). *Debate "Carnes uy".* [Video] Uruguay. https://www.youtube.com/watch?v=7sFZaxX9qRQ
- del Campo, M., Abella, I., y Otegui, P. (2020). Bienestar animal en ovinos para carne y lana. En *Guía para la producción ética de ovinos en Uruguay* (2ª. ed., p. 25). Montevideo: INIA-SUL. inac
- del Campo, M., Brito, G., De Lima, J.S., Hernández, P., y Montossi, F. (2010). Finishing diet, temperament and lairage time effects on carcass and meat quality traits in steers. *Meat Science*, 86, 908-914.
- del Campo, M., Brito, G., De Lima, J.S., Martins, D.V., Sañudo, C., Julián, R.S., ... Montossi, F. (2008). Effects of feeding strategies including different proportion of pasture and concentrate, on carcass and meat quality traits in Uruguayan steers. *Meat Science*, *80*, 753-760. doi:10.1016/j.meatsci.2008.03.026.
- del Campo, M., Brito, G., Montossi, F., De Lima, J.S., y Julián, R.S. (2014). Animal welfare and meat quality: The perspective of Uruguay, a "small" exporter country. *Meat Science*, 98, 470-476. doi:10.1016/j.meatsci.2014.07.004.
- del Campo, M., Brito, G., Rodríguez Almada, H., Negreira, C., Cortela, G., Rodríguez, M.N., ... Soares de Lima, J.M. (2022). *Encuentro de Investigadores en Bienestar Animal*. Montevideo: Facultad de Veterinaria.
- del Campo, M., Manteca, X., Soares De Lima, J. M., Brito, G., Hernandez, P., Sañudo, C., y Montossi, F. (2021). Effect of different finishing strategies and steer temperament on animal welfare and instrumental meat tenderness. *Animals*, 11(3), 859.
- del Campo, M., Soares de Lima, J.M., y Montossi, F. (2016). A Produção de carne bovina no Uruguay. En: M.J.R Paranhos da Costa, y A.C. Sant´Anna, *Bem-estar Animal como valor agregado nas cadeias productivas de carnes.* (pp. 74-78). Jaboticabal: Funep. http://www.ainfo.inia.uv/digital/bitstream/item/4254/1/ST-217p477-484.pdf
- del Campo, M., Toyos, G., Albin, A., Borca, A., Correa, D., Robaina, R., y Brito, G. (2017). Third Uruguayan National Beef Quality Audit: Bruises characterization. En *Proceedings ICoMST*. Recuperado de https://digicomst.ie/2017/2017_06_12/
- del Campo, M., y Montossi, F. (2022). *Informe de INIA sobre la presencia en Irlanda en el marco del Seminario "The societal role of meat "; what the science says"*. (Manuscrito inédito).
- Dettmeyer, R. B. (2011). Forensic Histopathology. Berlin: Springer.

- Dunston-Clarke, E., Willis, R.S., Fleming, P.A., Barnes, A.L., Miller, D.W., y Collins, T. (2020). Developing an animal welfare as-sessment protocol for livestock transported by sea. *Animals*, 10, 705.
- Evia, G., Carrau, A., y Priore, E. (2005). *Manual de buenas prácticas para la ganadería*. Montevideo: FUCREA.
- Ganau, S., Camps J., y Sentís M. (2009). La elastografía: una nueva herramienta para el estudio de las lesiones mamarias. *Revista de senologia y patología mamaria*, 22, 144-151.
- Garcia Sacristan, A. (1995). Fisiologia Veterinaria. Madrid: McGraw-Hills Interamericana.
- Gallo, C. (2010). Transporte y reposo pre sacrificio en bovinos y su relación con la calidad de la carne. En: D. Mota- Rojas, I. Guerrero-Legarreta y M.E. Trujillo-Ortega, *Bienestar Animal y Calidad de la Carne* (pp.15-36). Mexico: B.M.
- Gallo, C. B., y Huertas, S. M. (2015). Main animal welfare problems in ruminant livestock during preslaughter operations: a South American view. *Animal*, 10(2), 357-364.
- Ghezzi, M., y Díaz, M. (2018). La colorimetría para determinar la antigüedad de las lesiones en bovinos y valorar el bienestar. *Agrovet Market*. Recuperado de https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/colorimetia-determinar-antiguedad-lesiones-t40316.htm
- GlobalSTD. (2017). Normas ISO. Recuperado de https://www.globalstd.com/blog/iso-una-mejor-gestion-del-bienestar-animal/
- Gracey, J.G., Collins, D.S., y Huey, R.J. (1999). *Meat Hygiene* (10^a ed.). London: Balliere Tindall.
- Grandin, T. (1997). Assessment of Stress during Handling and Transport. *Journal of Animal Science*, 75, 249-257.
- Grandin, T. (2003). Good management practices for animal handling and stunning. Recuperado de http://www.grandin.com/ami.audit.guidelines.html
- Grandin, T. (2019). Livestock Handling and Trandport (5ª ed.). Wallingford: CABI.
- Gregory, N.G. (1996). Welfare and Hygiene during Preslaughter Handling. *Meat Science*, 43, S35-S46.
- Grellner, W., y Madea, B. (2007). Demands on scientific studies: vitality of wounds and wound age estimation. *Forensic Science International*, 165, 150-154.
- Guía de buenas prácticas en bienestar animal durante la cría y faena de aves de producción de carne (2019). Recuperado de https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/guia-buenas-practicas-bienestar-animal-durante-cria-faena-aves.
- Guzmán Aroca, F., Abellán, Rivera, D., y Reus Pintado, M. (2014). La elastografía: una nueva aplicación de la ecografía. ¿Cuál es su utilidad clínica? *Radiología*, 56(4), 290-294. https://doi.org/10.1016/j.rx.2012.09.006

- Harper, G. C., y Henson, S. J. (2001). *The level of consumer concern about animal welfare. The comparative report.* (EU Fair CT98-3678). UK The University of Reading.
- Huertas-Canén, S.M. (2010). Buenas prácticas de manejo durante el ambarque y transporte a la planta de sacrificio. En D. Mota-Rojas, I. Guerrero-Legarreta, y E. Trujillo-Ortega (Ed.), *Bienestar Animal y Calidad de la Carne* (pp. 69-80). Mexico: BM.
- Huertas, S. M. Gil A.D., Piaggio J. M. y van Eerdenburg F.J.C.M. (2010). Transportation of beef cattle to slaughterhouses and how this relates to animal welfare and carcase bruising in an extensive production system. *Animal Welfare*, 19: 281-285. ISSN 0962-7286
- Huertas, S. M., Kempener, Rick E. A. M., Van Eerdenburg, y Frank J. C. M. (2018). Relationship between Methods of loading and unloading, carcass bruising, and animal welfare in the transportation of extensively reared beef cattle. *Animals*, 8, 119.
- Hughes, V.K., Ellis, P.S., Burt, T., y Langois, N.E.I. (2003). The practical application of reflectance spectrophotometry for the demonstration of haemoglobin and its degradation in bruises. *Journal of Clinical Pathology*, 57, 355-359.
- Hughes, V.K., Ellis, P.S., y Langois, N.E.I. (2006). Alternative light source (polilight (R) illumination with digital image analysis does not assist in determining the age of bruises. *Forensic Science International*, 158, 104-107.
- Immonen, K., Ruusunen, M., Hissa, K., y Puolanne, E. (2000). Bovine muscle glycogen concentration in relation to finishing diet, slaughter and ultimate pH. *Meat Science*, 55, 25-31.
- Instituto Nacional de Carne. (2015). *Programa de Certificación de Bienestar Animal*. Recuperado de http://www.inac.uy/innovaportal/v/10844/2/innova.front/programa-de-certificacion-de-bienestar-animal-pba
- Instituto Nacional de Carne. (2020a). *Serie mensual faena. Pesos de hacienda bovinos por categoria.*Recuperado de https://www.inac.uy/innovaportal/v/5539/10/innova.front/faena
- Instituto Nacional de Carne. (2020b). Serie mensual exportaciones. Recuperado de https://www.inac.uy/innovaportal/file/8061/1/exportaciones-por-destino-20-06-2020.pdf esta referencia y la anterior tienen el mismo autor y año
- Instituto Nacional de Carne. (2021). *Anuario Estadístico*. Recuperado de https://www.inac.uy/innovaportal/file/21459/1/inac anuario 2021.pdf
- Instituto Nacional de Estadística. (2011). Resultados del Censo de Población 2011: población, crecimiento y estructura por sexo y edad. Recuperado de http://www.ine.gub.uy/documents/10181/35289/analisispais.pdf
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2011). 2° Auditoría de Calidad de la Cadena Cárnica Vacuna del Uruguay. Montevideo: INIA.
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2017). 3° Auditoría de Calidad de la Cadena Cárnica Vacuna del Uruguay. Montevideo: INIA.

- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2020). *Dia Nacional de la carne*. Recuperado de http://www.inia.uy/estaciones-experimentales/direcciones-regionales/inia-tacuaremb%C3%B3/Dia-nacional-de-la-carne
- Kaurivi, Y.B., Laven, R., Hickson, R., Parkinson, T., y Stafford, K.J. (2020). Developing an animal welfare assessment protocol for cows in extensive beef cow–calf systems in New Zealand. Part 1: Assessing the feasibility of identified animal welfare assessment measures. *Animals*, 10, 1597.
- Knock, M., y Carroll, G.A. (2019). The Potential of Post-Mortem Carcass Assessments in Reflecting the Welfare of Beef and Dairy Cattle. *Animals*, 9, 959.
- Kumar, V., Abbas, A. K., y Aster, J. C. (2017). *Robbins basic pathology*. Philadelphia: Elsevier Health Sciences.
- Langlois Neil, E. I. (2007). The science behind the quest to determine the age of bruisesma review of the English language literature. *Forensic Science, Medicine and Pathology*, 3, 241-251.
- Mc Causland, I.P., y Millar, H.W.C. (1982). Time of occurrence of bruises in slaughtered cattle. Australian Veterinary Journal, 58, 253-255.
- Mendonça, F. S., Vaz R. Z., Vaz F. N., Leal, W. S., Silveira I. D. B., Restle J., ...Cardoso, F. F. (2018). Causes of bruising in carcasses of beef cattle during farm, transport, and slaughterhouse handling in Brazil. *Journal of Animal Science*, 90, 288-296.
- Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. (2012). Bienestar animal en especies productivas. Manual de buenas prácticas de bienestar animal para el transporte y sacrificio (2ª. ed.). Montevideo: MGAP-INAC-FAC-VET-SMVU-AVU-INIA-IPA.
- Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. (2019). Guía de buenas prácticas en bienestar animal durante la cría y faena de aves de producción de carne. Recuperado de https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/guia-buenas-practicas-bienestar-animal-durante-criafaena-aves
- Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. (2020). *Anuario estadístico Agropecuario*. Montevideo: DIEA. Recuperado de https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2021/LIBRO%20ANUARIO%20202 1%20Web.pdf
- Moberg, G.P. (2000). The biology of Animal Stress: Bassic Principles and Implications for Animal Welfare. Oxon: CAB International.
- Montero, P., Avalos, A., y Perez, M. (2001). Characterization of polyphenoloxidase of prawns. Alternatives to inhibitions: additives and high pressure treatment. *Food Chemistry*, 75, 317-324.
- Montossi, F., Font-i-Furnols, M., del Campo, M., San Julián, R., Brito, G., y Sañudo, C. (2013a). Producción sostenible de carne ovina y las tendencias en las preferencias de los

- consumidores: compatibilidades, contradicciones y dilemas sin resolver. En *Seminario de Actualización Técnica*. *Producción de Carne Ovina de Calidad* (pp. 1-39). Montevideo: INIA.
- Montossi, F., Ares, G., Antúnez L., Brito G., Luzardo S., del Campo M., y Realini, C. (2022). Preferencias, motivaciones y cambios en el consumo de carne en Uruguay. *Revista INIA*, 71, 43-47.
- Mota-Rojas, D., Alarcón-Rojo, A., Vazquez-Galindo, G., y Guerrero-Legarreta, I. (2010). Músculo oscuro, firme y seco en bovinos. Mecanismos involucrados. En Mota-Rojas, Guerrero-Legarreta y Trujillo-Ortega (Ed), *Bienestar animal y calidad de la carne* (pp. 271-285). Mexico: BM.
- Nicholson, J. D. W. (2008). *National market cow and bull beef quality audit-2007: a survey of producer-related defects* (Tesis de maestría). Texas A&M University, Texas. Recuperado de https://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/ETD-TAMU-2643/NICHOLSON-THESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1991). *Alinorm 93/13, Apendix VI.* Roma: FAO.
- Ouali A., Herrera-Mendez C.H., Coulis G., Becila S., Boudjellal A.C., Aubry L., y Sentandreu M.A. (2006). Revisiting the conversión of muscle onto meat and the underlying mechanisms. *Meat Science*, 74(1), 44-58.
- Paranhos da Costa, M.J.R. (2018). Bienestar Animal y Sistemas sostenibles para la produccion ganadera. En 6° *Congreso de la Asociacion Uruguaya de Produccion Animal*. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, San Pablo. Recuperado de http://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/bienestar_en_bovinos/104-sistemas_sosteniblesdocx.pdf
- Putnam, F.W. (1953). The Proteins (Vol. 1). New York: Academic Press.
- Realini, C., Ares, G., Antúnez, L., Brito, G., Luzardo, S., del Campo, M., ... Montossi, F. (2022). Meat insights: Uruguayan consumers´ mental associations and motives underlying consumption changes, *Meat Science*, 192, 108901. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108901
- Robinson, S. (2000). The examination of the adult victim of assault. En J.K. Mason, y B.N. Purdue (Ed.), *The pathology of trauma* (pp. 144-148). London: Arnold.
- Rushen, J., de Passillé, A. M., Von Keyserlingk M., y Weary D. (2008). *The welfare of Cattle* (Vol. 5). Dordrecht: Springer.
- Sanchez-Zapata, E., Navarro-Rodriguez, C., Sayas-Barbera, M.E., Sendra-Nadal, E., Fernandez-Lopez, J., y Perez-Alvarez, J.A. (2010). Efecto de las condiciones ante-mortem y post-mortem sobre los factores que derminan la calidad de la carne. En D. Mota-Rojas, I. Guerrero-Legarreta y M.E. Trujillo-Ortega (Ed.), Bienestar animal y calidad de carne (pp. 329-349). Mexico: BM.
- Sapolsky, R.M., Romero, L.M., y Munck, A.U. (2000). How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory and preparative actions. *Endocrine Reviews*, 21, 55-89.
- SAS Institute. (2012). Recuperado de https://www.sas.com/en_us/home.html

- Schön, I. (1973). Improvement of market transparency in meat trade. *World Review Animal Production*, 9(2), 34-47.
- Seyle, H. (1956). Stress of life. New York: McGraw-Hill.
- Strappini, A. (2012). Bruises in chilean cattle: their characterization, occurrence and relation with preslaughter conditions (Tesis doctoral). Wageningen University.
- Strappini, A. C., Metz, J. H., Gallo, C. B., y Kemp, B. (2009). Origin and assessment of bruises in beef cattle at slaughter. *Animals*, 3 (05) 728-736. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731109004091?via%3Dihub
- Tarrant, P.V., Kenny, F.J., y Harrington D. (1988). The effect of stocking density during 4 h transport to slaughter on behaviour, blood constituents and carcass bruising in Friesian steers. *Meat Science*, 24, 209-222.
- Unión Europea (1991, abril 22). Reglamento 1026/91: Modifica el Reglamento 1208/81 del Consejo por el que se establece el modelo comunitario de clasificación de las canales de vacuno pesado. Recuperado de https://www.boe.es/doue/1991/106/L00002-00003.pdf
- Unión Europea. (2009). Reglamento (CEE) No 1099/2009. Recuperado de https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:303:0001:0030:ES:PDF
- Urbina, S. (2019). Evaluación de herramientas para la determinación de la antigüedad de los hematomas ocurridos en las últimas etapas previas a la faena en bovinos para carne (Tesis de grado). Facultad de Agronomía, UDELAR, Montevideo.
- Vara, C., Goncalvez, G. B., Manzoni, V. G., Vaz, F. N., y Vaz, R. Z (2014). Efeito do sexo dos animais sobre a ocorrência de contusões em carcaças bovinas. En *Congresso de iniciaçao científica*, Universidade Federal de Pelotas.