

**Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Veterinarias**

**Lugar de desarrollo de la Tesis:
Instituto Tecnología de Alimentos, Centro de Investigación de
Agroindustria, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
(INTA).**

Área: Bienestar Animal

**Factores productivos y su relación con el bienestar animal en
bovinos de carne. Estudio del estrés térmico, la raza y la
categoría.**

MSc. (Ing. Alim.) Leandro Ezequiel Langman

Director: Dr. Darío Pighín

Co-director: Dra. Gisela Marcoppido

Año de presentación: 2023

DEDICATORIA

A Laura, mi esposa y compañera de una ruta tan vertiginosa como apasionante. A Lucía y Santiago, mis dos soles que iluminan cada día.

A mis viejos que me enseñaron lo realmente importante, entre otras cosas, a seguir tirando para adelante en momentos difíciles.

¡Los amo!

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria por permitirme crecer en el ámbito profesional y brindarme la oportunidad de capacitarme. En especial, a Sergio Vaudagna y Jorge Carrillo, directores del Instituto Tecnología de Alimentos y del Centro de Investigación en Agroindustria (respectivamente) por su apoyo constante. A Darío Pighín, Gisela Marcoppido y Ana Sancho, con quienes conformamos este gran equipo. A Sebastián Cúnzolo, el mejor amigo y compañero de rutas que me podría haber regalado el ámbito laboral. A Jorge Navarro, Julieta Fernández Madero, Diego Bottegal, Martín Palladino y Néstor Latimori por colaborar en gran medida en la concreción de actividades en Salta y Córdoba.

A todos mis amigos y compañeros del Área de Procesamiento y Análisis Físicos y Sensoriales en la que me desempeño, en especial a Trinidad, Rafael, Carolina y Karina por brindarme constantemente una mano, así como a los grupos de trabajo de las Áreas de Protección de alimentos y de Bioquímica y Nutrición, quienes brindaron los recursos para concretar diversas actividades.

Al grandioso grupo de trabajo de bienestar animal de INTA, con grandes profesionales y aún mejores personas.

ÍNDICE

ABREVIATURAS.....	i
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT	v
1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	1
1.1. Introducción	2
1.2. Sistemas de producción y bienestar animal.....	5
1.3. Mercado bovino nacional.....	7
1.4. Normativa vigente.....	11
1.5. ¿Cómo evaluar el bienestar animal?.....	13
1.5.1. Indicadores comportamentales	15
1.5.2. Indicadores fisiológicos asociados al estrés animal	16
1.5.3. Indicadores de calidad sensorial asociados al bienestar animal	17
1.5.4. Salud y bienestar animal.....	18
1.6. Situación actual en la Argentina.....	18
1.7. Hipótesis general	20
1.8. Objetivos generales de la tesis.....	20
1.9. Referencias bibliográficas	21
2. ESTUDIO DE VARIABLES PRODUCTIVAS, TEMPERAMENTO, BIOMARCADORES DE ESTRÉS Y CALIDAD DE CARNE EN LAS CATEGORÍAS MACHO ENTERO JOVEN Y NOVILLO DE LAS RAZAS ANGUS NEGRO Y BRANGUS.	25
2.1. Introducción	26
2.1.1. Macho entero joven como categoría de faena	27
2.1.2. Métodos de castración: la brecha existente entre lo establecido y lo realizado.....	28
2.1.3. Importancia de la evaluación del temperamento de los bovinos	29
2.1.4. Antecedentes	31
2.2. Hipótesis del ensayo	34
2.3. Objetivos específicos del ensayo.....	34
2.4. Materiales y Métodos	35
2.4.1. Lugar de desarrollo y diseño experimental	35
2.4.2. Animales y mediciones.....	37

2.4.3. Evaluación de indicadores productivos.....	37
2.4.4. Evaluación del temperamento.....	38
2.4.5. Evaluación de indicadores fisiológicos.....	40
2.4.6. Evaluación de calidad de carne	41
2.4.7. Relación entre temperamento y variables productivas, fisiológicas y de calidad de carne	43
2.4.8. Análisis estadístico.....	43
2.5. Resultados.....	44
2.5.1. Evaluación de variables productivas	44
2.5.2. Evaluación del temperamento.....	45
2.5.3. Evaluación de variables fisiológicas	48
2.5.4. Evaluación de calidad de carne	49
2.5.5. Relación entre el temperamento y las variables productivas, fisiológicas y de calidad de carne	54
2.6. Discusión.....	55
2.7. Conclusiones.....	59
2.8. Referencias bibliográficas	61
3. EFECTO DEL RECURSO SOMBRA SOBRE VARIABLES PRODUCTIVAS, FISIOLÓGICAS, COMPORTAMENTALES Y DE SALUD EN BOVINOS DE ENGORDE A CORRAL DURANTE UN PERÍODO DE ALTO RIESGO DE ESTRÉS POR CALOR.	71
3.1. Introducción.....	72
3.1.1. Carga calórica y balance térmico.....	73
3.1.2. Respuestas fisiológica y comportamental a la carga térmica elevada	78
3.1.3. Recurso sombra como herramienta para mitigar al estrés térmico.....	81
3.1.4. Evaluación del estrés térmico.....	84
3.1.5. Antecedentes	86
3.2. Hipótesis del ensayo	89
3.3. Objetivo específico del ensayo.....	89
3.4. Materiales y Métodos	90
3.4.1. Lugar de desarrollo y diseño experimental	90
3.4.2. Animales y mediciones.....	92
3.4.3. Evaluación del microclima.....	93
3.4.4. Evaluación de indicadores productivos.....	93
3.4.5. Evaluación de indicadores fisiológicos.....	93

3.4.6. Evaluación del comportamiento	95
3.4.7. Recuento de enterobacterias en materia fecal	95
3.4.8. Análisis estadístico	96
3.5. Resultados	96
3.5.1. Evaluación del microclima.....	96
3.5.2. Evaluación de variables productivas	97
3.5.3. Evaluación de variables fisiológicas	97
3.5.4. Evaluación del comportamiento	99
3.5.5. Recuento de enterobacterias en materia fecal	101
3.6. Discusión.....	102
3.7 Conclusiones	106
3.8. Referencias bibliográficas	108
4. CONSIDERACIONES FINALES	119
4.1. Referencias bibliográficas	122
ANEXO.....	123

ABREVIATURAS

ACTH: adrenocorticotropina.

AG: ácidos grasos.

AGMI: ácidos grasos monoinsaturados.

AGPI: ácidos grasos poliinsaturados.

AGS: ácidos grasos saturados.

AMSA: American Meat Science Association.

AN: Angus Negro.

ANOVA: análisis de la varianza.

BA: bienestar animal.

BGHI: índice de temperatura de globo negro y humedad.

BRG: Brangus.

CE: Comisión Europea.

CK: creatin kinasa.

CP: componente principal.

CRA: capacidad de retención de agua.

CS: con sombra.

DFD: oscuro, firme y seco.

FAWC: *Farm Animal Welfare Council*.

FDA: fibra detergente ácido.

FDN: fibra detergente neutro.

GDP: ganancia diaria de peso.

GLOBALGAP: organización de normalización para la generación de estándares en buenas prácticas de agricultura.

HLI: índice de carga calórica.

Hto: hematocrito.

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

IPCVA: Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina.

IRAM: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

ISO: Organización Internacional de Normalización.

ITH: índice de temperatura y humedad.

MEJ: macho entero joven.

MINAGRI: Ministerio de Agricultura. Actualmente MAGyP.

MS: materia seca.

NEA: noreste argentino.

NOA: noroeste argentino.
NOV: novillo.
ns: no significativo.
OIE: Organización Mundial de Sanidad Animal. Actualmente OMSA.
ONCCA: Oficina Nacional de Control Comercial Agropecuario.
PB: proteína bruta.
PC: peso de la canal.
PCA: análisis de componentes principales.
pH_f: pH final.
PRL: prolactina.
PT: proteínas totales.
PV: peso vivo.
RE: recuento de enterobacterias.
RSPCA: Sociedad Real para la Prevención de la Crueldad hacia los Animales.
SENASA: Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria.
SIR: *score* de la intensidad respiratoria.
SJ: *score* de jadeo.
SJM: *score* de jadeo medio.
SM: *score* de movimiento
SMN: Servicio Meteorológico Nacional.
SPC: *score* de postura corporal
SS: sin sombra.
ST: *score* del nivel de tensión
TPA: análisis de perfil de textura.
TSR: test del *score* de reactividad.
UFC: unidades formadoras de colonia.
USDA: Departamento de Agricultura de Estados Unidos.
UV: ultravioleta.
VIS: visible.
VS: velocidad de salida.
WB: Warner-Bratzler.

RESUMEN

Existen numerosos aspectos a tener en cuenta en los sistemas productivos que inciden sobre el bienestar de los animales, dentro de los cuales se encuentran los factores ambientales y los relativos a las condiciones de manejo. Con respecto a las últimas, y conociendo que entre las metas del sector productivo se busca mejorar los niveles de eficiencia, una de las alternativas sería contar con bovinos machos enteros jóvenes capaces de sintetizar naturalmente hormonas anabólicas como la testosterona.

Focalizándonos en los aspectos ambientales, uno de los temas de mayor trascendencia es el estrés por calor que sufren los bovinos. Si bien el ganado se puede adaptar a una amplia gama de entornos térmicos, tanto los valores extremos como las fluctuaciones repentinas de la temperatura pueden causar estrés térmico. De no poder hacer frente a estos eventos, los animales pueden sufrir consecuencias en donde la fisiología, el comportamiento y la salud se ven marcadamente influenciados por el medioambiente circundante afectando su bienestar, lo cual, en el peor de los escenarios, puede traducirse en su muerte. Teniendo en cuenta esto, la provisión de sombra representa uno de los recursos a utilizar como estrategia para mitigar el estrés por calor mediante la modificación en el microambiente.

Para abordar ambas problemáticas, en la presente tesis se llevaron a cabo dos experimentos orientados al estudio del efecto que generan: a) la categoría de faena y la raza, y b) el recurso sombra durante un período de alto riesgo de estrés por calor, sobre variables asociadas al bienestar animal en bovinos.

El primer experimento se llevó a cabo en un establecimiento situado en la localidad de Rosario de Lerma, Salta. Para ello, del total del rodeo se seleccionaron al azar 128 animales (9 meses, 238 ± 4 kg) con la finalidad de evaluar el efecto de la categoría (macho entero joven vs. novillo) y de la raza (Angus Negro vs. Brangus). Antes de comenzar con la etapa de engorde, la mitad de los animales de cada raza fue sometida a la castración a cuchillo realizada por el mismo personal del establecimiento, sin recurrir al uso de anestesia ni analgesia. Los animales se engordaron durante 180 días y, finalizada esta etapa, fueron trasladados al frigorífico situado a 500 m del establecimiento.

Bajo las condiciones en las que se realizó el ensayo, los machos enteros presentaron menores valores ($p < 0,05$) del score visual de velocidad de salida, mayores niveles de ganancia diaria de peso vivo, del rendimiento de la canal y carnicero en 6 de los 11 cortes evaluados. En cuanto a la calidad de la carne, en estos

animales se observaron mayores niveles de pH final, cortes más oscuros y con una menor coloración roja, mayores niveles de capacidad de retención de agua y de terneza con respecto a los valores observados en los novillos ($p < 0,05$). El tipo de manejo peri-faena, así como el menor nivel de engrasamiento de los machos no castrados podrían ser los causales de los resultados obtenidos. Por su parte, se observó un mayor nivel de rendimiento de la canal en bovinos Brangus con respecto a Angus, mientras que los machos enteros Brangus presentaron los menores niveles del score de reactividad ($p < 0,05$). No se encontró una relación significativa ($p > 0,05$) entre el temperamento exhibido por los bovinos y las variables productivas, fisiológicas y de calidad de carne.

El segundo experimento se llevó a cabo un *feedlot* comercial situado en la localidad de San Agustín, Córdoba, desde diciembre de 2016 hasta febrero de 2017 (82 días de duración). Con la finalidad de evaluar el efecto del recurso sombra (con sombra; 3,3 m² de sombra/animal vs. sin sombra), se seleccionaron al azar 90 bovinos cruzas británica e índica por tratamiento. Considerando las condiciones en las que se llevó a cabo el estudio, la provisión del recurso sombra generó un efecto sobre determinadas variables. Bajo microclimas en los que el índice térmico se asoció a categorías “cálido” o superior, la provisión del recurso generó una merma en el score de jadeo y modificaciones en el comportamiento de mantenimiento ($p < 0,05$), éste último principalmente expresado en la proporción de animales que destinan su tiempo a echarse o estar parados, lo cual a su vez depende del momento del día. Adicionalmente, se observaron valores inferiores de hematocrito ($p < 0,05$) y una tendencia a menores valores de proteínas totales en animales que contaron con el recurso.

La relación existente entre la utilización del recurso sombra y el aumento de la severidad de las condiciones climáticas se tradujo en un mayor porcentaje de bovinos que pueda destinar su tiempo al descanso en decúbito aún con valores de índices térmicos asociados a alto riesgo de estrés por calor. En animales que carecieron del recurso, una mayor proporción permaneció parado con la finalidad de reducir la superficie corporal que se encuentra en contacto con el suelo. Por su parte, la provisión de sombra no generó un efecto sobre la ganancia de peso, el peso de la canal, el rendimiento, la salud y los niveles de cortisol ($p > 0,05$). Considerando estos resultados es posible que, de acuerdo al grado de severidad de las condiciones climáticas exhibidas durante el periodo experimental, la provisión de sombra produzca un impacto positivo en el comportamiento y en ciertas variables fisiológicas, sin generar modificaciones en el resto de las variables, lo cual estaría determinado por la

cantidad total de horas de las temperaturas elevadas que son capaces de generar estrés por calor.

En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que las condiciones de manejo del ganado en un sistema productivo bovino se reflejan en indicadores comportamentales, los cuales se pueden relacionar específica y directamente con ciertos parámetros fisiológicos asociados a estrés animal, de cantidad y de calidad del producto obtenido. En estudios posteriores, resultará interesante relacionar estos resultados con el efecto de diversos tipos de manejo sobre el temperamento, así como la relación entre el temperamento y las variables productivas, fisiológicas y de calidad de carne de novillo y Macho Entero Joven, en donde prácticas zootécnicas como la castración se lleven a cabo considerando alternativas que minimicen el estrés. Por otra parte, resultará de interés evaluar el efecto de diversas estrategias para mitigar carga calórica sobre el bienestar animal, las variables productivas y de calidad de carne en sistemas de engorde a corral localizados en regiones que se asocian a un mayor riesgo de estrés por calor.

ABSTRACT

There are multiple aspects that affect animal welfare in production systems including environmental factors and those related to management conditions. Regarding the latter and considering that one of the goals of the production sector is the improvement of efficiency levels, one of the alternatives would be to have young bulls capable of naturally synthesizing anabolic hormones such as testosterone.

Focusing on environmental aspects, heat stress is one of the main issues in cattle. Although cattle can adapt to a wide range of thermal environments, both extreme and sudden fluctuations in temperature can cause heat stress. If unable to cope with these events, animals can suffer consequences where physiology, behavior and health are strongly affected by the excessive heat load modifying their well-being, which in the worst case can result in death. Therefore, the provision of shade represents one of the resources to be used as a strategy to mitigate heat stress by modifying the microenvironment. Shade resource in order to modify the microenvironment represents a strategy to mitigate heat stress.

To address both problems, two experiments were carried out in this thesis to study the effect of: a) slaughter category and breed, and b) the use of shade during a period of high risk of heat stress, over variables associated with animal welfare in cattle.

The first experiment was implemented in a livestock establishment located in Rosario de Lerma, Salta. For this purpose, 128 animals (9 months, 238 ± 4 kg) were randomly selected from the herd in order to evaluate the effect of category (young bull vs. steer) and breed (Black Angus vs. Brangus) over welfare. Before the fattening stage, half of the animals of each breed group were castrated by the same personnel of the establishment, without resorting to the use of anesthesia or analgesia. After 180 days of fattening, the animals were transported to the slaughterhouse at a distance of 500 m from the farm.

Under the conditions where the trial was carried out, young bulls presented lower values ($p < 0.05$) of visual exit velocity score, higher levels of daily live weight gain, carcass yield and meat yield in 6 of the 11 meat cuts evaluated. Meat from these animals showed higher ultimate pH levels, both darker and less red coloration, higher levels of water holding capacity and tenderness compared to the values observed in steers ($p < 0.05$). The type of pre-slaughter management, as well as the lower level of fattening of the non-castrated males could be responsible for the results obtained. On the other hand, a higher level of carcass yield was observed in Brangus cattle compared to Angus, while young Brangus bulls presented the lowest levels of reactivity score ($p < 0.05$). No significant relationship ($p > 0.05$) was found between the temperament exhibited by the cattle and the productive, physiological and meat quality variables.

The second experiment was conducted in a commercial feedlot located in San Agustín, Córdoba, from December 2016 to February 2017 (82 days duration). In order to evaluate the effect of shade resource (with shade: 3.3 m^2 of shade/animal vs. without shade), 90 British and Indica crossbred cattle were randomly selected per treatment. Considering the conditions under which the study was conducted, shade provision had an effect on certain variables. Under microclimates where the thermal index was categorized as "warm" or higher, the provision of shade resulted in a decrease in panting score and changes in maintenance behavior ($p < 0.05$), the latter mainly expressed by the proportion of animals spending time lying or standing, which depended on the time of day. In addition, lower hematocrit values ($p < 0.05$) and a tendency to lower total protein values were observed in animals that were provided with shade.

The relationship between the use of shade and increased severity of climatic conditions resulted in a higher percentage of cattle being able to spend time resting by lying behavior. Among animals deprived of the shade resource, a higher proportion remained standing to minimize the body surface area in contact with the ground. The provision of shade had no effect over weight gain, carcass weight, performance, health

and cortisol levels ($p > 0.05$). Considering these results, it is possible that according to the degree of severity of the climatic conditions exhibited during the experimental period, the provision of shade might have had a positive impact on behavior and certain physiological variables, without generating modifications in the rest of the variables, which would be determined by the total number of hours of high temperatures that cattle cope with heat stress.

Based on the findings of this thesis, it can be concluded that the management conditions within beef livestock systems have a direct impact on behavioral indicators. These indicators are closely associated with specific factors such as animal stress levels, quantity, and meat quality variables. In future studies, it would be valuable to further investigate the effect of different management procedures on temperament. Additionally, exploring the relationship between temperament and performance, as well as physiological and meat quality variables in steers and young bulls, would be of great interest. It is crucial to consider alternative methods that minimize stress during zootechnical practices like castration. In addition, it is proposed to evaluate the effectiveness of different strategies to mitigate heat load on animal welfare, performance and meat quality variables focused particularly in feedlots located in areas at higher risk of heat stress. By addressing these topics, we can enhance our understanding of how management practices influence animal welfare and, consequently, the overall quality of beef.

1. CONSIDERACIONES GENERALES.

1.1. Introducción

Explícita o implícitamente, la preocupación por el bienestar animal es tan antigua como la ganadería, en donde hace unos 10.000 años, y probablemente en Oriente Próximo, los habitantes contemplaban una serie limitada de prácticas que contribuían de una u otra manera con las necesidades de los animales. Si bien no era meramente la ética la fuerza que generaba tener los recaudos para con los animales, el hombre se centró en aspectos tales como procurar que los mismos cuenten con alimento disponible o evitar su muerte antes de tiempo (Rodríguez-Estévez, 2016).

Hacia el año 2.500 a.C., la preocupación sistemática por el bienestar de los animales probablemente surgió en la cultura del valle del Indo, en donde sus habitantes han tenido gran veneración y respeto por los animales. Sus pobladores les rendían culto y lo manifestaban a través de sellos y representaciones de arcilla. Tanto en el hinduismo (originado hacia el siglo XVIII a.C.) como en el budismo y el jaidismo (estas dos últimas originadas hacia el siglo VI a.C.) daban igual importancia a todas las formas de vida, a las que tenían como encarnación de una fuerza vital y creían que al morir su energía volvía a nacer en una forma distinta (García-Díaz, 2007). Queda claro que en la mencionada cultura oriental tampoco tendría un fundamento centrado en evitar el sufrimiento *per se*, pero la consideración sobre el trato que debía tenerse para con los animales ya sería un tema establecido que sentó precedentes.

En la modernidad, precisamente en Europa, se destaca el año 1822 en el que el parlamentario británico Richard Martin llevó un proyecto de ley que ofrecía protección contra la crueldad a los bovinos, caballos y ovejas. Si bien existen registros previos dentro de nuestra cultura, este acontecimiento se basó en el criterio del bienestar con un trasfondo moral y del comportamiento humano como ejes centrales. Dos años después, Martin estuvo entre los fundadores de la primera organización por el bienestar animal, la *Society for the Prevention of Cruelty to Animals*, organización que, luego de la bendición de la reina Victoria, en 1840 se convirtió en la Sociedad Real para la Prevención de la Crueldad hacia los Animales (RSPCA), organización que utilizaba las donaciones de sus miembros para crear una creciente red de inspectores capaces de identificar procedimientos cruentos hacia los animales.

Más allá de los avances alcanzados por la RSPCA, hasta hace aproximadamente medio siglo, los consumidores de alimentos de origen animal aún desconocían el camino recorrido y los procesos a los que los animales eran sometidos para obtener el producto final adquirido. Precisamente, en el año 1964, la publicación del libro *Animal Machines* (Harrison, 1964) en Gran Bretaña significó un punto de inflexión en la concientización sobre el proceso de industrialización de los animales.

En dicho libro se informaba al consumidor sobre el acortamiento de la vida de los animales, el escaso espacio que éstos disponían, el alto grado de mecanización y la conversión eficiente de los alimentos en carne u otros productos de valor comercial. La revolución generada por el desplazamiento y reemplazo del campo por edificaciones precarias industrializadas en las que se concentraba a los animales produjo un impacto tal que nuevamente en el territorio británico el gobierno abrió una investigación realizada en 1965 por el profesor Roger Brambell, sobre el bienestar de los animales de cría intensiva.

Sobre la base del informe del profesor Brambell (Brambell Report, 1965), el gobierno del Reino Unido creó en 1967 el *Farm Animal Welfare Advisory Committee* que, en 1979, se convirtió en el *Farm Animal Welfare Council* (FAWC). Las primeras directrices recomendadas por la comisión fueron que los animales requieren las libertades de “darse la vuelta, cuidarse a sí mismos, levantarse, tumbarse y estirar sus extremidades”. Estas directrices han evolucionado posteriormente hasta convertirse en las cinco libertades vigentes, en donde se estableció que el bienestar de un animal queda garantizado cuando se cumplen los siguientes requisitos (FAWC, 1992; 1993):

- El animal no sufre sed, hambre ni malnutrición, con acceso a agua de bebida y una dieta adecuada a sus necesidades,
- El animal no sufre estrés físico ni térmico, porque se le proporciona un ambiente adecuado, incluyendo refugio frente a las inclemencias climáticas y un área de descanso cómoda,
- El animal no sufre dolor, lesiones ni enfermedades, gracias a una prevención adecuada y/o a un diagnóstico y tratamiento rápidos,
- El animal es capaz de mostrar la mayoría de sus patrones normales de conducta, porque se le proporciona el espacio necesario y las instalaciones adecuadas, y se aloja en compañía de otros individuos de su especie,
- El animal no experimenta miedo ni distrés, porque se garantizan las condiciones necesarias para evitar el sufrimiento mental.

Teniendo en cuenta lo mencionado previamente, en 50 años varias sociedades (principalmente la europea occidental) han pasado de demandar fuentes de proteína animal a bajo costo. a convertirse en sociedades que demandan alimentos con valor agregado, producidos bajo las máximas garantías de seguridad alimentaria y procedentes de animales criados respetando una serie de cuestiones éticas y morales (Herranz y López, 2004).

Es creciente la idea de que la vía necesaria para promover el bienestar animal es mediante la participación activa de todos los eslabones que integran la cadena productiva, desde la gestación del animal hasta su sacrificio. También parece evidente que estos estándares que garantizan las condiciones apropiadas que se ajustan a las necesidades de los animales, se deben basar en una legislación que esté sustentada en los últimos avances y evidencias científicas aportados por las universidades y los institutos científicos. Por otro lado, resulta imprescindible demostrar al consumidor que, para poder satisfacer sus demandas relativas al bienestar animal, se deberá asumir el rol de consumidor que demande la mejora en las condiciones en las que se manejan los animales de abasto. Recientemente, se ha demostrado que los consumidores prefieren carnes provenientes de sistemas de producción que contemplen la calidad ética (Troy y Kerry, 2010), hecho que refuerza el vínculo entre el bienestar animal y la industria cárnica, representando a su vez una demanda adicional al sector.

El término "bienestar animal" designa el modo en que un animal afronta las condiciones de su entorno (OIE, 2016). De acuerdo a los lineamientos establecidos por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) un animal se encontrará en condiciones de bienestar si goza de buena salud, se encuentra cómodo, bien alimentado, seguro, y con posibilidad de expresar sus formas innatas de comportamiento, sin padecer, además, sensaciones desagradables tales como dolor, miedo o desasosiego. Adicionalmente, otras exigencias se centran en prevenir sus enfermedades, administrándoles tratamientos veterinarios, brindándoles protección, manejo y alimentación adecuados e incluso un sacrificio humanitario (OIE, 2016).

Si bien la definición mencionada por la OIE es frecuentemente utilizada, en la actualidad hay otras definiciones ampliamente difundidas. Entre éstas, se ha definido al bienestar animal como al "estado de salud mental y físico en armonía con el entorno o el medio ambiente" (Hughes, 1976); al "estado que tiene un individuo en cuanto a sus intentos de hacer frente a su entorno" (Broom, 1986); a los aspectos que incluyen "el alojamiento adecuado, el manejo, la alimentación, el tratamiento y la prevención de enfermedades, la tenencia responsable, la manipulación humanitaria y, si es necesaria, la eutanasia humanitaria" (Anon, 1990); o bien, al "concepto que incluye tres elementos, los cuales son el funcionamiento adecuado del organismo, el estado emocional del animal y la posibilidad de expresar algunas conductas normales propias de la especie" (Fraser *et al.*, 1997), reflejando un concepto dinámico asociado a las necesidades humanas y de los animales.

Resulta necesario remarcar que los eventos involucrados en el manejo del ganado destinado a la producción de carne se encuentran entre los acontecimientos

más estresantes de su vida. Por tal motivo, es importante contar con buenas prácticas de manejo, lo que implica, por un lado, que se realicen correctamente y, por el otro, que se pueda demostrar este hecho mediante registros correspondientes (Gallo, 2010). En este sentido, cuidar el bienestar de los animales de producción generaría un impacto positivo desde cuatro puntos de vista esenciales (Gallo, 2010):

- La cantidad de carne producida, en donde el transporte inadecuado, los largos tiempos de privación de alimento y los malos tratos durante las etapas previas al sacrificio pueden provocar la muerte del animal con la consecuente pérdida total del producto, o bien, disminuciones de peso de las canales y hematomas que se traducen luego en importantes perjuicios económicos;
- La calidad de carne producida, en la cual el manejo inadecuado previo a la faena provoca estrés en los animales, traducido en cambios del color, pH y capacidad de retención de agua en la carne obtenida, lo cual lleva a un producto de menor aceptabilidad por parte del consumidor y de una vida útil potencialmente más acotada;
- Los aspectos éticos, cada vez más considerados tanto por consumidores como por profesionales del área, deben procurar evitar el sufrimiento innecesario de los animales destinados a la producción de carne para alimentación humana;
- Las exigencias reglamentarias crecientes en cuanto al manejo de los animales de producción mediante estándares de bienestar aceptables.

A lo antes mencionado habría que agregar el impacto positivo que tiene incorporar esta temática en la seguridad del personal encargado del manejo del ganado, dado que los animales pueden llegar a pesar hasta 10 veces lo que pesa un ser humano. Evitar todo procedimiento que acentúe la reactividad, además de minimizar el riesgo de generar lesiones y estresores innecesarios en los animales, asegurará la integridad física de los trabajadores, mejorando el clima de trabajo diario.

Por lo anteriormente expuesto, puede considerarse que el bienestar animal, con sus aspectos éticos como pilar, representa una temática instalada como eslabón de la cadena agropecuaria en las diversas culturas.

1.2. Sistemas de producción y bienestar animal

Existen numerosos aspectos a tener en cuenta en los sistemas de producción y que inciden sobre el bienestar de los animales. Entre éstos se destacan el tipo de

sistema comercial de ganado vacuno de carne, la bioseguridad, la sanidad animal, los factores ambientales y los relativos a las condiciones de manejo (OIE, 2016).

Los diversos tipos de sistemas comerciales destinados a la crianza, la reproducción y/o el periodo final de engorde del ganado con vistas a la producción de carne vacuna para consumo presentan, *a priori*, características definidas que pueden promover o limitar diversos aspectos del bienestar de los animales. En los sistemas intensivos, el ganado se encuentra confinado y depende por completo del hombre para satisfacer las necesidades básicas diarias, tales como alimento, refugio y agua. La relación humano-animal y las interacciones entre animales, se suelen dar con mayor frecuencia debido al espacio que los animales tienen disponible y al contacto que a diario tienen los animales con el personal del establecimiento. Los sistemas extensivos ofrecen a los animales la libertad de desplazarse por grandes áreas, teniendo éstos cierta autonomía en la selección del alimento (mediante el pastoreo), el consumo de agua y el acceso al refugio que usualmente ofrece la flora existente en el predio. En este caso, las condiciones medioambientales son determinantes tanto sobre el alimento disponible como sobre la salud y el confort que tienen los animales para descansar. Por último, en los sistemas semi-intensivos el ganado se encuentra sometido a cualquier combinación de métodos de cría extensivo e intensivo, simultáneamente o bien de forma alternada, según cambian las condiciones climáticas y el estado fisiológico del ganado. Esta posibilidad de realizar diversas combinaciones estratégicas brindaría una mayor gama de oportunidades que pueden llegar a incidir favorablemente en el bienestar de los animales.

Mediante la adopción de un plan de bioseguridad, se ve posibilitada la implementación de un conjunto de medidas tendientes a mantener un rodeo con un estatus sanitario particular y evitar la entrada o propagación de agentes infecciosos, teniendo como finalidad el control de las principales fuentes y medios de propagación de los agentes patógenos. Por su parte, el sistema diseñado de gestión de la sanidad animal tendrá como finalidad optimizar la sanidad física y comportamental, así como el bienestar del ganado vacuno, abarcando la prevención, el tratamiento y el control de enfermedades y trastornos que afectan el rodeo, incluyendo el registro de enfermedades, lesiones, tratamientos médicos y sacrificio cuando sea apropiado.

Focalizándonos en los aspectos ambientales, uno de los temas de mayor trascendencia es el estrés térmico. Si bien el ganado se puede adaptar a una amplia gama de entornos térmicos, tanto las fluctuaciones repentinas del clima como las temperaturas extremas pueden causar estrés térmico por calor o frío. En relación con las condiciones ambientales, las exigencias nutritivas del ganado vacuno de carne se encuentran bien definidas y se deberá brindar el acceso a una ración alimentaria

equilibrada y adaptada, cualitativa y cuantitativamente, a sus necesidades fisiológicas, influenciadas por las condiciones meteorológicas existentes. Otros de los factores ambientales son los niveles de ruido y de iluminación, la calidad del aire, los tipos de suelos, camas y superficies de descanso, la densidad de población y la protección que se les brinda a los animales frente a los predadores (OIE, 2016). Otra de las variables que tienen un gran peso relativo en término del bienestar animal es el entorno social, en particular en los sistemas intensivos en donde las interacciones tanto agonísticas como afiliativas se ven reflejadas en mayor proporción. Las manifestaciones de hipersexualidad y peleas, mezcla de animales de distintas categorías, la alimentación del ganado de diferentes tamaños y edades en los mismos corrales, alta densidad de población, espacio insuficiente en los comederos, acceso insuficiente al agua y la presencia de bovinos machos enteros (con testículos), son algunas de los ejemplos de los numerosos factores que inciden directamente sobre el entorno social.

Por último, entre los aspectos de manejo, la selección genética constituye un aspecto clave a la hora de elegir una raza para destinarla a un lugar o sistema de producción determinado. Dentro de una raza, se pueden seleccionar genéticamente individuos con el fin de obtener una progenie que posea características que beneficien la sanidad animal y su bienestar. Adicionalmente, la gestión reproductiva eficaz, la provisión mínima y suficiente de calostro para que el ternero reciba la inmunidad necesaria, el momento y técnica seleccionada para realizar el destete, el manejo antes, durante y luego de las intervenciones dolorosas (ej.: castración, descorne, ovariectomía, etc.), los procedimientos involucrados durante la manipulación e inspección de los animales, incidirán directamente sobre al menos una de las cinco libertades del bienestar animal. Por último, resulta importante mencionar que el nivel de capacitación del personal, la existencia de un plan de contingencia y el diseño de las instalaciones representarán factores claves que permitirán, en menor o mayor medida, realizar procedimientos de manejo acordes al bienestar animal.

1.3. Mercado bovino nacional

En los últimos años, el avance de la agricultura y la gran sequía provocaron una migración de la ganadería nacional hacia las regiones del NOA y el NEA, zonas que antiguamente eran consideradas marginales. Esto puede visualizarse claramente mediante los mapas de densidades del ganado bovino en la Argentina de los años 2008 y 2017 (figura 1.1). En los mismos puede observarse una disminución de los niveles de densidad en la región Pampeana, concomitante con un aumento en diversos sectores de las regiones NOA y NEA.

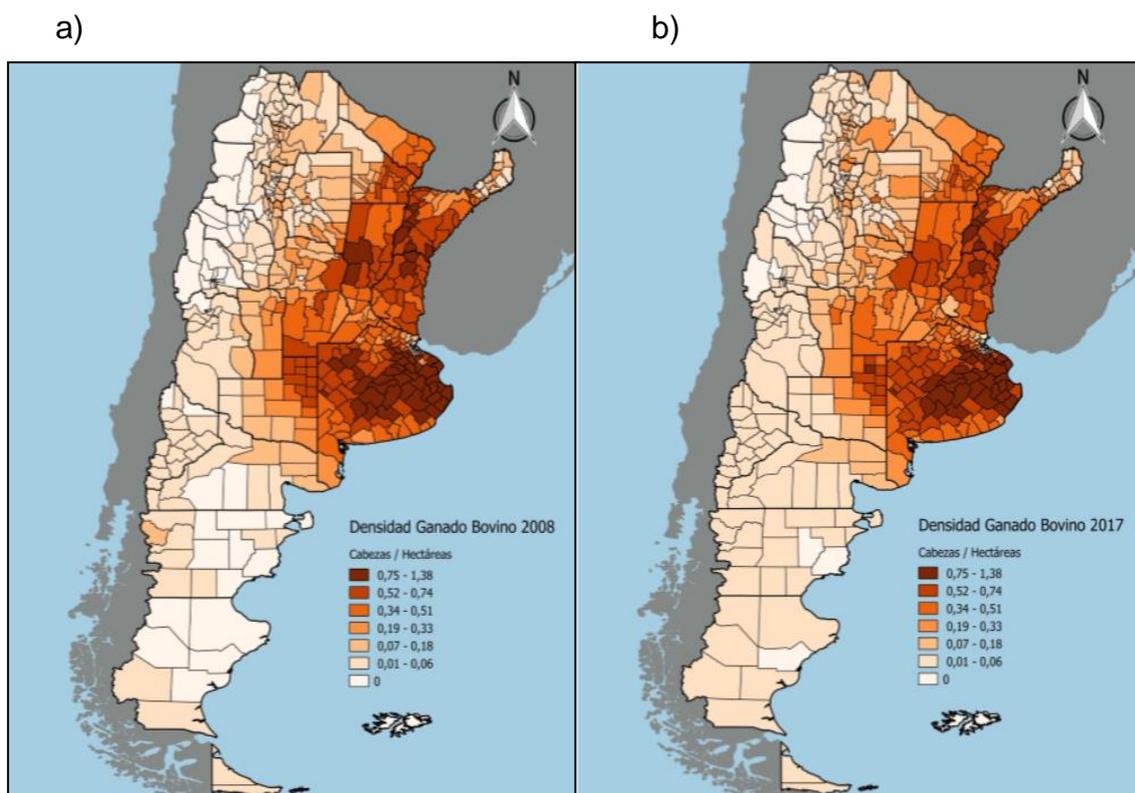


Figura 1.1. Mapas de densidades del ganado bovino argentino de los años 2008 (a) y 2017 (b).
Fuente: SENASA (2017), elaborado por la Dirección de Análisis Económico Pecuario de la Subsecretaría de Ganadería.

En la última década, el rodeo bovino a nivel nacional se ha caracterizado por poseer marcadas fluctuaciones. El mismo alcanzó sus niveles máximos en 2007, cercanos a los 60 millones de cabezas, seguido por una marcada disminución en los años 2010 y 2011, con valores inferiores a los 50 millones de cabezas. Desde el 2013, mediante modificaciones en la estrategia productiva, el stock comenzó a incrementarse nuevamente, de manera leve pero sostenida hasta el 2017, año en el que se alcanzaron valores que superaron los 53 millones de bovinos (figura 1.2). En dicha evolución, se mostró un crecimiento en el número de vacas, con una alta volatilidad en función del número de terneros obtenidos y un estancamiento en el número de las categorías más aptas para la producción de carne (novillos, novillitos y vaquillonas). Esto último, se ha verificado a lo largo del período 2012-2016, dado el volumen altamente condicionado por la zafra de terneros y la faena de animales muy livianos para el consumo interno, así como de la decisión de los productores acerca de enviar a faena un mayor o menor número de vacas (Ministerio de Agroindustria, 2017).

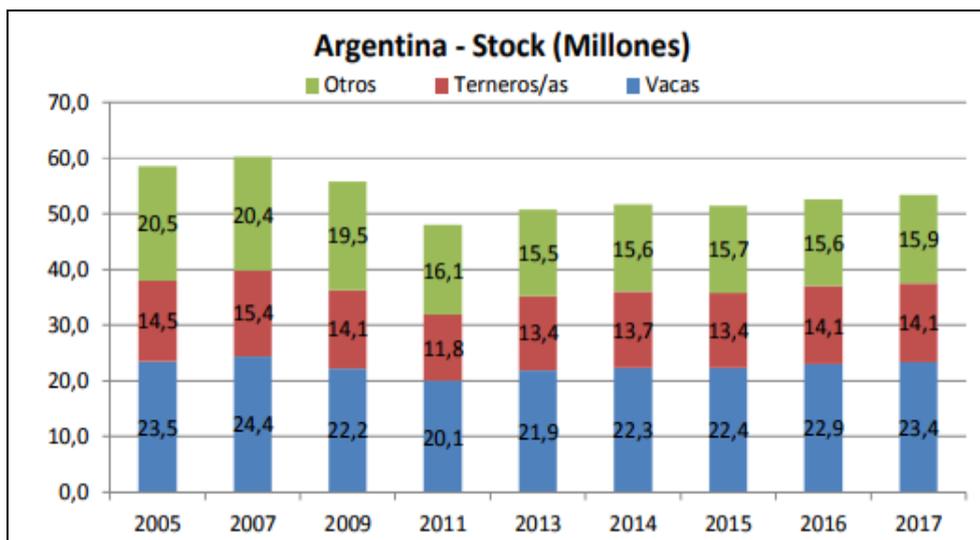


Figura 1.2. Evolución del stock bovino. Fuente: MINAGRI (2017).

La tendencia de la ganadería argentina a presentar bajos pesos promedio a la faena se originó en una creciente participación de las categorías de hacienda liviana en la faena total y una menor participación de los novillos. Al promediar el segundo trimestre del año 2007, los novillos y novillitos representaban el 45% de los bovinos faenados y los terneros y terneras sumaban un 18%. Durante el segundo trimestre de 2017, la participación de novillos y novillitos se mantuvo alrededor del 45%, la de los terneros y terneras se ubicó en aproximadamente el 25% de los bovinos faenados, con canales que presentaron valores promedio de 224,6 kg.

En términos de producción mundial de carne vacuna, Estados Unidos, Brasil, la Unión Europea y China totalizaron en 2014 cerca de 59 millones de toneladas, representando más de un 60% del total de carne vacuna producida. Para el año 2017, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) estimó un incremento interanual de 1,38%, alcanzando hasta 61,3 millones de toneladas, la mayor de la historia, contando con Estados Unidos y Brasil como principales partícipes (11,8 y 9,5 millones de toneladas de carne vacuna producida, respectivamente). Según datos del USDA, en la Argentina se han estimado 2,7 millones de toneladas de carne vacuna para ese mismo año.

De acuerdo a los últimos datos disponibles del Ministerio de Producción y Trabajo Argentina (2018), luego de alcanzar un máximo histórico en 2009 en donde se faenaron 16.053.055 bovinos, en el año 2018, ese valor se redujo a 13.452.830. A lo largo del primer semestre del año 2017, la producción de poco más de 1,35 millones de toneladas equivalente res, se destinó en un 10,4% a los mercados de exportación (140,6 mil toneladas equivalente res) quedando el 89,6% restante a disposición del mercado doméstico. Entre los principales países importadores del rubro que involucra

carne enfriada, congelada y procesada, en el 2016 China encabezó la lista con un 31,1% de la participación, seguido por Israel (18,9%), Chile (15,1%), Alemania (14,8%), Países Bajos (5,7%), Brasil (4,2%), Italia (2,1%), Rusia (0,8%) y Arabia Saudita (0,1%), mientras que el 7,1% de la participación restante se destinó a otros países que contaron con una participación menor al 0,1% de la carne exportada por la Argentina.

Pasando al plano del consumo de carne vacuna, de acuerdo a los datos arrojados por el USDA, a nivel mundial y en el año 2020 Argentina fue el país que más consumió carne vacuna por habitante con valores cercanos a los 50 kg per cápita, seguida por Uruguay (45 kg/habitante), Estados Unidos (38 kg/habitante), aclarando que si se tomara a Hong Kong como un territorio autónomo, este pasaría a ocupar la primera posición en el consumo de carnes vacunas con valores que en el mismo periodo rondaron los 69 kg/habitante/año. Realizando una comparación con el año 2015, el nivel de consumo de carne vacuna en nuestro país ha sufrido una merma, debido a diversas cuestiones, entre las cuales se destaca la pérdida del poder adquisitivo y del valor del producto comparado con el de la carne complementaria (porcina y aviar principalmente). Esto puede justificarse debido a que el precio promedio de la carne vacuna fue aumentando en mayor medida que la de la especie porcina, sumado a que el precio de la carne aviar fue de aproximadamente un tercio del precio de la misma, hechos que generaron una disminución en la intención de compra de la carne bovina. Un ejemplo claro de este fenómeno puede apreciarse dentro del período comprendido entre abril de 2015 hasta el mismo mes del 2016 (figura 1.3).

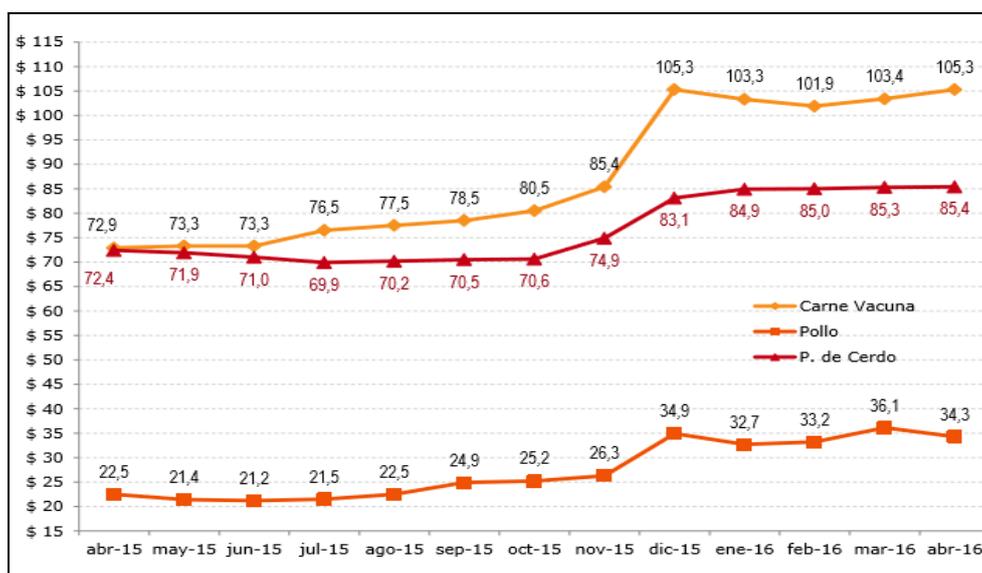


Figura 1.3. Evolución del precio en la carne vacuna, porcina y de pollo. Fuente: IPCVA (2017).

1.4. Normativa vigente

Como organismo madre, la OIE ha establecido normas internacionales mediante la elaboración de un Código Terrestre en el que se trata al bienestar animal en sistemas de producción de ganado vacuno de carne, durante el transporte y en las operaciones que preceden (y que permiten el sacrificio hasta) la muerte del animal destinado a consumo (OIE, 2016).

En base al Código mencionado, la Comisión Europea ha lanzado en el año 2009 el Reglamento (CE) 1099, relativo al bienestar animal al momento del sacrificio, normativa aplicable tanto en países pertenecientes como los que exportan a la Unión Europea.

Cabe recordar que Europa constituye una región donde el bienestar animal es intensamente valorado (European Council, 2005), hecho que ha llevado a que muchos países hayan adoptado su legislación para regular y controlar estándares ya reconocidos en la temática. En este sentido, en la Unión Europea, a partir del año 1997, un anexo al Protocolo de Ámsterdam brinda a los animales el estatus de “animales que sienten” (Oficina de Publicaciones de la Comunidad Europea, 1997), dejando atrás el concepto de mercancías o productos. Allí se establece legalmente obligatoria la consideración del bienestar animal al momento de dictar políticas en las áreas de agricultura, investigación, transporte y mercado interno.

Actualmente existe una comisión específica de la Unión Europea, responsable de analizar y asesorar sobre este tema. La misma se encuentra en la etapa de difusión de un “Plan de Acción” que fue implementado entre los años 2006 y 2010, en el que se ajustaron nuevas medidas y el cumplimiento de normativas y reglamentaciones de carácter obligatorio (Welfare Quality, 2009). En el mismo se han planteado 5 objetivos principales: incremento de los requerimientos mínimos de bienestar animal, capacitación de cuidadores y sensibilización del público en general, implementación y cumplimiento riguroso del principio de las “3R” a nivel experimental (reemplazo, reducción y refinamiento), estandarización de los indicadores de bienestar animal y continuidad en las estrategias y acciones internacionales para el logro de la sensibilización mundial sobre la temática.

A nivel nacional, la normativa del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) desarrollada directamente para abordar aspectos relativos al bienestar animal incluye, considerando lo elaborado hasta el año el 2021 (inclusive):

- la Ley 14.346/54, relativa a la protección de malos tratos y actos crueles en todas las especies;

- la Ley 18.819/70, destinada a la prohibición del uso de la maza como técnica de insensibilización en faena;

- la Resolución 1286/93 en la que, entre otras cuestiones, se pone foco en las prácticas de manejo referidas a bienestar animal;

- el Decreto 206/2001, en el que se detallan las condiciones ambientales y prácticas de manejo referidos a bienestar animal,

- la Resolución 413/2003, en la que se prohíbe la alimentación forzada de patos y gansos,

- la Resolución 25/2013, en la que se limita el uso de la picana eléctrica y otros elementos no recomendados por la OIE,

- la Resolución 46/2014, en la que se incorpora el capítulo XXXII de bienestar animal al Reglamento de inspección de productos, subproductos y derivados de origen animal (Decreto 4238/68),

- la Resolución 581/2014, por medio de la cual se crea el Registro Nacional Sanitario de Medios de Transporte de Animales Vivos, dando un detalle sobre las características técnicas que deben incorporarse para lograr la habilitación de los medios de transporte de animales,

- la Resolución 374/2016, la cual pone foco en aspectos tales como los sistemas de producción, de comercialización, de control y de certificación de productos orgánicos,

- la Resolución 329-2017, relativa al Registro Nacional de Establecimientos Pecuarios de Engorde a Corral,

- la Resolución 575-2018, en la que se establecen los requisitos para el bienestar animal en los sistemas productivos de pollos de engorde,

- la Resolución 893/2018, brindando el Marco Reglamentario para la Provisión de Équidos para Faena,

- la Resolución 1697/2019, en la que se exponen los nuevos requisitos para el bienestar animal en el ámbito pecuario y deportivo,

- la Resolución 924/2020, relativa a la Habilitación de predios concentradores de hacienda, y

- la Resolución Senasa 301/2021, en la que se consideran aspectos de la habilitación de establecimientos pecuarios dedicados a la extracción de material para la producción de hemoderivados equinos.

Por otra parte, en términos de animales de producción, el SENASA ha elaborado el Manual de Bienestar Animal, en el cual brinda un enfoque práctico para el buen manejo de especies domésticas durante su tenencia, producción, concentración,

transporte y faena; y la Guía de Buenas prácticas de bienestar animal en la faena de aves y lagomorfos.

En la actualidad, la Comisión de Bienestar Animal comandada por el SENASA y constituida por diversos organismos que trabajan en la temática, continúa trabajando en la creación y actualización de normas destinadas específicamente a las principales especies animales que son destinadas a producción de carne, leche, huevos, piel y fibra en Argentina, con el objetivo de minimizar la brecha existente entre la realidad y el ideal, en términos de brindar las mejores condiciones de bienestar de los animales.

Por su parte, la Organización Internacional de Normalización (ISO) ha lanzado la Especificación Técnica ISO 34.700 en el 2016, siendo ésta la primera normativa de la temática y cuyo objetivo está destinado a la gestión del bienestar animal e incluye los requisitos generales y la guía para organizaciones en la cadena de suministro de alimentos.

Adicionalmente, desde noviembre de 2011, el Comité de Interesados para el Bienestar Animal de GLOBALGAP, presentó un módulo voluntario que involucra especificaciones que superan las exigencias de los requisitos legales, definiendo los criterios a adoptar para lograr una certificación de los productores pecuarios que, en la actualidad, incluye a sistemas productivos de pollos para consumo y de cerdos en terminación.

1.5. ¿Cómo evaluar el bienestar animal?

Como se mencionó previamente, el bienestar animal es un concepto multidimensional. El mismo comprende tanto la salud física como la mental e incluye varios aspectos, tales como el confort físico, la ausencia de hambre y la enfermedad y las posibilidades de realizar comportamientos motivados, entre otros (Welfare Quality, 2009).

Al momento de evaluar el mismo, no existe un único indicador que refleje el estado de los animales. Para alcanzar este objetivo, es necesario acudir a un número mínimo de mediciones que permitan responder una determinada pregunta. Entre los requisitos necesarios para poder valorar al bienestar de los animales, los indicadores deben medir con base científica lo que se pretende evaluar (validez), proporcionar mediciones reproducibles con un determinado nivel mínimo de exactitud (fiabilidad), ser consistentes en el observador y entre observadores (concordancia), ser prácticos en cuanto a su aplicabilidad (factibilidad), priorizando las metodologías que no involucran técnicas invasivas.

En este sentido, existe una amplia gama de mediciones destinadas a evaluar el bienestar de los animales, las cuales pueden dividirse en dos grandes grupos. El primero de ellos corresponde a las mediciones directas o basadas en el animal e incluye a las variables fisiológicas, comportamentales, de salud y productividad y de calidad de carne. El otro grupo se centra en lo que se denomina mediciones indirectas, las cuales pueden basarse en los recursos (interacción animal-medio ambiente), en los procedimientos de manejo (interacción animal-hombre) o en la gestión que la unidad productiva o establecimiento realice en términos del bienestar animal.

Los animales difieren en su genética, experiencia temprana y temperamento y, por lo tanto, pueden experimentar el mismo ambiente de maneras diferentes. Incluso, los ambientes similares pueden ser manejados de manera diferente por el ganadero, afectando aún más la experiencia de los animales. Debido a que el bienestar es una característica propia del animal, siempre que sea posible hay que poner foco en la evaluación del bienestar a través de medidas basadas en los animales (Welfare Quality, 2009). Al momento de diseñar un determinado estudio y seleccionar los diversos grupos de este tipo de mediciones, resulta indispensable considerar el umbral de detección que posea cada tipo de indicador y relacionarlos con el nivel de estrés al que los animales estarán expuestos. En este sentido, las variables fisiológicas son las que suelen poseer umbrales de detección más bajos, seguidas por los indicadores comportamentales, los parámetros plasmáticos, los indicadores productivos y, por último, las mediciones de calidad de carne (figura 1.4).

Dado que las medidas basadas en los recursos (por ejemplo, el tipo de alojamiento y la densidad de población) o aquellas basadas en la gestión (por ejemplo, estrategias de mejoramiento y planes de salud) no representan una garantía directa del bienestar de los animales, las mismas suelen evitarse dentro de los protocolos. Sin embargo, en aquellos casos en que no se dispone de una medida basada en animales para comprobar un determinado aspecto de bienestar animal, o bien cuando dicha medida no es lo suficientemente sensible o confiable, las mediciones de los recursos o la gestión podrían ser utilizadas para comprobar, en la medida de lo posible, el estado de los animales.

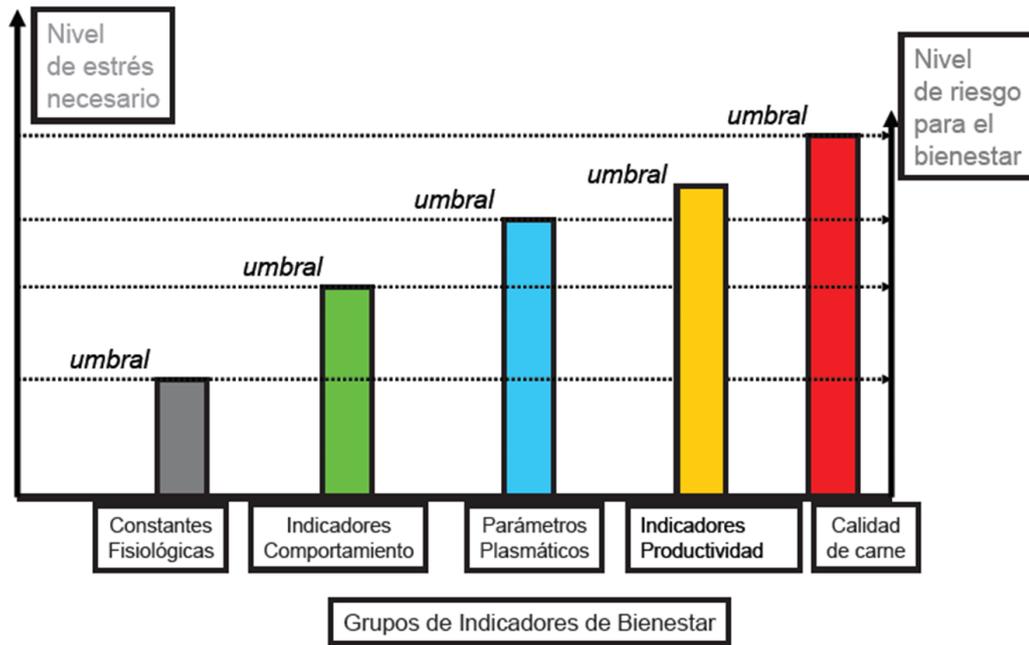


Figura 1.4. Magnitudes relativas de sensibilidad a los estresores de los diversos grupos de indicadores de bienestar animal. Esquema propuesto por Levrino (2009).

1.5.1. Indicadores comportamentales

En trabajos que involucren la evaluación del bienestar animal, recurrir al estudio del comportamiento presenta numerosas ventajas. No sólo por involucrar técnicas no invasivas, sino que en la mayoría de los casos también es no intrusiva, es decir, no genera disturbio alguno en los animales evaluados. Adicionalmente, el comportamiento es el resultado de todos los procesos de decisión propia del animal (Dawkins, 2004). Si a lo anterior se suma el hecho de que son mediciones prácticas y económicas, su uso apropiado constituye una herramienta objetiva en la evaluación del bienestar animal. A pesar de que el comportamiento individual o social de los bovinos varía según su raza, sexo, edad y su experiencia previa, existen ciertos patrones de comportamiento que son generales en la especie, razón por la cual han sido ampliamente recomendados por organismos tales como la OIE y el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (Grandin, 2010; Cobo-Ángel *et al.*, 2012).

Al momento de recurrir a la evaluación del comportamiento, la técnica de medición que se utilice debe tener en cuenta la naturaleza del problema y las cuestiones planteadas. En este sentido, el tipo de fenómenos que se descubren en un estudio refleja inevitablemente los métodos utilizados.

El comportamiento se encuentra constituido por un flujo continuo de movimientos y sucesos. Para poder medirlo, este flujo debe dividirse en unidades discretas o

categorías, cada una de ellas definidas de manera clara, exhaustiva y sin ambigüedad, posibilitando un criterio que otros observadores puedan comprender fácilmente. La observación del comportamiento proporciona cuatro tipos de medidas: latencia, frecuencia, duración e intensidad con la que se presenta una determinada pauta de comportamiento. Para poder direccionar correctamente la observación, es esencial poder identificar el método de registro adecuado, contando como alternativas de regla de muestreo focal, *ad libitum*, de barrido y de conducta; mientras que las reglas de registro disponibles son las de registro continuo o el de muestreo temporal (Martin y Bateson, 2007).

1.5.2. Indicadores fisiológicos asociados al estrés animal

Se sabe que el estrés es un estado de adaptación frente a uno o más factores físicos o psicológicos, acompañado de la alteración de la homeostasis. De este modo, condiciones como hambre, calor, miedo y ejercicio intenso, entre otros, pueden ser causantes de estrés y la respuesta fisiológica consiste en una serie de eventos que involucran los sistemas nervioso central, endócrino e inmunológico. El sistema simpático-médula-adrenal participa liberando catecolaminas (adrenalina, noradrenalina), las que provocan respuestas inmediatas que preparan al organismo para urgencias. Por otra parte, el eje hipotálamo-hipofisario participa liberando hormonas proteicas (factor liberador de corticotrofina, hormona adrenocorticotrófica) y la glándula adrenal posteriormente genera glucocorticoides (cortisol, corticosterona). En su conjunto, esta respuesta endócrina induce movilización de sustancias de reserva y pérdida de peso, entre otras modificaciones generadas.

Numerosos trabajos han utilizado diversas variables como indicadores directos o indirectos de estrés animal (Cooper *et al.*, 1995; Gallo y Lizondo, 2000; Tadich *et al.*, 2005), como ser niveles séricos de cortisol (indicador neuroendócrino primario de estrés), de fosfatasa alcalina (indicador enzimático inespecífico que puede responder a estimulación esteroidea) y de insulina (principal marcador anabólico); valores plasmáticos de creatinina (indicador del grado de degradación muscular) y el contenido muscular de glucógeno. En este sentido, en los animales de faena, el contenido de glucógeno muscular, tanto en el momento previo como inmediatamente posterior a la faena, es fundamental para la generación de niveles apropiados de ácido láctico durante el *rigor mortis*. Cantidades adecuadas de ácido láctico permiten lograr una correcta disminución del pH, y alcanzar un pH_f óptimo que garanticen la calidad organoléptica deseada de la carne obtenida.

Por su parte, los animales sometidos a determinadas condiciones de manejo pueden presentar deshidratación, la cual puede ser visualizada con el incremento en el

valor de hematocrito. Sin embargo, este parámetro puede incrementarse también como consecuencia de una contracción esplénica, la cual es activada por el aumento de catecolaminas circulantes inducidas por estrés. En este sentido, el dosaje de la concentración de proteínas séricas totales permitiría discriminar si un hematocrito elevado es consecuencia de deshidratación (aumento de la concentración) o de un incremento en los glóbulos rojos circulantes debido a contracción esplénica. El incremento en la síntesis y secreción de glucocorticoides inducido por estrés, así como niveles plasmáticos elevados de catecolaminas favorecen las vías metabólicas de glucogenólisis y gluconeogénesis, provocando un incremento en la concentración de glucosa circulante en una primera instancia (período agudo de estrés). Sin embargo, factores estresantes como el ayuno prolongado podrían ocasionar, en un plazo de tiempo mayor, una disminución de la glucemia, como consecuencia de su consumo. De este modo, el nivel de glucosa sérica contribuiría a determinar si el estrés que indujo los cambios metabólicos en el animal fue agudo o crónico.

1.5.3. Indicadores de calidad sensorial asociados al bienestar animal

Los eventos involucrados en el manejo general del ganado destinado a producir carne, además de representar los sucesos más estresantes, pueden provocar inconvenientes tanto en la calidad de la canal como de la carne obtenida (Gallo, 2010). En este sentido, son numerosas las publicaciones científicas que han evidenciado la relación directa entre el bienestar de los animales y la calidad de la carne obtenida (Hedrick *et al.*, 1959; Grandin, 1992; Smith *et al.*, 1993; Shackelford *et al.*, 1994; Scanga *et al.*, 1998; Gregory, 2008; Gallo, 2010). En muchos países, los productores y los responsables de los establecimientos frigoríficos han comenzado a comprender las causas que desembocan en dicho efecto y cómo proceder para prevenirlo. En la actualidad, se sabe que la calidad de la carne puede ser sensiblemente alterada en los últimos días, horas e incluso, momentos previos al sacrificio del animal (Gregory, 2008, Pighin *et al.*, 2015). Dichas causas suelen tener un denominador común: el estrés previo al momento de la faena. El mismo puede llegar a ser causado por las prácticas de manejo inadecuadas, las cuales pueden impactar negativamente sobre la calidad final de la carne obtenida por medio de mecanismos pH-dependientes y/o pH-independientes (Hedrick *et al.*, 1959; Voisinet *et al.*, 1997).

Una de las principales consecuencias de este fenómeno en la carne bovina es el incremento en la absorción de la luz incidente y en la capacidad de retención de agua, resultando en un corte oscuro, firme y seco, comúnmente llamado carne DFD (del inglés *dark, firm and dry*), con características indeseables para los consumidores (Lister, 1988). Mientras el pH normal de la carne de vacuno medido a las 24 horas *post*

mortem es de 5,3 a 5,7 (Forrest *et al.*, 1979), la carne DFD suele presentar valores de pH_f igual o mayor a 5,8 (Wirth, 1987).

De acuerdo a lo mencionado, resulta evidente la importancia de evitar, en la medida de lo posible, el estrés *peri mortem* mediante un manejo compasivo de los animales.

1.5.4. Salud y bienestar animal

Se ha postulado que existe una relación crítica entre la salud de los animales y su bienestar (OIE, 2016). De este modo, el estrés asociado a prácticas de manejo habituales puede reducir la respuesta inmune de los animales predisponiendo, de este modo, a la aparición de enfermedades e incluso muerte en individuos de mayor riesgo (Broom y Fraser, 2007).

Dentro de las llamadas enfermedades que afectan el tracto gastrointestinal, en su mayoría son ocasionadas por microorganismos patógenos con gran poder invasivo. Las enfermedades gastrointestinales afectan la digestión de los alimentos y la absorción de los nutrientes, producen diarrea y vómitos y, en consecuencia, desequilibrio electrolítico, debilidad y deshidratación de los animales. En numerosos casos se ven afectados los tejidos estomacales e intestinales por esta causa (Díaz Peñate, 2008).

El estrés generado a los animales es una de las causas que puede aumentar la prevalencia de enfermedades multifactoriales. Las condiciones de manejo que se traducen en estresores hacen que aumenten los niveles de cortisol y con esto, disminuyan los anticuerpos sanguíneos (inmunosupresión) hecho que se traduce en animales más propensos o susceptibles a diversas enfermedades. Si a esto se le suman otros factores, tales como el ayuno prolongado, en el cual se produce un incremento en el pH del ciego del animal, se genera una condición favorable para el crecimiento de enterobacterias (Velarde, 2011)

1.6. Situación actual en la Argentina

El escenario que exhibe nuestro país en términos de bienestar animal en la cadena productiva de la carne bovina muestra una necesidad de mejorar ciertos aspectos tales como el diseño de las instalaciones y las prácticas de manejo. Las mismas fueron desarrolladas oportunamente para alcanzar un determinado nivel de producción, sin considerar necesariamente al medio que se exponía a los animales, dificultando así el desarrollo del normal comportamiento animal y obteniendo como

consecuencia resultados adversos, tanto en términos de cantidad y calidad de carne producida, como en el rechazo creciente por parte de los consumidores.

El Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina (IPCVA) ha desarrollado una proyección que contempló el bienestar animal y las mermas en la producción de carne por decomisos, estimándose, por año, una pérdida económica aproximada de U\$S 12.590.000 (IPCVA, 2005). Un estudio más reciente en el que se evaluaron las prácticas relacionadas con el transporte terrestre de hacienda en Argentina (IPCVA, 2008) mostró que, debido a las lesiones traumáticas y a la depreciación por cambio de destino de venta por cortes con pH elevado y color oscuro (entre otras características), se pierden U\$S 3,15 por cada res, valor que se traduce en un perjuicio superior a los U\$S 42.000.000 en la faena anual bovina, equivalente al consumo de carne de unas 290.000 personas en nuestro país.

Considerando lo resaltado en los párrafos anteriores, la Comisión de Bienestar Animal liderada por SENASA se encuentra trabajando fuertemente tanto en ésta como en las demás cadenas productivas pecuarias (bovina y demás especies de consumo humano) que involucran animales, modificando resoluciones actualmente vigentes o creando nuevas, en pos de generar mejoras en las condiciones de manejo. Asimismo, se encuentra formalizando diversas capacitaciones de manejo del ganado, dirigidas principalmente al personal involucrado en el sector. Por su parte, el Subcomité de Bienestar Animal de IRAM se encuentra en pleno proceso de generación de normas que, además de posibilitar una certificación que valore los productos alimenticios, promuevan una mayor adopción de los establecimientos a las directrices elaboradas por la OIE. Por su parte, ya son conocidos los casos en los que diversas Cámaras representativas de diferentes sectores de la cadena han avanzado en la incorporación del bienestar animal como parte de la estructura de sus sistemas de gestión de la calidad. Si a lo anterior se suman los trabajos de investigación, desarrollo y transferencia que se están llevando a cabo en escenarios locales por parte de diversos grupos de especialistas, es de esperar que en el corto o mediano plazo emerjan mejoras tangibles que minimicen la brecha existente entre las necesidades de los animales y el ambiente al que éstos se encuentran sometidos.

1.7. Hipótesis general

Las condiciones de manejo del ganado en un sistema productivo bovino se reflejan en indicadores comportamentales, los cuales a su vez se relacionan específica y directamente con ciertos parámetros, a) fisiológicos, asociados al estrés animal, y b) de calidad del producto obtenido.

1.8. Objetivos generales de la tesis

- Analizar el impacto que generan diversos factores intrínsecos y extrínsecos de los sistemas productivos actuales sobre el bienestar animal en bovinos de carne.
- Evaluar la relación existente entre los indicadores comportamentales y los parámetros fisiológicos y de calidad de producto.

1.9. Referencias bibliográficas

- Anon, H. (1990). Procedures of Animal pain conference. Australian Council for the Care of Animals in Research and Teaching, 3: 11-14.
- Brambell, F.W.R. (1965). Report of the technical committee to enquire into the welfare of animals kept under intensive livestock husbandry systems. Londres: Her Majesty's Stationery Office.
- Broom, D.M. (1986). Indicators of poor welfare. British Veterinary Journal, 142: 524-526.
- Broom, D.M.; Fraser, A.F. (2007). Welfare assessment. En: Broom, D.M.; Fraser, A.F. Domestic animal behaviour and welfare. CABI Publishing, Wallingford. Cuarta edición. Capítulo 5: 58-69.
- Cobo-Ángel, C.; Varón-Álvarez, L.; Vélez, J. (2012). Indicadores conductuales de bienestar animal durante el presacrificio bovino. Veterinaria y Zootecnia, 6: 112-125.
- Cooper, C.A.; Evans, C.O.; Cook, S.; Rawlings, N.C. (1995). Cortisol, progesterone, and β -endorphin response to stress in calves. Canadian Journal of Animal Science, 95: 197-201.
- Dawkins, M.S. (2004). Using behaviour to assess animal welfare. Animal Welfare, 13: 3-7.
- Díaz Peñate, D. (2008). Enfermedades del ganado bovino. Publicación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México. [http://www.mundopecuario.com/buscador/ganado_bovinos.html] consultado 18 de julio de 2019.
- European Council. (2005). Council Regulation (EC) No. 1/2005 of 22 December 2004 on the protection of animals during transport and related operations and amending Directives 64/432/EEC and 93/119/EC and Regulation (EC) No. 1255/97. Official Journal of the European Union, L3: 1-44.
- FAWC. (1992). Updates the five freedoms. Veterinary Record, 17: 357.
- FAWC. (1993). Second Report on Priorities for Research and Development in Farm Animal Welfare. [<https://www.gov.uk/government/groups/farm-animal-welfare-committee-fawc>] consultado 14 de mayo de 2019.
- Forrest, J.C.; Aberle, E.D.; Hedrick, H.B.; Judge M.D.; Merkel, R.A. (1979). Propiedades de la carne fresca. En: Forrest, J.C.; Sanz Pérez, B. Fundamentos de Ciencia de la Carne. Editorial Acribia, Zaragoza. Primera edición. Capítulo 11: 215-234.
- Fraser, D.; Weary, D.M.; Pajor, E.A.; Milligan, B.N. (1997). A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. Animal Welfare, 6: 187-205.

- Gallo, C. (2010). Bienestar animal y buenas prácticas de manejo animal relacionadas con la calidad de la carne. En: Bianchi, G.; Feed, O.F. Introducción a la Ciencia de la Carne. Editorial Hemisferio Sur, Montevideo. Capítulo 13: 455-494.
- Gallo C.; Lizondo, G. (2000). Efectos de diferentes tiempos de ayuno antes del sacrificio sobre el contenido de glucógeno muscular y hepático y el pH final de la canal en novillos. XI Congreso Nacional de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Santiago, Chile. 25-27 de octubre de 2000. Resúmenes del XI Congreso Nacional de Medicina Veterinaria, 1: A28.
- García-Díaz, A. (2007). Animales mitológicos en la cultura de la India. Transcripciones de conferencias magistrales. Número 39.
[<https://mnculturas.files.wordpress.com/2013/04/animales-mitologicos-en-la-cultura-de-la-india.pdf>] consultado 24 de octubre de 2018.
- Grandin, T. (2010). Auditing animal welfare at slaughter plants. *Meat Science*, 86: 56-65.
- Grandin, T. (1992). Problems with bruises and dark cutters in harvest steers/heifers. En: Grandin, T. Improving the Consistency and Competitiveness of Beef. A Blueprint for Total Quality Management in the Fed-Beef Industry. The Final Report of the National Beef Quality Audit-1991. Colorado State University, Fort Collins.
- Gregory, N.G. (2008). Animal welfare at markets and during transport and slaughter. *Meat science*, 80: 2-11.
- Harrison, R. (1964). *Animal Machines: The New Factory Farming Industry*. Vincent Stuart Publishers, Londres. 186 páginas.
- Hedrick, H.B.; Boillot, J.B.; Brady, D.E.; Naumann, H.D. (1959). Etiology of dark-cutting beef. *Research bulletin of Agricultural Experiment Station - University of Montana*, 717: 1-59.
- Herranz, A. y López, J. (2004). *Bienestar animal*. Editorial Agrícola Española, Madrid. 496 páginas.
- Hughes, B.O. (1976). Behaviour as index of welfare. 5th European Poultry Conference. Geflügelkonferenz, Malta. 6-10 de septiembre de 1976. *Proceedings 5th European Poultry Conference*. 1: 1005-1018.
- IPCVA (2005). Evaluación de las prácticas ganaderas en bovinos que causan perjuicios económicos en plantas frigoríficas de la República Argentina. *Cuadernillo Técnico IPCVA*, 3: 40 páginas.
- IPCVA (2008). Evaluación de las prácticas relacionadas con el transporte terrestre de hacienda que causan perjuicios económicos en la cadena de ganados y carnes. *Cuadernillo Técnico IPCVA*, 5: 28 páginas.

- Levrino, G.A. (2009). Consecuencias de la intensificación sobre el bienestar animal en corderos. XXXIV Congreso Nacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC). Barbastro, España. 16-19 de septiembre de 2009. XXXIV Congreso Nacional SEOC, 1: 82-103.
- Lister, D. (1988). Muscle metabolism and animal physiology in the dark cutting condition. En Fabiansson, S.U.; Shorthose, W.R.; Warner, R.D. Dark Cutting in Cattle and Sheep. Proceedings of an Australian Workshop Australian Meat & Livestock Research & Development Corporation. CSIRO, Sydney. 19-25.
- Martin, P.; Bateson, P. (2007) Measuring behavior: an introductory guide. Cambridge University Press, Cambridge. Tercera edición.
- Ministerio de Agroindustria. (2017). [<http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/bovinos/index.php>] consultado 24 de octubre de 2018.
- Ministerio de Producción y Trabajo Argentina (2018). Faena bovina. Faena y producción de carne bovina 1998-2018. [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/bovinos/informacion_interes/informes/] consultado 25 de octubre de 2018.
- Oficina de Publicaciones de la Comunidad Europea. (1997). Treaty of Amsterdam amending the Treaty on European Union, the Treaties establishing the European Communities and certain related acts. Official journal Serie C, 340: 10.
- OIE (2016). Código Sanitario para los Animales Terrestres. Bienestar de los animales. [<http://www.oie.int.>] consultado 15 de noviembre de 2017.
- Pighin, D.G.; Davies, P.; Pazos, A.A.; Ceconi, I.; Cunzolo, S.A.; Mendez, D.; Buffarini, M.; Grigioni, G. (2015). Biochemical profiles and physicochemical parameters of beef from cattle raised under contrasting feeding systems and pre-slaughter management. *Animal Production Science - Australia*, 55(10): 1310-1317.
- Rodríguez-Estévez, V. (2016). Bienestar animal. Publicación de la Universidad de Córdoba, España. [www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/30_16_09_Binestar_Animal_VRE.pdf] consultado 22 de noviembre de 2017.
- Scanga, J.A.; Belk, K.E.; Tatum, J.D.; Grandin, T.; Smith, G.C. (1998). Factors Contributing to incidence of dark cutting beef. *Journal of Animal Science*, 76: 2040-2047.
- Shackelford, S.D.; Koohmaraie, T.L.; Wheeler, L.V.; Dikeman, M.E. (1994). Effect of biological type of cattle on the incidence of the dark, firm, and dry condition in the longissimus muscle. *Journal of Animal Science*, 72: 337-343.

- Smith, G.C.; Tatum, J.D.; Morgan, J.B. (1993). Dark cutting beef: physiology, biochemistry and occurrence. Colorado State University, Colorado, Estados Unidos.
- Tadich, N.; Gallo, C.; Bustamante, H.; Schwerter, M.; van Schaik, G. (2005). Effects of transport and lairage time on some blood constituent of Friesian-cross steers in Chile. *Livestock Production Science*, 93: 223-233.
- Troy, D.J.; Kerry, J.P. (2010). Consumer perception and the role of science in the meat industry. *Meat science*, 86 (1): 214-226.
- Velarde, A. (2011). Bienestar animal y calidad de carne. Curso de postgrado dictado en la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional del Litoral. 29 de septiembre – 1 de octubre de 2011. Esperanza, Santa Fe, Argentina.
- Voisinet, B.D.; Grandin, T.; O'Connor, S.F.; Tatum, J.D.; Deesing, M.J. (1997). Bos indicus-cross feedlot cattle with excitable temperaments have tougher meat and a higher incidence of borderline dark cutters. *Meat Science*, 46: 367-377.
- Welfare Quality. (2009) Assessment protocol for cattle. Welfare Quality Consortium, Lelystad, Netherlands.
- Wirth, F. (1987). Tecnología para la transformación de carne de calidad anormal. *Fleischwirtschaft Español*, 1: 22-28.

**2. ESTUDIO DE VARIABLES PRODUCTIVAS,
TEMPERAMENTO, BIOMARCADORES DE ESTRÉS Y
CALIDAD DE CARNE EN LAS CATEGORÍAS MACHO
ENTERO JOVEN Y NOVILLO DE LAS RAZAS ANGUS
NEGRO Y BRANGUS.**

2.1. Introducción

La actual demanda mundial de alimentos marca nuevas líneas en las necesidades de abastecimiento de productos procedentes de los sistemas de producción agropecuarios. Este nuevo escenario muestra que la demanda crece a un ritmo mayor que la oferta actual de los productos básicos para alimentación. En los sistemas actuales de producción se busca incrementar la eficiencia a corto plazo y, en este aspecto, la producción de carne no ha quedado exenta (Clemente y Monge, 2012).

Conociendo que, para los sistemas de producción de carne, la alimentación es el rubro que más repercute en el costo total de producción, se busca constantemente mejorar los niveles de eficiencia, dentro de la cual se destaca a la conversión de materia seca en carne como una de sus principales variables a mejorar.

En la Argentina, el uso de promotores de crecimiento no se encuentra permitido. Sin la necesidad de recurrir al empleo de anabólicos, los animales enteros son capaces de sintetizar naturalmente hormonas anabólicas como la testosterona, cuya presencia permite mejorar la eficiencia en el uso de los nutrientes aportados en la dieta (Clemente y Monge, 2012; De Rocco *et al.*, 2016). La producción de hormonas anabólicas naturales no es significativa sino hasta después de la pubertad, la cual en promedio se alcanza a los 10 meses de vida, aun cuando existen otros factores tales como la raza y el estado nutricional del animal que pueden modificar la edad de la pubertad. En consecuencia, la castración post-puberal generaría estrés en el animal con una consecuente reducción en su respuesta productiva y un mayor tiempo de recuperación de sus heridas, hechos que llegarían a diluir los efectos positivos que implicarían un animal entero.

Numerosas publicaciones científicas evidencian las ventajas en las tasas de ganancia y la eficiencia de alimentación de los machos enteros en comparación con los novillos (Bailey *et al.*, 1966; Davison y Miller, 1978; Purchas y Grant, 1995; Bretschneider, 2005; Clemente y Monge, 2012; Moletta *et al.*, 2014; Blanco *et al.*, 2020). Si bien en todos los experimentos se ha trabajado con animales de una misma edad y un mismo ambiente, las diferencias publicadas para las dos categorías presentaron distintas magnitudes, hecho que puede explicarse por la utilización de dietas, edades, tiempo de alimentación y razas diferentes (Davison y Miller, 1978; Moletta *et al.*, 2014). Con respecto a esta última variable, resulta importante poder estudiar el efecto que posee la raza, tanto sobre los parámetros productivos como en

aquellos asociados al temperamento y la calidad de la carne obtenida (Maggioni *et al.*, 2010).

2.1.1. Macho entero joven como categoría de faena

En la Argentina y hasta hace unos años, los bovinos machos que llegaban a la planta de faena en condición de enteros se los encuadraba dentro de la categoría de toro o, para el caso de los más jóvenes, de torito, aparejando una depreciación en términos de comercialización con respecto a la del animal castrado. En base a esta situación y teniendo en cuenta las necesidades del sector privado de explotar su potencial sin que exista ese castigo económico, a partir de una iniciativa público-privada se comenzó a trabajar en la generación de una nueva categoría de faena que posibilite potenciar la producción de los animales enteros (Iglesias *et al.*, 2020).

Conociendo que, en la etapa de engorde, y tomando como referencia a los machos castrados de la misma edad y raza ante condiciones similares de manejo, el bovino macho entero crece a una tasa superior, utiliza el alimento de modo más eficiente y produce una res de mayor rendimiento con un menor nivel de engrasamiento, lo cual posibilita arribar al peso de faena deseado en menor cantidad de tiempo (Clemente y Monge, 2012). Considerando que en otros países ya existía la participación de estos animales en los sistemas de producción de carne, en el año 2010, el entonces Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, a través de la Oficina Nacional de Control Comercial Agropecuario (ONCCA) estableció, a través de la Resolución 4906/2010, la creación de una nueva categoría de faena vacuna del Género *Bos* (especies *Bos taurus*, *Bos indicus* y sus cruza) denominada Macho Entero Joven (MEJ). Dicha categoría MEJ contemplaba al animal macho joven entero (con testículos), con hasta dos dientes incisivos permanentes al momento de la faena, cartílagos intervertebrales de la región sacra con incipiente osificación y músculo retractor del pene presente.

En la actualidad, aun conociendo las ventajas que presenta la categoría MEJ en términos productivos, las razones por las cuales la categoría novillo sigue prevaleciendo son variadas. Por un lado, existen aquellas que se asocian a los consumidores, con sus razones culturales y de mercado. Por otro lado, en cuanto a las características intrínsecas de la categoría, existe una incertidumbre en términos del efecto del temperamento (Sanz *et al.*, 1996; Fazio *et al.*, 2012; Zone, 2013; Lines, G., 2015; Arias *et al.*, 2016; De Rocco *et al.*, 2016) sobre la calidad de la carne obtenida. Al respecto, son numerosos los trabajos que destacan en esta categoría valores elevados de pH_f y prevalencia de cortes oscuros u otro problema asociado a carne oscura, firme y seca, conocida como carne DFD (Bailey *et al.*, 1966; Arthaud *et al.*,

1969; Watson, 1969; Puolanne y Aalto, 1981; Bartoš *et al.*, 1993; Daszkiewicz *et al.*, 2009; Węglarz, 2010). Dentro de los trabajos mencionados, en ciertas ocasiones no se dio precisión en cuanto a la edad de los animales, la raza evaluada o las condiciones de manejo de los animales tanto en la etapa de recría y terminación como en los momentos previos a la faena, hecho que podría ser determinante en la calidad de la carne obtenida.

A raíz de la generación de la nueva categoría de faena, resultará lógico que el MEJ obtenga cotización diferencial en el mercado de carnes argentinas. Para alcanzar el peso de faena de un ejemplar de esta nueva categoría es necesario ser eficiente. Sólo en un sistema de engorde a corral se alcanzan valores de aumento diario de peso vivo que permiten obtener un animal de 460 Kg en menos de 2 años. Teniendo en cuenta el marco actual de déficit de stock de invernada y para poder cumplir con los compromisos asumidos con los consumidores locales e internacionales, resulta sumamente positiva la inclusión del MEJ en el mercado nacional.

2.1.2. Métodos de castración: la brecha existente entre lo establecido y lo realizado

De acuerdo a lo establecido por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE, 2017), en el ganado vacuno de carne es frecuente llevar a cabo procedimientos quirúrgicos y no quirúrgicos para mejorar su rendimiento, facilitar la manipulación y mejorar la seguridad del hombre y el bienestar del animal. Sin embargo, si estos procedimientos no se aplican correctamente, pueden comprometer dicho bienestar. Entre estas prácticas aludidas, no hay lugar a duda de que la castración se encuentra entre las intervenciones más dolorosas y estresantes que el animal puede sufrir a lo largo de su vida. Se sabe que la castración tiene entre sus finalidades la de orientar el destino de producción, minimizar el temperamento agresivo para favorecer la seguridad humana y fomentar el bienestar animal mediante la merma de interacciones sociales agonísticas. La no realización de este procedimiento, atendiendo las necesidades que tiene el animal, repercutiría como factor de riesgo sobre la eficiencia productiva, la sanidad y el bienestar de los animales. Este último aspecto se evidenciaría en las complicaciones asociadas en la relación humano-animal, traduciéndose negativamente en las prácticas de manejo existentes.

Para evitar los efectos adversos mencionados, estas intervenciones deben llevarse a cabo en el momento propicio, mediante un método apropiado, con personal capacitado, contando con instalaciones adecuadas y recurriendo al uso de analgesia y anestesia, de tal modo que se cause el mínimo dolor y estrés al animal.

Los métodos de castración utilizados en el ganado vacuno incluyen la intervención quirúrgica para la ablación de los testículos, los métodos isquémicos y el aplastamiento y corte del cordón espermático. El ternero macho puede ser castrado mediante procedimientos cruentos o incruentos. Los métodos cruentos son aquellos que producen pérdida de sangre debido al uso de instrumentos cortantes; mientras que los procedimientos incruentos son aquellos que no producen dicho sangrado. Uno de los más comunes es la aplicación de bandas de goma sobre la base del escroto mediante el uso de instrumentos especiales. En la práctica, la castración "a cuchillo" es la de mayor uso (Bretschneider, 2005). En cuanto a la edad en la que se lleva a cabo esta práctica, si bien la OIE recomienda realizar la castración antes de los tres meses de edad del animal o, en su defecto, en la primera oportunidad de manipulación después de que alcancen esta edad, los terneros son tradicionalmente castrados entre los 6 y 9 meses de edad, al momento del destete, siendo esto una de las prácticas de manejo más estresante para el ganado (Bretschneider, 2005).

En la Argentina, al igual que en otros países, es frecuente realizar la castración a cuchillo como parte de la práctica cultural denominada "La Yerra", acontecimiento en el que se realizan varias prácticas de manejo propias del campo. Entre las principales prácticas llevadas a cabo, se destaca la marcación con hierro candente sobre el cuerpo del animal, la castración, el descorne, la aplicación de vacunas y/o antiparasitarios, entre otras que también requieren de la sujeción del animal. Si bien este evento tiene una connotación festiva para el público participante, los terneros son sometidos a un ambiente tan novedosos como estresantes en el que, ante el intento fallido de fuga, el animal es inmovilizado mediante el manejo, tumbado por las personas intervinientes y luego sujeto a los procedimientos mencionados previamente. La no utilización de analgesia, anestesia, métodos e instalaciones apropiados y la participación de personal no competente en términos de bienestar animal hacen que las prácticas realizadas se encuentren en contraposición con lo expuesto en la OIE (2017), evidenciando la predominancia del fenómeno cultural por sobre el resto de los aspectos éticos, sanitarios y normativos.

2.1.3. Importancia de la evaluación del temperamento de los bovinos

A través del proceso de domesticación de los animales a lo largo del tiempo y de las investigaciones realizadas, se han observado respuestas de comportamiento individuales frente a la presencia del hombre, las cuales difieren de una especie a otra, dentro de una misma especie y, a su vez, entre individuos de una misma manada. Estas diferencias entre individuos para afrontar al entorno, es decir, al ambiente en el

que éstos se encuentran sometidos, denominado *coping style*, tiene como base al conjunto de estrategias fisiológicas y comportamentales que un individuo utiliza para lidiar con una determinada situación estresante (Wechsler, 1995).

A mediados del siglo XX, Scott y Fredericson (1951) propusieron los términos “dócil” y “salvaje” en base al modo en que los animales reaccionaban ante la presencia del hombre. Estas respuestas comportamentales pueden variar desde manifestaciones de docilidad hasta miedo, desde falta de respuesta demostrada mediante inmovilidad para escapar, hasta conducta agresiva o ataque (Stricklin y Kautz-Scanavy, 1984). Esta caracterización le ha permitido al hombre identificar aquellos individuos que son más fáciles de trabajar en comparación con los que necesitan precauciones al momento del manejo (León-Llanos y Flórez-Díaz, 2016).

Posteriormente, numerosas publicaciones han incorporado un nuevo concepto dentro del estudio del comportamiento animal mediante el empleo del término “personalidad” (Gosling, 2001; Sih *et al.*, 2004; Müller y Schrader, 2005; Müller y von Keyserlingk, 2006). Dicho término hace referencia al comportamiento individual definido que difiere de los comportamientos exhibidos por otros individuos en situaciones similares (Eysenck, 1994), cuyos rasgos se pueden conservar en diferentes contextos (Müller y von Keyserlingk, 2006). No obstante, y aunque sea de mayor antigüedad, la variable comportamental de mayor utilización en la actualidad es el “temperamento”, definido como la reacción producida en un animal ante la presencia del hombre (Burrow y Dillon, 1997). Esta respuesta generalmente se atribuye al miedo (Fordyse *et al.*, 1982) u otros estímulos negativos asociados a la presencia humana (Boivin *et al.*, 1992). Otra de las definiciones prácticas del temperamento es la publicada por Maffei *et al.* (2006), la cual se basa en la intensidad de las reacciones que tienen los bovinos ante situaciones específicas de procedimientos de manejo. Desde un enfoque más amplio, Réale *et al.* (2007) definieron este término como el conjunto de aspectos psico-fisiológicos que determinan las reacciones emocionales, complejizando así su evaluación (Piovezan *et al.*, 2013).

De este modo, los animales de temperamento más reactivo son susceptibles de presentar mayor estrés durante actividades rutinarias como la marcación, la vacunación, la castración, el pesaje y el transporte; llevándolos a experimentar miedo, deshidratación, hambre y actividad física incrementada; conducentes a fatiga y lesiones variadas (Ferguson y Wagner, 2008).

Al igual que en los indicadores comportamentales mencionados inicialmente, el temperamento se encuentra afectado por diferentes factores, tales como raza, género, edad, manejo y genética (León-Llanos y Flórez-Díaz, 2016). Los animales con temperamento más excitable presentan generalmente una menor productividad,

asociado, en ciertos casos, con problemas de calidad de carne (Colditz *et al.*, 1999; Fell *et al.*, 1999; Petherick *et al.*, 2002; King *et al.*, 2006; Nkrumah *et al.*, 2007; Czyszter *et al.*, 2016; Cooke *et al.*, 2017) y una mayor dificultad y riesgo para manejarlos (Burrow, 2001; Biro y Stamps, 2008; Piovezan *et al.*, 2013). De este modo, se evidencia la importancia del conocimiento acerca del temperamento individual del ganado, dadas sus vastas implicancias prácticas y económicas.

En el contexto de la ecología comportamental, los estudios de los cambios de postura y posición tienen un enfoque poblacional, pero en los últimos años se ha comenzado a considerar el estudio del temperamento animal como una característica de evaluación individual, la cual podría ser utilizada para determinar la tendencia de un animal de ser más o menos agresivo, temeroso, agitado o reactivo.

A la hora de evaluar el temperamento de los bovinos, se destacan determinaciones tales como la velocidad de salida o *flight speed* (Burrow *et al.*, 1988), el score de agitación en la balanza (Fordyce *et al.*, 1982), el *crush score* o *chute score* (Voisinet *et al.*, 1997), el score de movimiento (Grandin, 1993) y el score de reactividad (Piovezan *et al.*, 2013). Las mismas se pueden clasificar en cuatro tipos de métodos (Aguilar, 2016), a citar, a) las pruebas comportamentales, b) las puntuaciones visuales con escalas de puntuaciones predefinidas, c) escalas de clasificación que involucran la apreciación del evaluador, y d) aquellas medidas automatizadas del registro de los comportamientos (Manteca y Deag, 1993; Sant'Anna, 2013). Como característica en común, cada una de las citadas metodologías son consistentes en el tiempo en evaluaciones repetidas sobre los mismos animales (Kilgour *et al.*, 2006; Petherick *et al.*, 2009; Aguilar, 2016). Sin embargo, las pruebas citadas presentan correlaciones significativas pero moderadas entre sí (Hoppe *et al.*, 2010; Cafe *et al.*, 2011; Turner *et al.*, 2011). Debido a esto, se ha propuesto utilizar diversas metodologías para posibilitar la evaluación de diferentes dimensiones del temperamento animal (Haskell *et al.*, 2014; Aguilar, 2016).

2.1.4. Antecedentes

Diversos estudios han demostrado que los terneros machos sufren un grado de dolor observable al momento de ser castrados (Fisher *et al.*, 1996; Ting *et al.*, 2003). En los mismos, la castración quirúrgica evidenció un mayor nivel de cortisol en plasma e inflamación, pudiendo verse limitada la tasa de crecimiento expresada en GDP de aquellos animales sometidos a dicho procedimiento, en comparación con los animales enteros (Fisher *et al.*, 1997, Ratcliff *et al.*, 2005).

De acuerdo a Kent *et al.* (1996), la castración reduce la agresividad y la actividad sexual al reducir los niveles de testosterona, y modifica las características de la carcasa al disminuir el número de animales con un pH muscular alto y consecuente presencia de cortes oscuros.

Por su parte, Ballou *et al.* (2013) evidenciaron el impacto negativo en términos de estrés expresado en indicadores tales como los niveles de leucocitos (neutrófilos), haptoglobina y cortisol, los cuales mermaron en intensidad en aquellos animales castrados bajo protocolos de analgesia y anestesia local; conclusión coincidente con la expuesta por Stafford y Mellor (2005).

Grandin (1993) atribuyó un efecto genético y de comportamiento en el temperamento. Al respecto, Tulloh (1961) había reportado hace varias décadas que los bovinos Angus eran más excitables que los Hereford, mientras que las cruasas sintéticas con Brahman presentaban una mayor reactividad en el cepto de sujeción, en comparación con animales de razas británicas. En términos de eficiencia productiva, Petherick *et al.* (2002) mostraron que, en un ensayo con bovinos mantenidos en confinamiento, los animales con temperamento más reactivo presentaron menor eficiencia de conversión, menor GDP y baja condición corporal, comparados con aquellos que presentaban temperamento menos reactivo. Este hecho se observó tanto en *Bos taurus* como en *Bos indicus* (Cafe *et al.*, 2011; Sant'Anna *et al.*, 2013). En contraposición, Holroyd *et al.* (2000) concluyeron que tales diferencias no fueron observadas en términos de GDP. Por su parte, Voisinet *et al.* (1997) y Fell *et al.* (1999) reportaron que los bovinos confinados clasificados como más reactivos generalmente crecen más lento, con menores niveles de GDP, condición corporal, peso vivo final y rendimiento en general.

Barbosa Silveira *et al.* (2012) reportaron la relación entre temperamento, variables productivas y de calidad de carne. En dicho estudio, independientemente del genotipo evaluado, el ganado de temperamento más reactivo presentó menores valores de GDP promedio, consumo de materia seca y conversión alimenticia, mientras que no se observaron diferencias en las variables de calidad de carne evaluadas, excepto en los novillos *Bos indicus* con temperamento calmo, los cuales presentaron mayores niveles de pH en la primera hora *post mortem*. Asimismo, se encontraron correlaciones moderadas, aunque significativas, entre valores de fuerza de corte mediante Warner Bratzler, luminosidad, pH_f y las variables asociadas al temperamento. Por su parte, de acuerdo a reportes de Fordyce *et al.* (1988), Burrow y Dillon (1997); King *et al.* (2006) y Cafe *et al.* (2011), en animales con temperamento más elevado pueden verse afectadas las características de calidad de la canal, por aumento en la frecuencia y el tamaño de los hematomas y por valores de pH_f por

encima de 5,8, ocasionando una disminución en la calidad sensorial de la carne obtenida.

2.2. Hipótesis del ensayo

Bajo las condiciones de estudio, la utilización de la categoría MEJ se traduce en animales con un temperamento más reactivo que el presentado por los novillos mantenidos bajo las mismas condiciones de terminación.

La diferencia existente en el temperamento se relaciona con las variables fisiológicas asociadas al estrés previo a la faena, con las variables productivas y/o con la calidad de la carne obtenida para las razas Angus Negro y Brangus.

2.3. Objetivos específicos del ensayo

- Evaluar si la raza (Angus Negro y Brangus) y la categoría (novillo y MEJ) presentan algún efecto sobre indicadores asociados al bienestar animal.
- Analizar el efecto de la raza y de la categoría sobre la cantidad y calidad de la carne obtenida.
- Relacionar el temperamento que presentan los bovinos con indicadores productivos, fisiológicos y de calidad de carne.

2.4. Materiales y Métodos

El presente estudio fue previamente aprobado (Id. 2017/8) por el Comité Institucional de Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

2.4.1. Lugar de desarrollo y diseño experimental

El estudio se llevó a cabo en un establecimiento situado en Rosario de Lerma, Valle de Lerma, Salta, Argentina (24° 98' S latitud, 65° 58' O longitud, 1.328 m.s.n.m.) desde agosto de 2013 hasta febrero de 2014. La clasificación climática de la región es Bsk (clima estepario frío) de acuerdo al sistema propuesto por Köppen y Geiger. En base a los datos históricos brindados por el Servicio Meteorológico Nacional (www.smn.gob.ar), la localidad presenta valores de temperatura promedio de 16,7 °C, con máximas de 28 °C en diciembre y mínimas de 3 °C en julio. El valor promedio de precipitación anual es de 580 mm, con mínimas de 2 mm en julio y máximas de 151 mm en enero.

Se utilizó un Diseño Completo Aleatorizado con arreglo factorial de dos factores (raza y categoría), con dos distintos niveles: Angus (AN) vs. Brangus (BRG) y Macho entero joven (MEJ) vs. Novillo (NOV), respectivamente. Las unidades experimentales cubrieron todas las posibles combinaciones de los niveles en los dos factores, que permiten el estudio de los efectos de cada factor y de las posibles interacciones entre factores sobre las variables respuesta. El modelo establecido fue el siguiente (Weber y Skillings, 2000):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \zeta_j + (\zeta\alpha)_{ij} + \xi_{ijk} \quad (1)$$

Donde

Y_{ijk} : es la respuesta de la k^{th} unidad experimental en el i^{th} nivel de α y j^{th} nivel de ζ .

μ : es la media general

α_i : el efecto i^{th} nivel de la raza

ζ_j : el efecto j^{th} nivel de la categoría

$(\zeta\alpha)_{ij}$: el efecto de interacción entre el i^{th} nivel de α y j^{th} nivel de ζ .

ξ_{ijk} : variables aleatorias no correlacionada e idénticamente distribuidas con media 0 y varianza σ^2

En la etapa de terminación (comienzo de las determinaciones), cada uno de los cuatro grupos fue ubicado en corrales independientes de 25 m de frente de comedero y 50 m de largo, otorgando aproximadamente 40 m²/animal.

En la etapa previa al estudio, los terneros destetados a los 4 meses de edad fueron recriados sobre pasturas de alfalfa con suplementación. Antes de entrar a los corrales de engorde, la mitad de los animales de cada raza fue sometida a la castración quirúrgica, sin recurrir al uso de anestesia ni analgesia. Dicho procedimiento fue realizado en el mismo establecimiento en el que se llevó a cabo el estudio, y con el mismo personal involucrado en el manejo del ganado. En dicho evento, sobre el total de los animales se realizó la práctica de marcado mediante la técnica de hierro candente. Para llevar a cabo estos procedimientos, la técnica utilizada constó en ingresar grupos de 5 animales a un corral, seguido del ingreso del personal involucrado en el manejo del ganado, el cual, mediante el uso del lazo procedió a la inmovilización y tumbado del animal en decúbito lateral procediendo a la castración con cuchillo en aquellos animales seleccionados para tal práctica.

Del total del rodeo, se seleccionaron al azar 128 animales, de los cuales 64 terneros eran BRG y los 64 restantes AN, de similar edad y peso al comienzo del ensayo (9 meses y 238±4 kg), momento coincidente con el inicio a la etapa de terminación a corral. Los animales fueron engordados durante 179 días utilizando una dieta compuesta por silaje de planta entera de maíz (41%), grano de maíz partido (35%), silaje de alfalfa (20%), urea granulada (1,5%) y núcleo vitamínico-mineral con monensina (2,5%). En cada corral se suministró diariamente una cantidad conocida de alimento con un 10% superior a la ingesta esperada (base MS), de modo de permitir una ingesta sin restricciones. El alimento fue suministrado dos veces al día (50% en cada comida), para permitir el exceso de alimento en ambos momentos de alimentación.

Para la faena y obtención de muestras de carne, los animales fueron trasladados al frigorífico situado a 500 metros del *feedlot* en donde se llevó a cabo el estudio. El transporte de los cuatro grupos evaluados se realizó por separado (es decir, MEJ-AN, MEJ-BRG, NOV-AN y NOV-BRG), en camiones propios del establecimiento, asignando a cada uno corrales de espera independientes. El tiempo transcurrido entre el último suministro de alimento y el momento del sacrificio fue de 38 ± 2 horas. Los operarios encargados del manejo recurrieron al uso de banderas para el arreo de los animales en las etapas de descarga, conducción hacia los corrales de espera y el traslado hacia el cajón de noqueo. El método de aturdimiento utilizado fue el de electronarcosis (colocación de electrodos a ambos lados de la cabeza, con pasaje de conducción eléctrica) en el cajón de noqueo desprovisto de sistema de sujeción.

2.4.2. Animales y mediciones

Durante todo el período de terminación se pesaron los animales para evaluar la GDP, hasta que los mismos alcanzaron los 14 meses de edad. Durante los últimos dos meses de engorde, se llevaron a cabo las mediciones comportamentales de temperamento y conductas sociales.

Para la evaluación de rendimiento de la canal, rendimiento carnicero, parámetros fisiológicos y calidad de carne se realizó un sub-muestreo seleccionando al azar 8 animales por cada grupo evaluado. Se colectaron muestras de sangre al momento del sangrado realizado en la faena post-insensibilización. Se tomaron muestras en tubos con EDTA y sin anticoagulante, se centrifugaron a 2.000 rpm (CM 2036, ECyS-Rolco, Argentina) para separar plasma y suero, respectivamente, y se almacenaron a -18 °C para su posterior análisis. De los mismos animales se tomaron muestras de bloque de bife (costillas anatómicas 8° a 13° del músculo *Longissimus dorsi*) correspondientes a la media canal derecha para la evaluación de calidad de carne. En cuanto al procedimiento de muestreo de sangre, se aclara que por cuestiones operativas no se pudo recolectar las muestras pertenecientes a los bovinos MEJ-BRG, motivo por el cual para el análisis de indicadores fisiológicos sólo se pudo realizar la comparación entre MEJ y NOV en aquellos bovinos AN, evaluando el efecto de la categoría en esta raza; así como la comparación entre AN y BRG para la categoría NOV, evaluando en este caso el efecto de la raza para esta categoría.

El análisis de indicadores fisiológicos y de calidad de carne se realizó en el Instituto Tecnología de Alimentos del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del INTA (Castelar, Buenos Aires).

2.4.3. Evaluación de indicadores productivos

Para la evaluación de la GDP, los animales se pesaron al inicio y luego cada 28 días, aproximadamente, logrando un total de 7 registros durante el período de la experiencia. Para el análisis de esta variable, se consideró como covariable el valor inicial de peso al comienzo de la etapa de engorde.

Para determinar el rendimiento de la canal caliente, luego de faenar los animales se pesaron ambas medias canales. Seguido a esto, se despostó la media canal derecha, pesando cada uno de los once cortes carniceros que se describen en la siguiente tabla:

Tabla 2.1. Descripción de los cortes carniceros utilizados

Corte carnicero	Descripción
Paleta	Músculos tríceps y ancóneo, ubicados en la fosa infraespinosa de la escápula y conectados al húmero. Desechando los huesos de la escápula y húmero, y cortando el garrón delantero (osobuco o brazuelo, huesos ulna y radio).
Matambre	Músculo cutáneo del tronco. Es la primera pieza que se quita de la media res y cubre todo su flanco a lo largo, entre la paleta y el cuarto trasero.
Tapa de asado	Músculo pectoral profundo. En el extremo anterior de la falda, se retira el músculo que recubre las costillas, obteniéndose este corte.
Azotillo	Músculo trapecio cervical. Se encuentra recubriendo la región del cogote (primeras vértebras cervicales).
Entraña	Músculo diafragma. Se encuentra por la parte interna de la media res, adherida a las costillas.
Vacío	Músculos oblicuo externo, oblicuo interno, transverso y recto del abdomen. Limita en dorsal con los bifes angostos (apófisis transversas de las vértebras lumbares), anteriormente con la última costilla (costillar), ventralmente con la línea alba y por detrás con el tensor de la fascia lata (palomita). En la hembra está cubierto por la ubre, la cual se extrae previamente.
Brazuelo (osobuco)	Extremo inferior del miembro delantero de la res, compuesto por los huesos radio y ulna y los músculos que los rodean.
Asado a 13 costillas	Abarca toda la parrilla costal. Sus límites son: hacia ventral la zona esternal donde están ubicados el pecho y la falda, hacia craneal limita con el brazuelo y la región cervical donde se halla el cogote, hacia dorsal con aguja, bife ancho y bife angosto, y hacia caudal con la región abdominal donde limita con el vacío (del cual se separa).
Aguja con cogote	Corte compuesto, ubicado en la región dorsal cervical. Limita hacia caudal con los bifes anchos y hacia ventral con la regiones escapular y braquial. Participan en su constitución dos cortes incluidos en este producto: aguja y cogote (este último con un menor porcentaje de volumen muscular que aquel utilizado para la preparación de consumo).
Bife angosto con lomo a 4 costillas	Corte ubicado en la región dorso lumbar, integrado por el bife angosto y el lomo. Limita hacia craneal con el bife ancho, hacia caudal con el cuadril y hacia ventral con el vacío y parte del asado.
Pierna mocha	Corte compuesto que abarca las regiones sacro coxal, femoral y tarso tibial. Está constituido por los siguientes cortes: cuadril, colita de cuadril, bola de lomo, nalga de adentro, cuadrada, peceto, tortugueta y garrón

2.4.4. Evaluación del temperamento

La evaluación del temperamento se llevó a cabo utilizando dos metodologías, las cuales fueron empleadas mediante dos observadores. La primera de ellas, el *test* del *score* de reactividad (TSR), desarrollada por Fordyse *et al.* (1985), adaptada por Piovezan *et al.* (2013) y descrita por Aguilar (2016), que se define como la combinación de los *scores* de movimiento (SM), de postura corporal (SPC), del nivel de tensión (ST) y de la intensidad respiratoria (SIR). La descripción de los mencionados *scores* se muestra en la tabla 2.2, los cuales se registraron luego de observar durante los primeros 4 segundos desde que el animal ingresó a la balanza y se cerró la puerta de ingreso. De acuerdo a la metodología citada, también se registraron los *scores* de vocalización y patadas (puntuación 0 y 1, en caso de

ausencia u ocurrencia, respectivamente), pero como estos comportamientos se dieron en muy baja frecuencia, no fueron considerados para el cálculo del TSR, definido como la suma de SM, SPC, ST y SIR. A partir de los valores obtenidos del TSR, se procedió a realizar la clasificación del temperamento en bajo ($TSR \leq 2$), intermedio ($2 < TSR \leq 4$) y alto ($TSR > 4$).

Tabla 2.2. Descripción de las categorías de comportamiento para la evaluación del temperamento.

Categoría de comportamiento	Definición del score
Score de movimiento (SM)	1 = sin movimientos. 2 = pocos movimientos (durante menos de la mitad del tiempo de observación). 3 = movimientos frecuentes (durante al menos la mitad del tiempo de observación). 4 = movimientos constantes y vigorosos, con intentos de girar el cuerpo o la cabeza hacia atrás. 5 = movimientos constantes y vigorosos en donde el animal salta elevando sus pezuñas delanteras al menos 2,5cm del suelo.
Score de postura corporal (SPC)	1 = de pie, donde el animal mantiene apoyado en el suelo los cuatro miembros con las pezuñas. 2 = arrodillado, cuando en algún momento el animal cambia de punto de apoyo en el suelo de las pezuñas por las rodillas y/o las dos pezuñas traseras. 3 = acostado, cuando en algún momento el animal tiene el vientre en contacto con el suelo, sin apoyo en las pezuñas.
Score de tensión (ST)	1 = relajado, cuando el animal presenta tono muscular regular y no exhibe movimientos bruscos de su cola y/o cabeza y cuello. 2 = alerta, cuando el animal presenta movimientos bruscos de cola, cabeza y cuello, con ojos afligidos, forzar la puerta de salida y sin movimientos durante más de la mitad del tiempo. 3 = tenso, cuando el animal presenta movimientos muy bruscos de cola, cabeza y cuello, con ojos afligidos, forzar la puerta de salida, haciendo movimientos frecuentes y vigorosos en general. 4 = muy tenso, cuando el animal presenta temblor muscular.
Score de intensidad respiratoria (SIR)	1 = respiración normal, rítmica y poco o no audible. 2 = respiración rítmica fácilmente audible. 3 = respiración no rítmica, resoplando y bufando.
Test de score de reactividad (TSR)	1 = con sumatoria de scores menores o iguales a 6. 2 = con sumatoria de scores igual a 7. 3 = con sumatoria de scores igual a 8. 4 = con sumatoria de scores igual a 9. 5 = con sumatoria de scores igual a 10. 6 = con sumatoria de scores igual a 11. 7 = con sumatoria de scores igual o mayor a 12.

La segunda metodología utilizada fue el score VS a la salida de la balanza, de acuerdo a la metodología propuesta por Lanier y Grandin (2002). En la misma, se realiza una clasificación en base a la escala ordinal 1: salida caminando, 2: salida trotando y 3: salida corriendo de la balanza. En ambas metodologías, se calculó el

coeficiente *kappa* de *Cohen* para evaluar concordancia entre los 2 observadores obteniendo en los dos casos valores superiores al 90% (Cerdea y Villarroel, 2008).

2.4.5. Evaluación de indicadores fisiológicos

El hematocrito (Hto) se midió inmediatamente de obtenidas las muestras de sangre anticoaguladas con EDTA mediante el método de centrifugación (Hettich, 1995). Brevemente, se tomó una pequeña muestra de sangre en capilar de 75 mm de longitud y diámetro interno de 1,4 mm (Biocap®, Argentina) sin heparina. Se selló el capilar en su borde inferior con plastilina y se colocó en posición sobre el disco rotor de la microcentrifuga (Cavour®, VT-1224, Argentina). La medición de la micro-eritrosedimentación se llevó a cabo con una regla milimétrica desde el borde superior midiendo el volumen total de plasma hasta los eritrocitos (L_2) y la altura total de la columna de líquido (L_1). Los valores se expresaron como porcentaje del cociente $L_2/L_1(\%)$.

En las muestras de suero sanguíneo se cuantificó la concentración de proteínas totales (PT) mediante el método de Bradford (1976), utilizando como estándar seroalbúmina bovina (Sigma-Aldrich, EEUU). Dicho método se basa en la unión mediante interacciones electrostáticas del colorante Coomassie Blue a las proteínas presentes en la muestra, desarrollándose un color azul con máximo de absorción a 595 nm. Dicha absorbancia fue medida utilizando un espectrofotómetro UV-VIS (Lambda Bio 20, Perkin Elmer, EEUU). Los resultados se expresaron como g/100mL (g%).

La concentración de glucosa en los plasmas fue determinada utilizando un kit enzimático comercial (GOD/POD, Wiener lab, Argentina). Dicho método espectrofotométrico de punto final produce un compuesto coloreado que absorbe en el espectro visible (505 nm). Dicha absorbancia perteneciente a cada muestra fue medida utilizando un espectrofotómetro UV-VIS (Metrolab 330, Argentina). Los resultados se expresaron en mmol/Lt (mM).

La concentración de cortisol se determinó en suero sanguíneo utilizando kit comercial ELISA (DIASource ImmunoAssays SA, Bélgica). Dicho método se fundamenta en la reacción inmune competitiva entre un antígeno marcado con una enzima y los antígenos no marcados presentes en las muestras con los sitios de unión de los anticuerpos fijos a la microplaca. La reacción enzimática da como resultado un compuesto coloreado que absorbe en el espectro visible (450 nm) y la intensidad del color es inversamente proporcional a la concentración de cortisol en las muestras. La lectura de la absorbancia de las microplacas se realizó en un espectrofotómetro UV-VIS Perkin Elmer (Lambda Bio 20, EEUU). La concentración de cortisol se calculó

sobre la base de la curva de calibración y los valores de absorbancia obtenidos para cada una de las muestras. Los resultados se expresaron en µg/dl.

La concentración plasmática de la enzima creatin kinasa (CK) se cuantificó mediante kit comercial de método cinético UV optimizado (Wiener Lab, Argentina), llevando a cabo la macrotécnica a 25 °C. La cinética de reacción catalizada por la enzima CK fue llevada a cabo mediante medición a 340 nm en espectrofotómetro UV-VIS Perkin Elmer (Lambda Bio 20, EEUU). Los resultados se expresaron como UI/Lt.

La concentración plasmática de L-lactato se determinó mediante el método espectrofotométrico de punto final utilizando kit comercial enzimático (Randox, Reino Unido). Las determinaciones se realizaron a una longitud de onda de 550nm y los resultados obtenidos se expresaron como mmol/Lt (mM).

2.4.6. Evaluación de calidad de carne

En las muestras de carne obtenidas, el análisis de fuerza de corte se realizó con cizalla de Warner-Bratzler de acuerdo a la metodología desarrollada por la *American Meat Science Association* (AMSA, 1995). El análisis instrumental de color se midió con un espectrocolorímetro BYK-Gardner (modelo 9000), utilizándose la escala de color CIELab en muestras preparadas de acuerdo a los lineamientos AMSA (1991). Se determinaron los parámetros adimensionales L* (claridad), a* (coordenada verde – rojo, *redness*) y b* (coordenada azul – amarillo, *yellowness*). Las mediciones de pH_f (24h *post mortem*) se realizaron con pHmetro portátil de punción con sonda de temperatura Testo 205 (Alemania). La capacidad de retención de agua se midió de acuerdo a los métodos de jugo exprimible (Jauregui *et al.*, 1981) y mermas por cocción (Grigioni, 2011). Adicionalmente, se llevó a cabo el análisis de perfil de textura (TPA) de acuerdo a la metodología descrita por De Ávila *et al.* (2014), determinando los parámetros fracturabilidad, dureza, adhesividad, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad, cuya descripción se detalla en la tabla 2.3.

Las determinaciones de análisis sensorial se realizaron siguiendo las normas IRAM 20001 (vocabulario), 20002 (directivas generales para la metodología), 20014 (evaluación de productos alimenticios por métodos utilizando escalas), 20017-1 (guía general para el *staff* de un laboratorio de análisis sensorial - parte 1: organización y responsabilidades del personal), 20017-2 (guía general para el *staff* de un laboratorio de análisis sensorial - parte 2: reclutamiento y entrenamiento de los líderes del panel para un análisis descriptivo) y 20019 (guía general para establecer un perfil sensorial). Para dicho análisis, las muestras fueron acondicionadas según lineamientos generales de AMSA (1995).

Tabla 2.3. Descripción de los parámetros evaluados mediante análisis TPA.

Parámetro	Definición	Determinación	Unidad
Dureza	Fuerza necesaria para lograr una deformación determinada. Representa la dureza de la muestra durante la primera masticación.	Fuerza máxima para comprimir la muestra durante el primer ciclo de compresión.	Newton (N).
Cohesividad	Fuerza de los enlaces internos que mantiene la estructura de una muestra (Szczesniak, 1963). Representa la resistencia de un material a una segunda deformación con relación a como éste se comportó en un primer ciclo de deformación. Mide el trabajo realizado en la segunda compresión dividido por el trabajo durante la primera compresión (Bourne, 1978). La relación (adimensional) de la fuerza positiva durante el segundo a la del primer ciclo de compresión (sólo movimientos hacia abajo). La fuerza de los enlaces internos que componen el cuerpo de la muestra.	Relación entre el área positiva del segundo ciclo de compresión (A2) y el área positiva del primer ciclo (A1). Excluye la porción de áreas durante la descompresión de la muestra (Szczesniak, 1963; Bourne, 1978).	Relación A2/A1.
Elasticidad	Capacidad que tiene una muestra deformada para recuperar su forma o longitud inicial después de que la fuerza ha impactado en ella.	El cociente L2/L1.	Adimensional. Una longitud dividida por la otra longitud.
Masticabilidad	Fuerza necesaria para masticar un alimento sólido hasta un estado tal que permita su ingesta.	Producto de la dureza, cohesividad y elasticidad	Newton (N).

Fuente: Szczesniak (1963) y Bourne (1978).

El contenido de grasa intramuscular fue determinado por duplicado mediante el método de Soxhlet (Association of Official Analytical Chemists, 1999), con destilación continua en hexano a partir de 5 g de muestra (músculo LD libre de grasa externa y picado cuidadosamente). Se utilizó un equipo "Soxtec System HT 1043 Extraction Unit" de la marca FOSS Tecator (Suecia) para la extracción de grasa y una estufa (ORL–Hornos eléctricos, mod.: NZ-1105, Argentina). Los resultados se expresaron como porcentaje (%).

El perfil de composición de ácidos grasos (AG) se determinó mediante cromatografía de gases, previa extracción de los lípidos mediante método de Folch, Lees y Stanley (1957) y metilación ácida (metanol + HCl 4 %) de los AG presentes de acuerdo a Juárez *et al.* (2008). Los metilésteres fueron resueltos en cromatógrafo gaseoso (Varian CP 3800, Walnut Creek, CA - USA), provisto de una columna capilar de sílice Varian WCOT Fused Silica de 100 metros x 0,25 mm Coting CP-Sil 88 for FAME DF=2.0, y utilizando como gas portador nitrógeno ultra puro. Las temperaturas

del detector de ionización de llama (FID) y del inyector 1079 se establecieron en una temperatura de 250 °C. El programa del horno de la columna utilizado fue: inicio en 70°C durante 4 min, se elevó la temperatura hasta los 170°C a razón de 8°C/min, manteniéndola durante 25 min, luego se elevó a 200°C a razón de 2,5 °C/min y se lo mantuvo a esa temperatura durante 15 min., luego se llevó a 220°C a razón de 5°C/min y se lo mantuvo 5 minutos. Los AG fueron identificados mediante comparación de sus respectivos tiempos de retención con los estándares conocidos (PUFA N°2, Animal Source, Supelco, USA). El perfil de composición de AG fue expresado en forma porcentual con respecto al total de AG identificados. Dicho porcentaje, referido al contenido de lípidos totales, permitió también expresar el contenido de AG por peso de muestra (*M. Longissimus dors*).

2.4.7. Relación entre temperamento y variables productivas, fisiológicas y de calidad de carne

Dado que el temperamento no fue fijado como un factor dentro del diseño experimental, el cual contempla los factores raza y categoría, la relación entre el temperamento y las demás variables estudiadas en el presente trabajo se llevó a cabo mediante una comparación general. En base a esto, con la finalidad de situar el foco sobre el efecto generado en las demás variables, y dado el escaso número detectado de animales con temperamento bajo, la comparación se llevó a cabo considerando la clasificación TSR sólo entre los animales de clasificación de temperamento bajo-moderado y aquellos de temperamento elevado.

A partir de esta reagrupación, se estudió la relación entre temperamento con las variables productivas expresadas en los niveles de GDP y rendimiento de la canal, fisiológicas (cortisol, lactato, glucemia, creatin kinasa, PT y hematocrito) y de calidad de carne fresca y madurada (pH_f, fuerza de corte, capacidad de retención de agua expresada en mermas por cocción y jugo exprimible, L*, a*, b*, terneza glogal, terneza de fibra y jugosidad). Para ello, considerando el número de animales, los tres niveles se los volvió a agrupar en dos, asumiendo una distribución normal se aplicó la prueba T de Student para hallar las posibles diferencias entre los dos niveles de dicha clasificación.

2.4.8. Análisis estadístico

El análisis estadístico de las variables productivas del experimento (1) se llevó a cabo mediante análisis de varianza (ANOVA). La prueba T de Student fue empleada para evaluar los efectos significativos ($p < 0,05$) de dos niveles de los factores

principales. La prueba de Tukey fue empleada para las comparaciones múltiples, donde el efecto de interacción fue significativo ($p < 0,05$). Además, en el caso de la variable respuesta GDP, se consideró como covariable al valor inicial de peso al comienzo de la etapa de engorde, el cual no fue significativo ($p > 0,05$).

El análisis estadístico de las variables comportamentales asociadas al temperamento fue un análisis descriptivo focalizado en las frecuencias relativas porcentuales, a partir de los valores de ranking obtenidos de las variables utilizadas para evaluar el temperamento, donde se recurrió a la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para dos muestras independientes. Los coeficientes de correlación se llevaron a cabo mediante la prueba de Spearman bilateral, empleado para medir el grado de asociación existente entre las variables de temperamento estudiadas (Martínez Ortega *et al.*, 2009).

Por su parte, se empleó el análisis de componentes principales (PCA) con aquellos parámetros que resultaron significativos, con el fin de obtener un perfil entre las variables fisiológicas y de calidad de carne (previamente analizadas mediante ANOVA, con posterior *test* de Tukey en los casos de diferencia significativa ($p < 0,05$). El efecto del temperamento sobre las variables productivas, fisiológicas y de calidad de carne se analizó mediante comparación de medias con la prueba T de Student, estableciendo un nivel de significación del 5%.

El análisis de la totalidad de los resultados se llevó a cabo con los paquetes estadísticos SPSS® (v12.0, IL, USA) e InfoStat (v.2017.1.2).

2.5. Resultados

2.5.1. Evaluación de variables productivas

Los resultados obtenidos para las variables GDP, rendimiento de la canal y rendimiento carnicero se exhiben en la tabla 2.4. Como puede observarse, no hubo efecto de interacción ($p > 0,05$) entre las variables evaluadas.

En términos de variable GDP, se apreció un efecto significativo en la categoría, en donde la correspondiente a MEJ presentó los valores medios superiores respecto al de los NOV. Dicha categoría alcanzó, en el período evaluado de 6 meses de engorde, valores medios que superaron en más de un 9,5% de ganancia total con respecto a los obtenidos en la categoría NOV (164,7kg y 150,4kg, respectivamente). Por su parte, para la mencionada variable no se observó un efecto de la raza ($p > 0,05$).

En cuanto al rendimiento de la canal, se observó un efecto significativo tanto en la raza como en la categoría. De este modo, los bovinos BRG presentaron valores

medios porcentuales que superaron en 1,31% a los obtenidos en la raza AN (56,62 y 55,31%, respectivamente). Esta diferencia fue más pronunciada (valor medio de 1,70%) entre los MEJ y los NOV, con niveles medios de rendimiento de 57,03 y 55,33%, respectivamente.

En el caso de los cortes carniceros evaluados, en seis de ellos (paleta, matambre, tapa de asado, aguja con cogote, bife angosto con lomo a 4 costillas y pierna mocha), se evidenció un efecto de la categoría ($p < 0,05$), con valores superiores en los MEJ respecto de los NOV. Si bien en los cinco cortes restantes no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$), el rendimiento carnicero de estos últimos exhibió una tendencia a presentar valores superiores en la misma categoría.

Tabla 2.4. Valores medios y cuadrados medios del error de parámetros productivos.

Variable	Raza		Categoría		AN		BRG		Efectos			
	AN	BRG	MEJ	NOV	MEJ	NOV	MEJ	NOV	Raza	Categoría	RxC	CME
GDP (kg)	0,88	0,87	0,92a	0,84b	0,89	0,87	0,95	0,82	ns	0,0162	ns	0,01
Rendimiento de la canal (%)	55,31b	56,62a	57,03a	55,33b	56,96	54,35	57,09	56,30	0,0479	0,0020	ns	2,37
Paleta (kg)	16,33	16,68	17,98a	15,13b	17,97	14,89	17,99	15,37	ns	0,0001	ns	1,83
Matambre (kg)	2,05	2,20	2,27a	1,99b	2,14	1,97	2,38	2,01	ns	0,0303	ns	0,11
Tapa de asado (kg)	4,57	4,71	5,03a	4,28b	4,83	4,35	5,21	4,21	ns	0,0272	ns	0,77
Azotillo (kg)	2,80	3,10	3,16	2,76	2,92	2,69	3,36	2,83	ns	ns	ns	0,46
Entraña (kg)	0,56	0,55	0,58	0,54	0,57	0,56	0,59	0,52	ns	ns	ns	0,004
Vacío (kg)	6,10	6,12	6,17	6,06	6,00	6,19	6,32	5,92	ns	ns	ns	0,45
Brazuelo (kg)	3,36	3,26	3,43	3,20	3,41	3,32	3,44	3,08	ns	ns	ns	0,20
Asado a 13 costillas (kg)	10,14	10,16	10,37	9,94	10,03	10,24	10,68	9,64	ns	ns	ns	0,80
Aguja con cogote (kg)	12,61	13,13	14,81a	11,07b	14,83	10,67	14,80	11,46	ns	0,0001	ns	3,67
Bife angosto con lomo a 4 costillas (kg)	9,30	9,44	10,10a	8,65b	9,82	9,04	10,36	8,93	ns	0,0029	ns	0,46
Pierna Mocha (kg)	36,59	37,04	38,97a	34,81b	38,74	34,71	39,16	34,91	ns	0,0001	ns	5,54

Letras distintas minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) en efecto de categoría (ANOVA) AN: Angus negro, BRG: Brangus, MEJ: Macho Entero Joven, NOV: novillo. RxC: interacción raza x categoría. CME: cuadrado medio del error y ns (valor $p > 0,05$)

2.5.2. Evaluación del temperamento

La tabla 2.5 muestra las frecuencias relativas porcentuales en relación al temperamento evaluado mediante el test de score de reactividad (SM, SPC, ST, SIR, TSR) y de velocidad visual de salida (VS). En la tabla 2.6 se observa la clasificación del temperamento basada en los valores de TSR.

Tabla 2.5. Frecuencias relativas porcentuales de los valores obtenidos en las categorías de comportamiento evaluadas en el estudio del temperamento.

Categoría de comportamiento	Score	Raza		Categoría		AN		BRG	
		AN	BRG	MEJ	NOV	NOV	MEJ	NOV	MEJ
SM	1	3,3	0,0	1,4	1,8	4,3	2,7	0,0	0,0
	2	33,3	34,8	41,9	23,5	17,4	43,3	28,1	40,5
	3	35,0	47,8	39,2	45,6	43,5	29,7	46,9	48,6
	4	6,7	4,3	4,1	7,3	8,7	5,4	6,3	2,8
	5	21,7	13,1	13,4	21,8	26,1	18,9	18,7	8,1
SPC	1	100	98,6	100	98,2	100	100	96,9	100,0
	2	0,0	1,4	0,0	1,8	0,0	0,0	3,1	0,0
	3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ST	1	0,0	1,4	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8
	2	25,0	27,5	32,4	18,2	13,0	32,4	21,9	32,4
	3	75,0	71,1	66,2	81,8	87,0	67,6	78,1	64,8
	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SIR	1	13,3	21,8	21,6	12,7	8,7	16,2	15,6	27,1
	2	51,7	33,3	48,7	32,7	43,5	56,8	25,0	40,5
	3	35,0	44,9	29,7	54,6	47,8	27,0	59,4	32,4
TSR	1	11,7	14,5	16,2	9,2	8,7	13,5	9,4	18,9
	2	8,3	14,5	14,8	7,3	0,0	13,5	12,4	16,2
	3	20,0	10,2	17,6	10,9	13,0	24,4	9,4	10,8
	4	16,7	15,9	18,9	12,7	21,8	13,5	6,3	24,3
	5	20,0	27,5	17,6	32,7	26,1	16,2	37,5	18,9
	6	10,0	5,8	4,1	12,7	17,4	5,4	9,4	2,8
	7	13,3	11,6	10,8	14,5	13,0	13,5	15,6	8,1
VS	1	41,7	26,1	37,8	27,3	30,4	48,6	25,0	27,1
	2	33,3	49,3	46,0	36,4	34,8	32,4	37,5	59,4
	3	25,0	24,6	16,2	36,4	34,8	19,0	37,5	13,5

AN: Angus negro, BRG: Brangus, MEJ: Macho Entero Joven, NOV: novillo. SM: score de movimiento, SPC: score de postura corporal, ST: score de tensión, SIR: score de intensidad respiratoria, TSR: test del score de reactividad y VS: velocidad de salida.

Tabla 2.6. Clasificación de temperamento basada en los valores de TSR (test del score de reactividad). Valores expresados en frecuencias relativas porcentuales.

Clasificación de temperamento	Raza		Categoría		AN		BRG	
	AN	BRG	MEJ	NOV	NOV	MEJ	NOV	MEJ
Bajo	20,0	29,0	31,1	16,4	8,7	27,0	21,9	35,1
Intermedio	36,7	26,1	36,5	23,6	34,8	37,8	15,6	35,1
Alto	43,3	44,9	32,4	60,0	56,5	35,2	62,5	29,8

AN: Angus negro, BRG: Brangus, MEJ: Macho Entero Joven, NOV: novillo.

En la Tabla 2.7, en base a los valores de ranking obtenidos, se observó para las variables SM, ST y SIR un efecto de la categoría según prueba de Wilcoxon ($p < 0,05$) con valores superiores en los NOV (72,65; 70,86 y 74,51, respectivamente) con respecto a los MEJ (59,32; 60,64 y 57,93, respectivamente), mientras que para la variable SPC no se apreció dicho efecto. Por su parte, no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en las categorías de comportamiento al momento de evaluar el efecto de la raza. Asimismo, se observó que el efecto de la interacción fue significativo ($p < 0,05$) para el TSR y la clasificación de TSR. Con respecto a esta última, los bovinos MEJ-BRG presentaron menores valores de ranking (54,27) con respecto a los

grupos NOV-BRG (74,94) y NOV-AN (76,78), sin presentar diferencias ($p > 0,05$) con los animales MEJ-AN (59,81). Considerando los valores de la variable TSR, los grupos MEJ-BRG y MEJ-AN exhibieron valores de mediana 3 y 4, respectivamente; correspondiente, en ambos casos, a una clasificación de temperamento intermedio. Por su parte, los NOV-BRG y los NOV-AN presentaron medianas iguales a 5, correspondientes a una clasificación de temperamento alto.

En cuanto al estudio de la variable VS, se apreció un efecto de la categoría con un valor de ranking superior en la categoría NOV (72,91) con respecto a los MEJ (59,12), exhibiendo para esta variable un comportamiento similar al de las evaluadas en el test de *score* de reactividad.

Tabla 2.7. Valores de ranking de las variables de temperamento evaluadas.

Variable	Raza		Categoría		AN		BRG		Efecto		
	AN	BRG	MEJ	NOV	MEJ	NOV	MEJ	NOV	Raza	Categoría	RxC
SM	66,55	63,65	59,32b	72,65a	60,53	76,24	58,11	70,06	ns	0,033	ns
SPC	64,50	65,43	64,50	65,67	64,50	64,50	64,50	66,52	ns	ns	ns
ST	66,50	63,70	60,64b	70,86a	61,74	74,15	59,54	68,50	ns	0,0464	ns
SIR	63,92	65,94	57,93b	74,51a	58,58	72,50	57,28	75,95	ns	0,0071	ns
TSR	66,52	63,68	57,28	75,39	59,74ab	77,41a	54,81b	73,94a	ns	0,0058	0,0446
Clasif. TSR*	66,32	63,86	57,04	75,71	59,81ab	76,78a	54,27b	74,94a	ns	0,0026	0,0227
VS	61,04	68,44	59,12b	72,91a	55,04	70,70	63,20	74,50	ns	0,0267	ns

* Para la clasificación de TSR se asignó la puntuación 1 para temperamento bajo, 2 para temperamento intermedio y 3 para temperamento alto y ns ($p > 0,05$). AN: Angus negro, BRG: Brangus, MEJ: Macho Entero Joven, NOV: novillo. SM: *score* de movimiento, SPC: *score* de postura corporal, ST: *score* de tensión, SIR: *score* de intensidad respiratoria, TSR: test del *score* de reactividad y VS: velocidad de salida.

La tabla 2.8 muestra la correlación de Spearman entre las variables estudiadas para evaluar el temperamento. Se observó una muy buena asociación ($> 0,8$; $p < 0,05$) entre SM y TSR, entre SIR y la clasificación de TSR, entre ST y SPC y entre TSR y la clasificación de TSR; una buena asociación (0,6-0,8, $p < 0,05$) entre SM y la clasificación de TSR, entre ST y TSR, entre ST y la clasificación de TSR y entre SIR y TSR; así como una asociación moderada (0,4-0,6, $p < 0,05$) entre SM y SIR, entre ST y SIR; con una asociación baja (0,2-0,4, $p < 0,05$) entre las variables SM y ST, entre TSR y VS y entre la clasificación de TSR y VS.

Tabla 2.8. Coeficiente de asociación entre variables de temperamento estudiadas.

	SM	SPC	ST	SIR	TSR	Clasificación TSR	VS
SM	1,00	-0,41	0,39*	0,41**	0,81**	0,66**	0,30
SPC		1,00	0,95**	0,15	0,19	0,13	-0,16
ST			1,00	0,48**	0,65**	0,66**	0,31
SIR				1,00	0,75**	0,85**	0,21
TSR					1,00	0,91**	0,35*
Clasificación TSR						1,00	0,32*
VS							1,00

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$. Clasificación de correlaciones significativas: baja (0,2-0,4), moderada (0,4-0,6), buena (0,6-0,8) y muy buena ($> 0,8$). Correlación de Spearman. SM: *score* de movimiento, SPC: *score* de postura corporal, ST: *score* de tensión, SIR: *score* de intensidad respiratoria, TSR: test del *score* de reactividad y VS: velocidad de salida.

2.5.3. Evaluación de variables fisiológicas

En las tablas 2.9 y 2.10 se muestran los resultados de los parámetros sanguíneos asociados al estrés animal para las categorías y las razas evaluadas. Al analizar el efecto de la categoría (NOV y MEJ) para los animales pertenecientes a la raza AN, no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en ninguno de los parámetros estudiados. El mismo resultado se obtuvo al evaluar el efecto de la raza (AN y BRG) para los bovinos pertenecientes a la categoría NOV. En base al alto grado de dispersión presentado dentro de cada uno de los grupos evaluados, principalmente los encontrados en los niveles de glucemia, las diferencias halladas en las medidas de posición (en este caso las medias) no fueron representativas de lo observado mediante el análisis estadístico.

Tabla 2.9. Indicadores fisiológicos asociados a estrés animal para las dos categorías de la raza Angus Negro: Valores medios y cuadrados medios del error (CME).

Variable	NOV	MEJ	Efecto	CME
Cortisol ($\mu\text{g/dl}$)	15,0	13,4	ns	48,5
Lactato (mM)	7,9	7,6	ns	24,9
Glucemia (mM)	166,9	197,0	ns	1.901,4
Creatin kinasa (U/l)	0,13	0,18	ns	0,0004
Proteínas totales (g%)	7,68	7,52	ns	0,24
Hematocrito (%)	46,4	44,7	ns	18,9

Medias con una letra diferente representan diferencias significativas ($p < 0,05$) y no significativo: ns ($p > 0,05$). NOV: novillo, MEJ: Macho Entero Joven.

Tabla 2.10. Indicadores fisiológicos asociados a estrés animal para las dos razas de la categoría novillo: Valores medios y cuadrados medios del error (CME).

Variable	AN	BRG	Efecto	CME
Cortisol (µg/dl)	15,0	19,1	ns	45,9
Lactato (mM)	7,9	11,0	ns	23,3
Glucemia (mM)	166,9	147,7	ns	1.940,0
Creatin kinasa (U/l)	0,13	0,12	ns	0,003
Proteínas totales (g%)	7,68	7,67	ns	0,26
Hematocrito (%)	46,4	44,9	ns	14,6

Medias con una letra diferente representan diferencias significativas ($p < 0,05$) y ns: no significativo ($p > 0,05$). AN: Angus negro, BRG: Brangus.

2.5.4. Evaluación de calidad de carne

En los resultados del ANOVA para el análisis de los parámetros asociados a calidad sensorial, no se observó un efecto de la interacción ($p > 0,05$) en ninguna de las variables evaluadas, tanto en carne fresca como en carne madurada durante 14 días.

Centrándonos en la evaluación de la carne fresca (tabla 2.11) se apreció un efecto de la categoría ($p < 0,05$) en los niveles de pH_i , fuerza de corte (WB), mermas por cocción, jugo exprimible, L^* , a^* , b^* , dureza, terneza global y terneza de fibras. Mientras la categoría MEJ obtuvo muestras de carne con niveles mayores de pH_i con respecto a la procedente de los NOV (6,0 y 5,5, respectivamente), jugo exprimible (38,8 y 27,9), terneza global (6,3 y 5,8) y terneza de fibra (6,9 y 6,1), la categoría NOV mostró niveles estadísticamente superiores ($p < 0,05$) en las variables WB, mermas por cocción, L^* , a^* , b^* y dureza (35,7; 31,6; 39,8; 22,5; 13,4 y 102,9, respectivamente) con respecto a los obtenidos en la categoría MEJ (29,9; 28,6; 33,6; 16,2; 7,3 y 84,1, respectivamente). Por su parte, no se observaron diferencias significativas en las variables elasticidad, cohesividad, masticabilidad, aroma, flavor, jugosidad y tejido conectivo, así como no se observó un efecto de la raza en las variables asociadas a calidad sensorial evaluadas.

La evaluación realizada en carne madurada (tabla 2.12), mostró un efecto de la categoría ($p < 0,05$) para las variables pH_i , WB, jugo exprimible, L^* , a^* , b^* , dureza, masticabilidad, terneza global y jugosidad, en donde la carne procedente de la categoría MEJ alcanzó mayores valores de pH_i , jugo exprimible, terneza global y jugosidad (5,9; 44,2; 6,7; 6,2, respectivamente), con respecto a los obtenidos en la categoría NOV (5,6; 31,6; 6,2; 5,6, respectivamente), mientras que carne procedente de la categoría NOV alcanzó valores mayores de WB, L^* , a^* , b^* , dureza y masticabilidad (33,2; 41,7; 20,8; 12,9; 97,2 y 19,2, respectivamente) con respecto a los obtenidos en la categoría MEJ (26,2; 34,8; 18,5; 8,5; 80,8 y 15,3, respectivamente). En términos de categoría no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en las

variables mermas por cocción, elasticidad, cohesividad aroma, flavor, terneza de fibra y tejido conectivo. Finalmente, no se observó un efecto de la raza para las variables evaluadas.

Tabla 2.11. Variables asociadas a calidad sensorial de la carne fresca. Valores medios y cuadrados medios del error (CME)

Variable	Raza		Categoría		AN		BRG		Efectos			CME
	AN	BRG	MEJ	NOV	MEJ	NOV	MEJ	NOV	Raza	Categoría	RxC	
pH _f	5,8	5,8	6,0a	5,5b	6,0	5,5	6,1	5,6	ns	0,0001	ns	0,1
WB (N)	34,6	31,2	29,9b	35,7a	33,4	35,8	26,8	35,6	ns	0,0346	ns	48,6
Mermas por cocción (%)	29,9	30,4	28,6b	31,6a	28,5	31,2	28,7	32,1	ns	0,0135	ns	10,0
Jugo exprimible	32,6	33,6	38,8a	27,9b	37,8	28,1	39,5	27,7	ns	0,0001	ns	45,3
L*	37,2	36,4	33,6b	39,8a	33,8	40,2	33,5	39,3	ns	0,0001	ns	8,6
a*	19,7	19,2	16,2b	22,5a	16,7	22,4	15,8	22,6	ns	0,0001	ns	4,3
b*	11,0	10,0	7,3b	13,4a	7,4	14,2	7,3	12,8	ns	0,0001	ns	3,6
Dureza (N)	98,4	89,5	84,1b	102,9a	87,6	107,8	81,1	97,9	ns	0,006	ns	298,9
Elasticidad	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	ns	ns	ns	0,002
Cohesividad	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	ns	ns	ns	0,002
Masticabilidad (N)	18,5	16,7	16,5	18,5	16,9	19,8	16,1	17,2	ns	ns	ns	16,4
Aroma	5,5	5,4	5,3	5,6	5,3	5,7	5,4	5,5	ns	ns	ns	0,3
Flavor	5,4	5,5	5,3	5,7	5,2	5,7	5,4	5,7	ns	ns	ns	0,4
Terneza global	6,0	6,1	6,3a	5,8b	6,0	5,9	6,5	5,7	ns	0,03	ns	0,3
Terneza de fibras	6,5	6,6	6,9a	6,1b	6,7	6,3	7,1	6,0	ns	0,002	ns	0,4
Jugosidad	5,9	5,8	6,1	5,6	6,0	5,9	6,2	5,5	ns	ns	ns	0,3
Tejido conectivo	3,1	3,0	2,8	3,3	3,1	3,1	2,6	3,4	ns	ns	ns	0,4

Medias con una letra diferente representan diferencias significativas ($p < 0,05$) y ns: no significativo ($p > 0,05$). AN: Angus negro, BRG: Brangus, MEJ: Macho Entero Joven, NOV: novillo.

Por su parte, no se observó efecto de interacción o de la raza ($p > 0,05$) en los niveles de lípidos totales expresados en extracto etéreo (EE) y del perfil de ácidos grasos (AG). La categoría mostró un efecto en las variables EE, así como en los niveles de los AG 14-0, 16-0, 18-1 n-9, 18-2 n-6, 18-3 n-3, 20-4 n-6, 20-5 n-3, 22-5 n-3, 22-6 n-3, C20-C22, total de AG n-3, n-6, AGS, AGMI y AGPI analizados (tabla 2.13).

En términos de lípidos totales expresados en EE, la carne procedente de la categoría NOV mostró niveles cuyos promedios superaron en prácticamente un 60% a los obtenidos de la categoría MEJ (3,33 y 2,09%, respectivamente).

Tabla 2.12. Variables asociadas a calidad sensorial de la carne madurada. Valores medios y cuadrados medios del error (CME)

Variable	Raza		Categoría		AN		BRG		Efectos			CME
	AN	BRG	MEJ	NOV	MEJ	NOV	MEJ	NOV	Raza	Categoría	RxC	
pH _f	5,7	5,8	5,9a	5,6b	5,9	5,6	6,0	5,5	ns	0,0001	ns	0,04
WB (N)	31,3	28,3	26,2b	33,2a	27,8	34,8	24,8	31,8	ns	0,0051	ns	39,4
Mermas por cocción (%)	32,0	32,2	32,1	32,1	32,9	31,2	31,5	32,9	ns	ns	ns	5,3
Jugo exprimible	36,9	38,8	44,2a	31,6b	42,0	31,8	46,1	31,5	ns	0,0019	ns	95,7
L*	39,2	37,4	34,8b	41,7a	36,2	42,2	33,6	41,3	ns	0,0001	ns	13,0
a*	20,4	19,0	18,5b	20,8a	19,4	21,3	17,8	20,3	ns	0,028	ns	6,8
b*	10,8	10,6	8,5b	12,9a	8,5	13,2	8,6	12,6	ns	0,0001	ns	3,7
Dureza (N)	86,5	91,2	80,8b	97,2a	75,3	97,7	85,6	96,7	ns	0,0037	ns	206,9
Elasticidad	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	ns	ns	ns	0,002
Cohesividad	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	ns	ns	ns	0,002
Masticabilidad (N)	16,9	17,5	15,3b	19,2a	14,7	19,2	15,9	19,1	ns	0,0065	ns	12,8
Aroma	5,3	5,5	5,7	5,2	5,6	5,0	5,8	5,3	ns	ns	ns	0,6
Flavor	5,4	5,2	5,4	5,2	5,7	5,2	5,1	5,3	ns	ns	ns	0,3
Terneza global	6,3	6,6	6,7a	6,2b	6,4	6,2	6,9	6,2	ns	0,0241	ns	0,3
Terneza fibra	6,9	7,0	7,1	6,8	6,9	6,9	7,4	6,7	ns	ns	ns	0,3
Jugosidad	6,1	5,7	6,2a	5,6b	6,4	5,8	6,0	5,4	ns	0,036	ns	0,6
Tejido conectivo	3,0	2,6	2,9	2,7	3,2	2,8	2,6	2,7	ns	ns	ns	0,4

Medias con una letra diferente representan diferencias significativas ($p < 0,05$) y ns: no significativas ($p > 0,05$). AN: Angus negro, BRG: Brangus, MEJ: Macho Entero Joven, NOV: novillo.

En cuanto al perfil de ácidos grasos, la categoría NOV se caracterizó por contar con mayores valores de AGS 14-0 y 16-0 y AGMI 18-1 n-9. Por su parte, la categoría MEJ presentó muestras de carne con valores superiores de AGPI totales expresados parcialmente en los AG 18-2 n-6, 18-3 n-3, 20-4 n-6, 20-5 n-3, 22-6 n-3, así como los representativos de cadena larga (C20-C22), los AG n-3 y n-6, con valores significativamente superiores ($p < 0,05$) de la relación AGPI/AGS.

Al evaluar el perfil existente entre las dos categorías evaluadas y aquellos parámetros asociados a calidad sensorial en los que se observaron diferencias significativas para carne fresca, mediante análisis de componentes principales (ACP) (figura 2.1) se seleccionaron dos componentes que explicaron el 79,25% de la variabilidad total de los datos (CP1: 62,05 y CP2: 17,20%). La CP1 correlacionó muy bien ($|r| \geq 0,8$) con las variables L*, a*, b*, pH_f, jugo exprimible, terneza de fibras y terneza global y WB con $r = 0,64$ y $0,51$, respectivamente, mientras se encontró una correlación buena entre la CP2 y la variable dureza ($r = -0,68$). El perfil de la categoría MEJ presentó características con mayores niveles de las variables pH_f, jugo exprimible, terneza de fibra y terneza global, mientras que para la categoría NOV las

características fueron mayores valores de los parámetros de color L*, a* y b*, WB y dureza.

Tabla 2.13. Variables asociadas a lípidos totales (EE) y perfil de ácidos grasos. Valores medios y cuadrados medios del error (CME)

Variable	Raza		Categoría		AN		BRG		Efectos			CME
	AN	BRG	MEJ	NOV	MEJ	NOV	MEJ	NOV	Raza	Categoría	RxC	
EE (%)	2,71	2,85	2,09b	3,43a	2,09	3,33	2,09	3,53	ns	0,0224	ns	2,19
14-0	2,85	2,93	2,62b	3,15a	2,59	3,11	2,66	3,18	ns	0,0144	ns	0,29
16-0	27,28	27,07	26,13b	28,15a	26,14	28,41	26,11	27,91	ns	0,0006	ns	1,93
16-1 n-7	2,98	2,9	2,81	3,05	3,03	2,93	2,6	3,16	ns	ns	ns	0,5
18-0	18,24	17,93	17,67	18,46	17,3	19,17	18,04	17,84	ns	ns	ns	6,42
18-1 n-9	38,22	37,53	36,51b	39,13a	37,57	38,87	35,44	39,36	ns	0,0424	ns	10,76
18-2 n-6	6,55	7,26	9,15a	4,83b	8,53	4,57	9,77	5,06	ns	0,0001	ns	6,58
18-3 n-3	0,54	0,6	0,74a	0,41b	0,67	0,4	0,8	0,43	ns	0,0001	ns	0,03
CLA	0,55	0,5	0,54	0,51	0,56	0,54	0,53	0,48	ns	ns	ns	0,01
20-4 n-6	1,71	1,99	2,34a	1,41b	2,26	1,17	2,43	1,61	ns	0,0113	ns	0,87
20-5 n-3	0,15	0,15	0,19a	0,11b	0,19	0,11	0,2	0,11	ns	0,0147	ns	0,01
22-4 n-6	0,17	0,21	0,22	0,17	0,2	0,14	0,24	0,19	ns	ns	ns	0,01
22-5 n-3	0,49	0,57	0,65b	0,42b	0,6	0,37	0,7	0,46	ns	0,0333	ns	0,08
22-6 n-3	0,26	0,35	0,41a	0,21b	0,34	0,19	0,47	0,24	ns	0,0368	ns	0,06
C20-C22	2,81	3,27	3,85a	2,3b	3,63	1,99	4,07	2,58	ns	0,0074	ns	2,1
AGS	48,39	47,93	46,43b	49,75a	46,06	50,71	46,8	48,91	ns	0,0072	ns	9,67
AGMI	41,19	40,43	39,31b	42,18a	40,6	41,79	38,03	42,53	ns	0,0465	ns	13,3
AGPI	9,89	11,12	13,71a	7,55b	12,81	6,97	14,61	8,06	ns	0,0005	ns	17,26
n-3	1,46	1,69	2,01a	1,18b	1,84	1,09	2,17	1,26	ns	0,0018	ns	0,41
n-6	8,44	9,45	11,71a	6,39b	10,99	5,9	12,44	6,83	ns	0,0004	ns	12,59
n-6/n-3	5,9	5,63	5,96	5,57	6,23	5,57	5,7	5,58	ns	ns	ns	0,81
AGMI/AGS	0,86	0,86	0,86	0,86	0,9	0,83	0,83	0,89	ns	ns	ns	0,01
AGPI/AGS	0,21	0,24	0,29a	0,16b	0,27	0,14	0,31	0,18	ns	0,0028	ns	0,01

Medias con una letra diferente representan diferencias significativas ($p < 0,05$) y ns: no significativas ($p > 0,05$). AGS: AG 14-0, 16-0 y 18-0; AGMI: 16-1 n-7 y 18-1 n-9; AGPI: 18-2 n-6, 18-3 n-3, CLA, 20-4 n-6, 20-5 n-3, 22-4 n-6, 22-5 n-3, 22-6 n-3. AG: ácidos grasos. CLA: ácido linoleico conjugado, AGS: ácidos grasos saturados, AGMI: ácidos grasos monoinsaturados, AGPI: ácidos grasos poliinsaturados.

Al evaluar el perfil existente de las categorías evaluadas con el perfil de ácidos grasos y lípidos totales, mediante ACP se seleccionaron 2 componentes que explicaron el 91% de la variabilidad total de los datos (CP1: 76,2% y CP2: 14,8%). La CP1 correlacionó muy bien ($|r| \geq 0,95$) con las variables AGPI, AG n-3, AG n-6 y la relación AGPI/AGS y una correlación buena ($|r| \geq 0,69$) con el porcentaje de EE, AGS y AGMI. Por su parte, se encontró una correlación muy buena ($|r| \geq 0,71$) entre la CP2 y las variables AGS y AGMI. El perfil de la categoría NOV se vio asociado a mayores niveles de EE, AGS y AGMI, mientras que la categoría MEJ presentó

mayores niveles de AGPI, AG n-3, AG n-6 y la relación AGPI/AGS, lo cual se podría observar claramente, a través de la CP1, con valores positivos para los MEJ y negativos para los NOV.

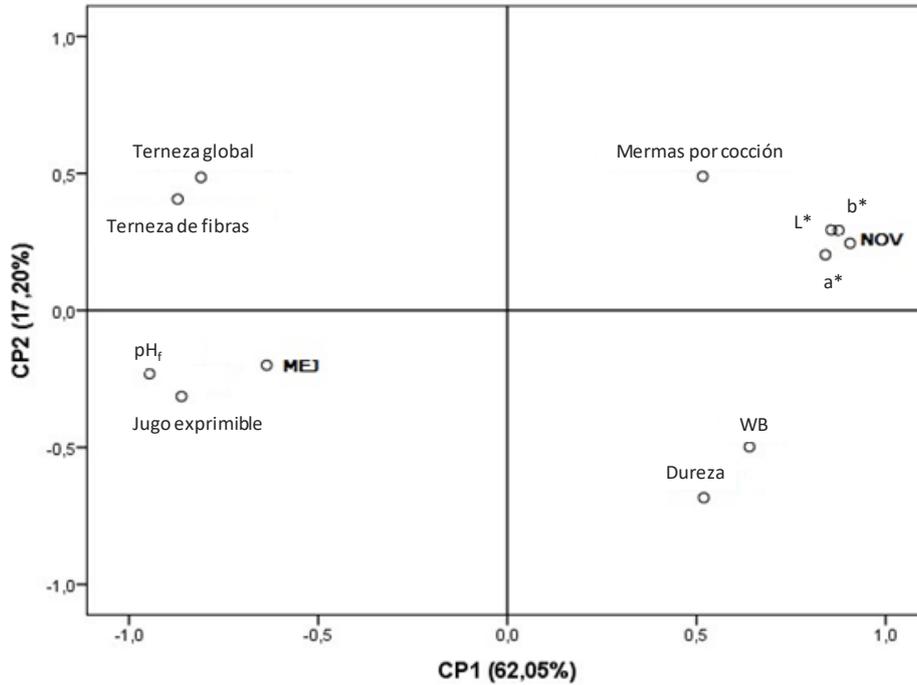


Figura 2.1. Análisis de componentes principales (PCA) de las variables asociadas a calidad sensorial en carne fresca de novillo (NOV) y Macho Entero Joven (MEJ).

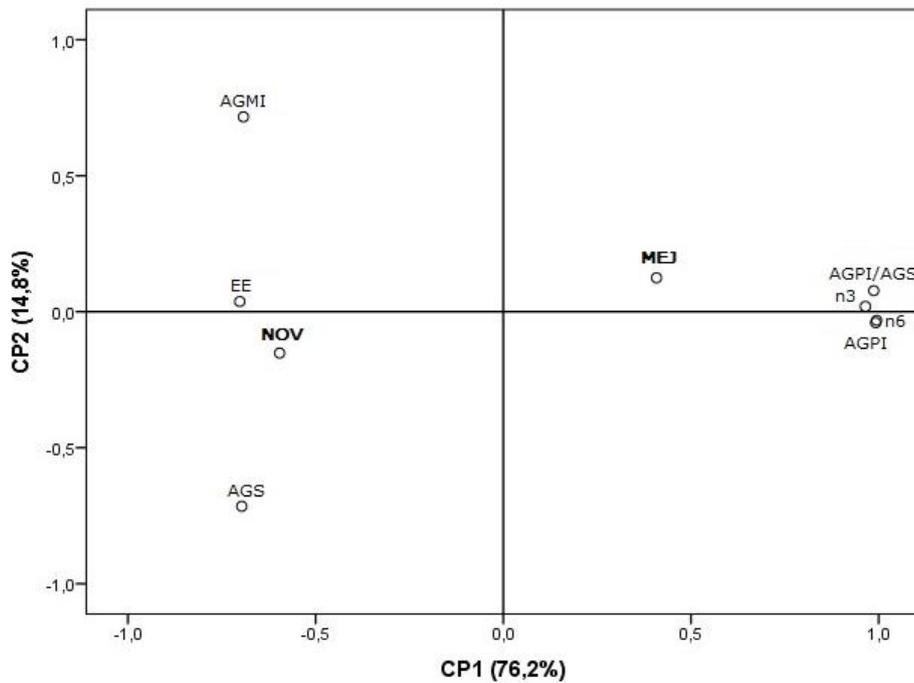


Figura 2.2. Análisis de componentes principales (PCA) del perfil de ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI), poliinsaturados (AGPI), n3 y n6 y lípidos totales (EE) en carne fresca de novillo (NOV) y Macho Entero Joven (MEJ).

2.5.5. Relación entre el temperamento y las variables productivas, fisiológicas y de calidad de carne

La relación entre el temperamento expresado en la calificación del TSR y las variables productivas, fisiológicas y de calidad de carne se exhiben en la tabla 2.14. Como se puede observar en la misma, no se observaron diferencias significativas entre los grupos evaluados ($p > 0,05$) para las variables evaluadas, indicando que bajo las condiciones en las que se llevó a cabo el ensayo no hubo efecto del temperamento.

Tabla 2.14. Valores de medias y errores estándar de las variables productivas, parámetros fisiológico-sanguíneos y calidad de carne definidas por temperamento. Prueba T de Student.

Variable	Temperamento leve-moderado	Temperamento alto	p-valor
<i>Variables productivas</i>			
GDP (kg)	0,86 ± 0,03	0,89 ± 0,02	0,352
Rendimiento de la canal (%)	57,06 ± 0,25	56,57 ± 0,31	0,241
<i>Variables fisiológicas</i>			
Hematocrito (%)	44,74 ± 1,08	45,89 ± 0,89	0,421
Proteínas totales (g%)	7,64 ± 0,19	7,64 ± 0,08	0,988
Glucemia (mM)	180,42 ± 13,89	156,22 ± 11,22	0,185
Cortisol (µg/dl)	14,65 ± 1,70	17,47 ± 1,69	0,270
Creatin kinasa (U/l)	0,29 ± 0,16	0,13 ± 0,12	0,227
Lactato (mM)	9,83 ± 1,54	8,57 ± 1,22	0,526
<i>Calidad de carne</i>			
<i>Fresca (t0)</i>			
pH _f	5,81 ± 0,09	5,76 ± 0,08	0,649
WB	31,25 ± 1,07	34,21 ± 2,31	0,289
Mermas	29,24 ± 0,77	30,94 ± 0,89	0,169
Jugo exprimible	34,16 ± 2,65	32,30 ± 1,77	0,552
L*	36,16 ± 1,12	37,31 ± 1,03	0,457
a*	19,53 ± 1,12	19,43 ± 0,84	0,940
b*	10,29 ± 1,01	10,65 ± 0,87	0,789
Terneza global	6,18 ± 0,15	5,87 ± 0,18	0,196
Terneza de fibras	6,69 ± 0,17	6,39 ± 0,20	0,261
Jugosidad	5,90 ± 0,14	5,83 ± 0,18	0,755
<i>Madurada (t14)</i>			
pH _f	5,76 ± 0,07	5,71 ± 0,06	0,588
WB	31,18 ± 1,73	29,98 ± 1,85	0,646
Mermas	31,65 ± 0,43	32,64 ± 0,61	0,211
Jugo exprimible	37,85 ± 3,01	36,50 ± 2,6	0,734
L*	38,06 ± 1,33	39,02 ± 1,12	0,580
a*	19,91 ± 0,66	19,50 ± 0,67	0,671
b*	10,66 ± 0,76	10,98 ± 0,64	0,747
Terneza global	6,36 ± 0,18	6,39 ± 0,14	0,898
Terneza de fibras	6,95 ± 0,15	6,91 ± 0,13	0,845
Jugosidad	5,71 ± 0,22	5,91 ± 0,20	0,509

2.6. Discusión

En términos de los indicadores productivos, la categoría MEJ presentó valores superiores ($p < 0,05$) de ganancia diaria de peso vivo, rendimiento de la canal y rendimiento carnicero en 6 de los 11 cortes evaluados, mientras que en los 5 cortes cárnicos restantes se observó la misma tendencia. Estos resultados son coincidentes con los reportados en la bibliografía (Klosterman *et al.*, 1954; Arthaud *et al.*, 1977; Seideman *et al.*, 1982; Clemente y Monge, 2012). Al comparar ambas categorías, MEJ y NOV, los menores valores observados en estos últimos podrían asociarse a la disminución de la concentración de las hormonas anabólicas causada por la práctica de castración, así como al efecto que podría generar esta práctica en términos de estrés y dolor, impactando negativamente sobre las variables mencionadas (Clemente y Monge, 2012). Por este motivo, los animales enteros pueden ser más pesados en igual cantidad de tiempo. Adicionalmente, se observó un efecto de la raza en el rendimiento ($p < 0,05$), en donde los bovinos BRG presentaron niveles superiores de dicha variable. Este resultado es coincidente con el publicado por Latimori *et al.* (2013), el cual concluyó que, en base a la rusticidad que presenta este tipo de raza sintética, bajo determinados esquemas de manejo y alimentación, pueden presentar un nivel de conformación y terminación tales que, para la faena de animales de menos de 20 meses de edad, se traduce en niveles superiores de rendimiento de la canal con respecto al de razas británicas como la Angus.

Con respecto a la evaluación del temperamento, y tomando como base los scores parciales, se apreció el efecto de la categoría. Los NOV presentaron valores superiores del SM, ST y SIR ($p < 0,05$) con respecto a los MEJ, indicando una mayor reactividad en los animales castrados. La misma tendencia se pudo apreciar en la evaluación del score VS con proporciones superiores del score 3 en animales de la categoría NOV. Este resultado es coincidente con el publicado por Bruno (2015) y Álvarez-Rodríguez *et al.* (2017), en donde se concluyó que los novillos presentaron mayores niveles de temperamento durante los primeros meses post-castración con respecto a animales enteros, evidenciando el impacto de la misma sobre la relación humano-animal, pudiendo generar modificaciones comportamentales asociadas al dolor crónico como consecuencia del método de castración realizado (Álvarez-Rodríguez *et al.*, 2017). En concordancia con Waiblinger *et al.* (2006) y Grandin y Shivley (2015), este hallazgo podría también deberse a prácticas de manejo pasadas con efectos negativos en la relación humano-animal en animales castrados, considerando que la respuesta del animal depende en gran medida de sus experiencias previas, en donde el temperamento es definido como la reacción

producida en un animal ante la presencia del hombre (Burrow y Dillon, 1997). Esta respuesta es generalmente atribuida al miedo (Fordyse *et al.*, 1982) u otros estímulos negativos o no positivos, asociados a la presencia humana (Boivin *et al.*, 1992).

Considerando los niveles del TSR, los animales castrados pertenecientes a las dos razas evaluadas presentaron niveles superiores de dicha variable asociada a temperamento alto con respecto a bovinos raza BRG de la categoría MEJ ($p < 0,05$). Si bien los antecedentes indican que razas índicas o sus cruzas se caracterizan por contar con un temperamento más excitable que las razas británicas, los resultados de este *score* compuesto obtenidos bajo las condiciones en las que se llevó a cabo esta tesis, podrían indicar un efecto de la interacción en la cual los animales enteros de raza BRG presentaron menores niveles del mencionado *score*, traducido en temperamento intermedio.

En base a los resultados obtenidos para los parámetros sanguíneos asociados al estrés animal, no se observó un efecto de la raza ni de la categoría ($p > 0,05$). Tomado como referencia lo publicado por Vann *et al.* (2008), las posibles modificaciones en los niveles de este tipo de indicadores podrían apreciarse con tiempos de traslado elevados y/o mediante un manejo inapropiado durante el transporte y/o en la planta de faena. Como se comentó previamente, la elevada dispersión observada dentro de cada uno de los tratamientos evaluados pudo haber enmascarado el posible efecto del transporte y/o manejo en la planta de faena, debido a factores ajenos a los estudiados, tales como la variabilidad inter-animal, entre otros.

El análisis de los indicadores asociados a calidad de carne fresca mostró un efecto significativo de la categoría. La carne proveniente de animales MEJ presentó niveles de pH_f elevados, con cortes de carne más oscuros y una menor coloración roja expresados en los valores de L^* y a^* , respectivamente. Las condiciones de manejo previas a la faena, principalmente el tiempo de ayuno que tuvieron los animales podrían llegar a explicar este fenómeno que afecta negativamente a los bovinos enteros, los cuales se encuentran particularmente expuestos a la obtención de cortes cárnicos oscuros en comparación con los obtenidos de los novillos (Fabiansson *et al.*, 1984; Jeremiah *et al.*, 1991; Raj *et al.*, 1992; Page *et al.*, 2001; Dunne *et al.*, 2004; Mach *et al.*, 2008; Miguel *et al.*, 2014). En esta categoría, se ha postulado que un menor almacenamiento de glucógeno muscular *in vivo* puede ser la principal causa de los elevados valores de pH_f en la carne obtenida (Fabiansson *et al.*, 1984). Por su parte, y teniendo en cuenta la Resolución 195/2019 que establece el sistema de tipificación de la carne bovina, los novillos exhibieron valores de pH_f clasificados como normales ($pH_f \leq 5,9$), en donde un mayor nivel de reservas pudo ser responsable de contrarrestar el tiempo de ayuno, logrando una óptima curva de descenso de pH.

La carne de MEJ presentó valores de fuerza de corte (WB) inferiores ($p < 0,05$) a los de la carne de animales NOV, hecho que se relaciona directamente con carne más tierna, lo cual se evidenció mediante análisis sensorial a través de las variables terneza global y de fibras. Este hecho podría asociarse a un mayor nivel de actividad de las enzimas proteolíticas debido a los mayores niveles de pH_f presentes en la carne de esta categoría. De este modo, la carne de MEJ resultaría más tierna en comparación con la carne NOV, en la que los valores de pH_f se encontraron en el rango de valores normales (Beltran *et al.*, 1997).

Adicionalmente, se observaron diferencias significativas en los parámetros físicos asociados a la capacidad de retención de agua (CRA). La carne perteneciente a los animales MEJ mostró niveles superiores ($p < 0,05$) de CRA, expresado en jugo exprimible, y menor merma por cocción. Este hecho también podría explicarse mediante los niveles de pH_f obtenidos, los cuales favorecen un aumento en las condiciones que tiene la estructura de la red de proteínas miofibrilares para retener el agua, al contar con un pH alejado del punto isoeléctrico de las mismas, hecho que conduce a un incremento de carga neta, favoreciendo la interacción con las moléculas de agua (Warner, 2017).

El parámetro de color b^* (asociado a la coloración amarilla) fue otra de las variables que mostró una marcada diferencia. Esto se justificaría teniendo en cuenta que el nivel de engrasamiento de los MEJ fue menor, con una menor deposición de grasa intramuscular, la cual es la principal responsable del aumento del mencionado parámetro adimensional. Esto pudo corroborarse mediante el análisis de lípidos totales expresado en los niveles porcentuales de extracto etéreo en carne.

En cuanto a los resultados obtenidos en carne madurada, se observó un comportamiento similar al de carne fresca para las variables pH_f , WB, jugo exprimible, parámetros de color, dureza y terneza global. Asimismo, la maduración de la carne tampoco permitió observar diferencias en términos de mermas por cocción ni en los niveles de terneza de fibras. Por el contrario, el proceso de maduración condujo a diferencias ($p < 0,05$) en las variables masticabilidad y jugosidad.

Los perfiles de composición de ácidos grasos de la carne perteneciente a las dos categorías mostraron marcadas diferencias ($p < 0,05$). Mientras que la carne obtenida a partir de NOV presentó mayores niveles de AGS y AGMI, aquella obtenida a partir de la categoría MEJ presentó mayores niveles de AGPI, principalmente a expensas de AG n3, AG n6 y AG de cadena larga.

Mediante el estudio que puso foco en la relación entre el comportamiento y las demás variables analizadas, no se observó un efecto ($p > 0,05$) del temperamento sobre las variables productivas (expresadas en GDP y rendimiento de la canal), sobre

las variables fisiológicas (cortisol, lactato, glucemia, creatin kinasa, proteínas séricas totales y hematocrito), así como sobre las variables asociadas a calidad de carne (pH_i, WB, CRA -expresada en mermas por cocción y jugo exprimible-, L*, a*, b*, terneza global, terneza de fibra y jugosidad). Si bien existen referencias en las que se ha observado un efecto del temperamento sobre este tipo de variables (Voisinet *et al.*, 1997; Curley *et al.*, 2006; King *et al.* 2006; del Campo *et al.*, 2010), estos resultados coinciden con los publicados por King *et al.* (2006), Behrends *et al.* (2009), Cafe *et al.* (2011), Turner *et al.* (2011) y Barbosa Silveira *et al.* (2012), en los cuales se concluyó que el temperamento no representó una variable que afecte la performance y la calidad de carne obtenida.

Teniendo en foco la relación entre el temperamento y las variables productivas, es posible que los resultados obtenidos tengan como base lo propuesto por Smith y Grandin (1999), quienes han concluido que el manejo apropiado del ganado puede llegar a ser el determinante en términos productivos, independientemente del temperamento que presenten los animales. Este hecho se encuentra en contraposición con lo expuesto por del Campo *et al.* (2010), quienes han concluido que, independientemente de la raza, los novillos más tranquilos mostraron una mayor ganancia diaria promedio.

Con respecto a las variables fisiológicas evaluadas, y considerando que en el presente estudio no se observó una correlación significativa ($p > 0,05$) entre el temperamento -expresado en la clasificación TSR- y los parámetros fisiológicos sanguíneos asociados al momento de la faena, diversos autores (Curley *et al.*, 2006; King *et al.*, 2006) han observado que el temperamento se correlaciona positivamente con la respuesta de estrés -expresada en indicadores fisiológico-sanguíneos-. Resulta posible considerar que las condiciones en las que se llevó a cabo el presente ensayo pudieron enmascarar en cierto modo el posible efecto del temperamento que exhibieron los animales al ser evaluado mediante los parámetros bioquímicos antes mencionados. De este modo, la respuesta de los animales pudo verse afectada en mayor medida por el manejo realizado durante el transporte y en la planta de faena que por el temperamento de los bovinos.

En términos de la relación entre el temperamento y su efecto sobre la calidad de carne, tanto fresca como madurada, los resultados obtenidos mostraron que no se observa un efecto del temperamento sobre ninguna de las variables evaluadas. Estos resultados son coincidentes con aquellos publicados por King *et al.* (2006), Behrends *et al.* (2009), Cafe *et al.* (2011), Turner *et al.* (2011) y Barbosa Silveira *et al.* (2012). Estos autores han destacado que el temperamento presentado por los animales no resulta por sí sólo una causa de variación de la calidad de la carne obtenida. No

obstante, dicho temperamento podría efectivamente jugar un papel importante bajo determinadas condiciones de manejo estresantes. Estas afirmaciones se encuentran en contraposición por lo publicado por del Campo *et al.* (2010), quienes observaron que, independientemente de la raza, los novillos más tranquilos mostraron valores de fuerza de corte más bajos. Por su parte, Voisinet *et al.* (1997), Hall *et al.* (2011) y da Silva Coutinho *et al.* (2017) afirmaron que los animales más excitables se asocian a mayores niveles de pH_i, WB y a una mayor incidencia de cortes oscuros. En su conjunto, estos hallazgos evidencian la complejidad existente al momento de relacionar el temperamento de los animales con aquellos aspectos indicadores de la calidad de la carne obtenida.

2.7. Conclusiones

Bajo las condiciones en las que se llevó a cabo el presente ensayo, en términos generales se pudo apreciar en mayor medida un efecto de la categoría sobre las variables evaluadas mientras que, en casos puntuales, se apreció el efecto de la raza o de la interacción existente entre los factores estudiados.

En cuanto a la evaluación del temperamento, no se observó un efecto de la raza entre los bovinos Brangus y Angus. Mientras que el efecto de la categoría fue evidente a través de diversos indicadores parciales, así como en el *score* visual de velocidad de salida, donde los novillos presentaron los mayores niveles de reactividad ante el manejo con respecto a los machos enteros. A través del test de *score* de reactividad que integra los *scores* parciales evaluados, se evidenció el efecto de la interacción, donde los machos enteros de la raza Brangus presentaron los menores niveles del mencionado indicador. Por su parte, las diferencias encontradas en el temperamento no llegaron a verse reflejadas en los parámetros sanguíneos asociados al estrés animal evaluados al momento de la faena.

En términos de los indicadores productivos, se evidenció un efecto notorio de la categoría, mediante el cual el macho entero joven mostró niveles superiores de ganancia diaria de peso vivo, de rendimiento de la canal y de rendimiento carnicero en 6 de los 11 cortes evaluados, con la misma tendencia para los 5 cortes restantes. Por su parte, sólo pudo observarse el efecto de la raza en el rendimiento de la canal a través de valores superiores en bovinos Brangus, sin evidenciarse diferencias entre esta raza y la Angus en las demás variables productivas estudiadas.

En cuanto a la calidad de la carne, se observó un claro efecto de la categoría en la textura y el color en la carne fresca, lo cual se evidenció mediante el análisis instrumental y sensorial mediante el panel de evaluadores entrenados. En

comparación con la carne procedente de los novillos, aquella procedente de los machos enteros jóvenes se asoció a cortes más oscuros y una menor coloración roja expresados en los valores de L^* y a^* (respectivamente), mayores niveles de CRA y de terneza, diferencias que podrían explicarse principalmente en base a niveles elevados de pH_f , con valores inferiores de b^* como posible causa al menor nivel de engrasamiento de los machos no castrados y una menor deposición de grasa intramuscular, lo cual pudo corroborarse mediante el análisis de lípidos totales. En cuanto a la carne madurada, aquella procedente de la categoría macho entero joven mostró menores niveles de masticabilidad y mayores de jugosidad, los cuales se evidenciaron instrumentalmente mediante análisis del perfil de textura y análisis sensorial, respectivamente. No se evidenció ningún efecto de la raza sobre la calidad de la carne, tanto fresca como madurada.

En las condiciones analizadas, no se observó ninguna relación significativa entre el temperamento exhibido por los bovinos y las variables productivas, fisiológicas o de calidad de carne.

2.8. Referencias bibliográficas

- Aguilar, N.M.A. (2016). Avaliação dos comportamentos de pastejo e suas relações com caracteres individuais dos bovinos de corte. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias. Universidad Estatal Paulista, Brasil. [<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/138712>] consultado 22 de junio de 2019.
- Álvarez-Rodríguez, J.; Albertí, P.; Ripoll, G.; Blasco, I.; Sanz, A. (2017). Effect of castration at 10 months of age on growth physiology and behavior of male feral beef cattle. *Animal Science Journal*, 88 (7): 991-998.
- AMSA. (1991). Guidelines for meat colour evaluation. American Meat Science Association and National Livestock and Meat Board, Chicago, IL.
- AMSA. (1995). Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of fresh meat. American Meat Science Association and National Livestock and Meat Board, Chicago, IL.
- Arias, R.A., Pérez Fehrmann, J.A., Velásquez, A.C. y Alvarado-Gilis, C.A. (2014). Ganancia de peso diaria de machos castrados vs. machos enteros durante la recría. *Agro Sur* 42(3): 23-29.
- Arthaud, V.H.; Adams, G.H.; Jacobs, D.R.; Koch, R.M. (1969). Comparison of carcass traits of bulls and steers. *Journal of Animal Science*, 28: 742-745.
- Arthaud, V.H.; Mandigo, R.W.; Koch, R.M.; Kotula, A.W. (1977). Carcass composition, quality and palatability attributes of bulls and steers fed different energy levels and killed at four ages. *Journal of Animal Science*, 44 (1): 53-64.
- Association of Official Analytical Chemists. (1999). Official Methods of Analysis. AOAC, Washington, DC.
- Bailey, C.M.; Probert, C.L.; Bohman, V.R. (1966). Growth Rate, Feed Utilization and Body Composition of Young Bulls and Steers. *Journal of Animal Science*, 25: 132-137.
- Bailey, C.M.; Probert, C.L.; Richardson, P.; Bohman, V.R.; Chancerelle, J. (1966). Quality factors of the *longissimus dorsi* of young bulls and steers. *Journal of Animal Science*, 25: 504-508.
- Ballou, M.A.; Sutherland, M.A.; Brooks, T.A.; Hulbert, L.E.; Davis, B.L.; Cobb, C.J. (2013). Administration of anesthetic and analgesic prevent the suppression of many leukocyte responses following surgical castration and physical dehorning. *Veterinary immunology and immunopathology*, 151 (3-4): 285-293.

- Barbosa Silveira, I.D.; Fischer, V.; Farinatti, L.H.E.; Restle, J.; Alves Filho, D.C.; Menezes, L.F.G. (2012). Relationship between temperament with performance and meat quality of feedlot steers with predominantly Charolais or Nelore breed. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41 (6): 1468-1476.
- Bartoš, L.; Franc, Č.; Řehák, D.; Štípková, I. (1993). A practical method to prevent dark-cutting (DFD) in beef. *Meat science*, 34: 275-82.
- Behrends, S.M.; Miller, R.K.; Rouquette Jr., F.M.; Randel, R.D.; Warrington, B.G.; Forbes, T.D.A.; Holloway, J.W. (2009). Relationship of temperament, growth, carcass characteristics and tenderness in beef steers. *Meat science*, 81(3): 433-438.
- Beltran, J.A.; Jaime, I.; Santolaria, P.; Sanudo, C.; Alberti, P.; Roncales, P. (1997). Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Science*, 45 (2): 201-207.
- Biro, P.A.; Stamps, J.A. (2008). Are animal personality traits linked to life-history productivity? *Trends in Ecology and Evolution*, 23: 361-368.
- Blanco, M.; Ripoll, G.; Delavaud, C.; Casasús, I. (2020). Performance, carcass and meat quality of young bulls, steers and heifers slaughtered at a common body weight. *Livestock Science*, 240: 104156.
- Boivin, X.; Le Neindre, P.; Chupin, J.M.; Garel, J.P.; Trillat, G. (1992). Influence of breed and early management on ease of handling and open-field behaviour of cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 32: 313-23.
- Bourne, M.C. (1978). Texture Profile Analysis. *Food Technology*, 32 (1): 62-66.
- Bradford, M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.
- Bruno, K. (2015). Relationships between behavioural measures and productivity in growing beef cattle. *Theses and Dissertations - Animal and Food Sciences*: 46: 1-163. [https://uknowledge.uky.edu/animalsci_etds/46] consultado 16 de junio de 2018.
- Burrow, H.M. (2001). Variances and covariances between productive and adaptive traits and temperament in a composite breed of tropical beef cattle. *Livestock Production Science*, 70: 213-233.
- Burrow, H.M.; Dillon, R.D. (1997). Relationships between temperament and growth in a feedlot and commercial carcass traits of *Bos indicus* crossbreeds. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 37: 407-411.
- Burrow, H.M.; Seifert, G.W.; Corbet, N.J. (1988). A new technique for measuring temperament in cattle. *Australian Society of Animal Production*, 17: 154-157.

- Bretschneider, G. (2005). Effects of age and method of castration on performance and stress response of beef male cattle: A review. *Livestock Production Science*, 97: 89-100.
- Cafe, L.M.; Robinson, D.L.; Ferguson, D.M.; McIntyre, B.L.; Geesink, G.H.; Greenwood, P.L. (2011). Cattle temperament: Persistence of assessments and associations with productivity, efficiency, carcass and meat quality traits. *Journal of Animal Science*, 89: 1452-1465.
- Cerda, J.; Villarroel, L. (2008). Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Revista chilena de pediatría*, 79 (1): 54-58.
- Clemente, G.; Monge, J.L. (2012). Macho Entero Joven, una alternativa técnica-económica para producir carne. *Producir XXI*, 20: 56-62.
- Colditz, I.G.; Fell, L.R.; Walker, K.H.; Wilson, D.L. (1999). Associations between temperament, performance and immune function in cattle entering a commercial feedlot. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 39: 795-802.
- Cooke, R.F.; Schubach, K.M.; Marques, R.S.; Peres, R.F.G.; Silva, L.G.T.; Carvalho, R.S.; Cipriano, R.S.; Bohnert, D.W.; Pires, A.V.; Vasconcelos, J.L.M. (2017). Effects of temperament on physiological, productive, and reproductive responses in *Bos indicus* beef cows. *Journal of Animal Science*, 95: 1-8.
- Curley, K.O.J.; Lyons, M.S.; Brown, T.E.; Lawrence, J.A.; Carroll, R.C.; Vann, S.T.; Willard, T.H.; Welsh, T.; Randel, R.D. (2006). Influence of breed type and temperament on anatomic and endocrinologic parameters on the bovine hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis. *Journal of Animal Science*, 84 (1): 353.
- Cziszter, L.T.; Gavojdian, D.; Neamt, R.; Neciu, F.; Kusza, S.; Ilie, D.E. (2016). Effects of temperament on production and reproductive performances in Simmental dual-purpose cows. *Journal of Veterinary Behavior*, 15: 50-55.
- Da Silva Coutinho, M. A.; Ramos, P.M.; Silva, S.D.L.; Martello, L.S.; Pereira, A.S.C.; Delgado, E.F. (2017). Divergent temperaments are associated with beef tenderness and the inhibitory activity of calpastatin. *Meat Science*, 134: 61-67.
- Davison, C.W.; Miller, R.R. (1978). Production of Young bull beef. *Southern Journal of Agricultural Economics*, 10: 65-70.
- Daszkiewicz, T.; Wajda, S.; Kubiak, D.; Krasowska, J. (2009). Quality of meat from young bulls in relation to its ultimate pH value. *Animal Science Papers and Reports*, 27: 293-302.

- De Ávila, M.D.R.; Cambero, M.I.; Ordóñez, J.A.; de la Hoz, L.; Herrero, A.M. (2014). Rheological behaviour of commercial cooked meat products evaluated by tensile test and texture profile analysis (TPA). *Meat science*, 98 (2): 310-315.
- De Rocco, F., Morena, H. y Sánchez Chopa, F. (2016). Conversión alimenticia del macho entero joven versus el novillo. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. [<http://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1182/De%20Rocco%2C%20Federico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>] consultado 6 de noviembre de 2018.
- Del Campo, M.; Brito, G.; De Lima, J.S.; Hernández, P.; Montossi, F. (2010). Finishing diet, temperament and lairage time effects on carcass and meat quality traits in steers. *Meat Science*, 86(4): 908-914.
- Dunne, P.G.; Keane, M.G.; O'Mara, F.P.; Monahan, F.J.; Moloney, A.P. (2004). Colour of subcutaneous adipose tissue and M. longissimus dorsi of high index dairy and beef x dairy cattle slaughtered at two liveweights as bulls and steers. *Meat Science*, 68 (1): 97-106.
- Eysenck, M.W. (1994). Personality: Factor theories. En: College, U.O.L.; Eysenck, M.W. Individual differences: normal and abnormal. Psychology Press, Londres. Primera edición. Capítulo 3: 39-70.
- Fabiansson, S.; Erichsen, I.; Reuterswärd, A.L.; Malmfors, G. (1984). The incidence of dark cutting beef in Sweden. *Meat science*, 10 (1): 21-33.
- Fazio, E.; Medica, P.; Cravana, C.; Cavaleri, S.; Ferlazzo, A. (2012). Effect of temperament and prolonged transportation on endocrine and functional variables in young beef bulls. *Veterinary Record*, 171: 644-651.
- Fell, L. R.; Colditz, I.G.; Walker, K.H.; Watson, D.L. (1999). Associations between temperament, performance and immune function in cattle entering a commercial feedlot. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 39: 795-802.
- Ferguson, D.M.; Warner, R.D. (2008). Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Science*, 80: 12-19.
- Fisher, A.D.; Crowe, M.A.; De La Varga, M.A.; Enright, W.J. (1996). Effect of castration method and the provision of local anesthesia on plasma cortisol, scrotal circumference, growth, and feed intake of bull calves. *Journal of Animal Science*, 74 (10): 2336-2343.
- Fisher, A.D.; Crowe, M.A.; Ó'Nualláin, E.M.; Monaghan, M.L.; Larkin, J.A.; O'Kiely, P.; Enright, W.J. (1997). Effects of cortisol on in vitro interferon- γ production, acute-phase proteins, growth, and feed intake in a calf castration model. *Journal of Animal Science*, 75 (4): 1041-1047.

- Folch, J.; Lees, M.; Stanley, G.H.S. (1957). A simple method for total lipid extraction and purification. *Journal of Biological Chemistry*, 226 (1): 497-509.
- Fordyce, G.; Wythes, J.R.; Shorthose, W.R.; Underwood, D.W.; Shepherd, R.K. (1988). Cattle temperaments in extensive beef herds in northern Queensland. 2. Effect of temperament on carcass and meat quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 28 (6): 689-693.
- Fordyce, G.; Goddard, M.E.; Tyler, R.; Williams, G.; Toleman, M.A. (1985). Temperament and bruising of *Bos indicus* cross cattle. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 25: 283-288.
- Fordyce, G.; Goddard, M.; Seifert, G.W. (1982). The measurement of temperament in cattle and effect of experience and genotype. *Animal Production in Australia*, 14: 329-332.
- Gosling, S.D. (2001). From mice to men: what can we learn about personality from animal research? *Psychological Bulletin*, 127: 45-86.
- Grandin, T.; Shivley, C. (2015). How farm animals react and perceive stressful situations such as handling, restraint, and transport. *Animals*, 5 (4): 1233-1251.
- Grandin, T. (1993). Behavioral agitation during handling of cattle is persistent over time. *Applied Animal Behaviour Science*, 36: 1-9.
- Grigioni, G. (2011). Manual de procedimientos: determinación de parámetros de calidad física y sensorial de carne bovina. Ediciones INTA, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Primera edición.
- Hall, N.L.; Buchanan, D.S.; Anderson, V.L.; Ilse, B.R.; Carlin, K.R.; Berg, E.P. (2011). Working chute behavior of feedlot cattle can be an indication of cattle temperament and beef carcass composition and quality. *Meat Science*, 89 (1): 52-57.
- Haskell, M.J.; Simm, G.; Turner, S.P. (2014). Genetic selection for temperament traits in dairy and beef cattle. *Frontiers in Genetics*, 5: 1-18.
- Hettich, R. (1995). Determinación del valor de hematocrito mediante centrifugación. Determinación del hematocrito con tubos capilares estándar. [http://dbc.hettichlab.com/appc/_upload/hettich/2009_37/M__todo_Diagnosis_Hematocrito.pdf] consultado 16 de noviembre de 2017.
- Holroyd, R.G.; Petherick, J.C.; Venus, B.K.; Doogan, V.J. (2000). Effects of grouping feedlot steers with a range of flight speeds on liveweight and temperament changes. *Animal Production for a Consuming World AAAP-ASAP Conference*. Sydney, Australia, 2-7 de julio de 2000. *Proceedings of Animal Production Australia*, 23: 581.

- Hoppe, S.; Brandt, H.R.; König, S.; Erhardt, G.; Gauly, M. (2010). Temperament traits of beef calves measured under field conditions and their relationships to performance. *Journal of Animal Science*, 88: 1982-1989.
- Iglesias, R. O., Gonzalez, D. M., Bain, I., La Torraca, A. J. y López, O. (2020). Macho Entero Joven, una nueva categoría eficiente en bovinos. INTA Digital. [https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/8470/INTA_CRPa_tagoniaSur_EEACHubut_Iglesias_RO_Macho_entero_joven.pdf?sequence=1&isAllowed=y] consultado 11 de octubre de 2021.
- Jauregui, C.A.; Regenstein, J.M.; Baker, R.C. (1981). A simple centrifugal method for measuring expresible moisture, a water-binding property of muscle foods. *Journal of Food Science*, 46: 1271-1273.
- Jeremiah, L.E.; Tong, A.K.; Gibson, L.L. (1991). The usefulness of muscle color and pH for segregating beef carcasses into tenderness groups. *Meat Science*, 30 (2): 97-114.
- Juárez, M.; Polvillo, O.; Conto, M.; Ficco, A.; Ballico, S.; Failla, S. (2008). Comparison of four extraction/methylation analytical methods to measure fatty acid composition by gas chromatography in meat. *Journal of Chromatography A*, 1190 (1-2): 327-332.
- Kent, J.E.; Thrusfield, M.V.; Robertson, I.S.; Molony, V. (1996). Castration of calves: a study of methods used by farmers in the United Kingdom. *Veterinary Record*, 138(16): 384-387.
- Kilgour, R.J.; Melville, G.J.; Greenwood, P.L. (2006). Individual differences in the reaction of beef cattle to situations involving social isolation, close proximity of humans, restraint and novelty. *Applied Animal Behaviour Science*, 99: 21-40.
- King, D.A.; Schuehle Pfeiffer, C.E.; Randel, R.D.; Welsh, T.H.; Oliphint, R.A.; Baird, B.E.; Curley, K.O.; Vann, R.C.; Hale, D.S.; Savell, J.W. (2006). Influence of animal temperament and stress responsiveness on the carcass quality and beef tenderness of feedlot cattle. *Meat Science*, 74: 546-556.
- Klosterman, E.W.; Kunkle, L.E.; Gerlaugh, P.; Cahill, V.R. (1954). The effect of age of castration upon rate and economy of gain and carcass quality of beef calves. *Journal of Animal Science*, 13 (4): 817-825.
- Lanier, J.L. y Grandin, T. (2002). The Relationship between *Bos taurus* feedlot cattle temperament and cannon bone measurements. *Proceedings Western Section American Society of Animal Science*, 53: 105-108.
- Latimori, N.J.; Kloster, A.M.; Amigoni, M. (2013). Invernada corta de novillos pesados para exportación. En: Latimori, N.J.; Kloster, A.M. Invernada bovina en zonas mixtas: claves para una actividad más rentable y eficiente. Ediciones INTA.

Ciudad autónoma de Buenos Aires. Segunda edición ampliada. Capítulo 8. [<https://inta.gob.ar/documentos/invernada-corta-de-novillos-pesados-para-exportacion>] consultado 23 de febrero de 2018.

- León-Llanos, L.M.; Flórez-Díaz, H. (2016). La importancia del temperamento en la producción de ganado de carne bovina. *Orinoquia*, 20 (2): 55-63.
- Lines, G. (2015). Cow talk: Understanding dairy cow behaviour to improve their welfare on Asian farms. Book Review. *Agricultural Science*, 27: 77-92.
- Mach, N.; Bach, A.; Velarde, A.; Devant, M. (2008). Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. *Meat Science*, 78 (3): 232-238.
- Maffei, W.E.; Bergmann, J.A.G.; Pinotti, M.; Oliveira, M.E.C.; Silva, C.Q. (2006). Animal reactivity in a mobile cage: a new methodology to access bovine temperament. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 58: 1123-1131.
- Maggioni, D.; de Araújo Marques, J.; Rotta, P.P.; Perotto, D.; Ducatti, T.; Visentainer, J.V.; do Prado, I.N. (2010). Animal performance and meat quality of crossbred young bulls. *Livestock Science*, 127 (2-3): 176-182.
- Manteca, X.; Deag, J.M. (1993). Individual differences in temperament of domestic animals: A review of methodology. *Animal Welfare*, 2: 247-268.
- Martínez Ortega, R.M.; Tuya Pendás, L.C.; Martínez Ortega, M.; Pérez Abreu, A.; Cánovas, A.M. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8 (2): 20-30.
- Miguel, G.Z.; Faria, M.H.; Roca, R.O.; Santos, C.T.; Suman, S.P.; Faitarone, A.B.; Savian, T.V. (2014). Immunocastration improves carcass traits and beef color attributes in Nellore and Nellore × Aberdeen Angus crossbred animals finished in feedlot. *Meat Science*, 96 (2): 884-891.
- Moletta, J.L.; Torrecilhas, J.A.; Ornaghi, M.G.; Cortêz Passetti, R.A.; Eiras, C.E.; Nunes do Prado, I. (2014). Feedlot performance of bulls and steers fed on three levels of concentrate in the diets. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 36: 323-328.
- Müller, R.; von Keyserlingk, M.A.G. (2006). Consistency of flight speed and its correlation to productivity and to personality in *Bos taurus* beef cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 99: 193–204.
- Müller, R.; Schrader, L. (2005). Behavioural consistency during social separation and personality in dairy cows. *Behaviour*, 142: 1295-1312.
- Nkrumah, J.D.; Crews Jr., D.H.; Basarab, J.A.; Price, M.A.; Okine, E.K.; Wang, Z.; Li, C.; Moore, S.S. (2007). Genetic and phenotypic relationships of feeding behavior and temperament with performance, feed efficiency, ultrasound, and carcass merit of beef cattle. *Journal of Animal Science*, 85: 2382-2390.

- OIE. (2017). Código Sanitario para los Animales Terrestres. Título 7. Bienestar de los animales. [<https://www.oie.int/es/normas/codigo-terrestre/acceso-en-linea/>] consultado 18 de marzo de 2019.
- Page, J.K.; Wulf, D.M.; Schwotzer, T.R. (2001). A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science*, 79 (3): 678-687.
- Petherick, J.C.; Doogan, V.J.; Holroyd, R.G.; Olsson, P.; Venus, B.K. (2009). Quality of handling and holding yard environment, and beef cattle temperament: 1. Relationships with flight speed and fear of humans. *Applied Animal Behaviour Science*, 120: 18-27.
- Petherick, J.C.; Holroyd, R.G.; Doogan, V.J.; Venus, B.K. (2002). Productivity, carcass and meat quality of lot-fed *Bos indicus* cross steers grouped according to temperament. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 42: 389-398.
- Piovezan, U.; dos Santos Gonçalves Cyrillo, J.N.; Paranhos da Costa, M.J. (2013). Breed and selection line differences in the temperament of beef cattle. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 35: 207-212.
- Puolanne, E.; Aalto H. (1981). The Incidence of Dark-Cutting Beef in Young Bulls in Finland. En: Hood, D.E.; Tarrant P.V. *The Problem of Dark-Cutting in Beef. Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science*. Springer, Dordrecht. Primera edición. Capítulo 10: 462-475.
- Purchas, R.W.; Grant, D.A. (1995). Liveweight gain and carcass characteristics of bulls and steers farmed on hill country. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 38: 131-142.
- Raj, A.M.; Moss, B.W.; Rice, D.A.; Kilpatrick, D.J.; McCaughey, W.J.; McLauchlan, W. (1992). Effect of mixing male sex types of cattle on their meat quality and stress-related parameters. *Meat Science*, 32 (4): 367-386.
- Ratcliff, M.D.; Kegley, E.B.; Lusby, K.S.; Gunter, S.A.; Daniels, L.B. (2005). Assessment of the Impact of Castration upon Arrival on Long-Term Growth Performance of Stocker Cattle. *Arkansas Animal Science Department Report*, 535: 112-229.
- Réale, D.; Reader, S.M.; Sol, D.; McDougall, P.T.; Dingemanse, N.J. (2007). Integrating animal temperament within ecology and evolution. *Biological Reviews*, 82: 291-318.
- Sant'Anna, A.C. (2013). Métodos para avaliação do temperamento de bovinos: Estimaco de parâmetros genéticos e relações com o desempenho. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias. Universidad Estatal Paulista, Brasil.
[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/102773/santanna_ac_dr_ja_bo.pdf?sequence=1] consultado 14 de junio de 2019.

- Sanz, M.C.; Verde, M.T.; Sáez, T.; Sañudo, C. (1996). Effect of Breed on the Muscle Glycogen Content and Dark Cutting Incidence in Stressed Young Bulls. *Meat Science*, 43: 31-42.
- Scott, J.; Fredericson, E. (1951). The causes of fighting in mice and rats. *Physiological Zoology*, 14: 273-309.
- Seideman, S.C.; Cross, H.R.; Oltjen, R.R.; Schanbacher, B.D. (1982). Utilization of the intact male for red meat production: a review. *Journal of Animal Science*, 55 (4): 826-840.
- Sih, A.; Bell, A.; Johnson, J.C. (2004). Behavioral syndromes: an ecological and evolutionary overview. *Trends in Ecology and Evolution*, 19: 372-378.
- Smith, G.C.; Grandin, T. (1999). The relationship between good handling/stunning and meat quality. pp. 1-22. American Meat Institute Foundation. [<http://www.grandin.com/behaviour/effect.of.transport.html>] consultado 22 de junio de 2019.
- Stafford, K.J.; Mellor, D.J. (2005). The welfare significance of the castration of cattle: a review. *New Zealand veterinary journal*, 53 (5): 271-278.
- Stricklin, W.R.; Kautz-Scanavy, C.C. (1984). The role of behavior in cattle production: A review of research. *Applied Animal Ethology*, 11: 359-390.
- Szczesniak, A.S. (1963). Classification of Textural Characteristics a. *Journal of food science*, 28 (4): 385-389.
- Ting, S.T.L.; Earley, B.; Hughes, J.M.L. y Crowe, M.A. (2003). Effect of ketoprofen, lidocaine local anesthesia, and combined xylazine and lidocaine caudal epidural anesthesia during castration of beef cattle on stress responses, immunity, growth, and behavior. *Journal of Animal Science*, 81 (5): 1281-1293.
- Tulloh, N.M. (1961). Behaviour of cattle in yards. II. A study of temperament. *Animal behaviour*: 9 (1-2): 25-30.
- Turner, S.P.; Navajas, E.A.; Hyslop, J.J.; Ross, D.W.; Richardson, R.I.; Prieto, N.; Bell, M.; Jack, M.C.; Roehe, R. (2011). Associations between response to handling and growth and meat quality in frequently handled beef cattle. *Journal of Animal Science*, 89: 4239-4248.
- Vann, R.C.; Randel, R.D., Welsh Jr., T.H., Willard, S.T. y Carroll, J.A. (2008). Evaluation of Temperament and Transportation Stress on Body Composition Traits and Meat Quality in Beef Cattle. 61st American Meat Science Association Reciprocal Meat Conference. Gainesville, Florida, Estados Unidos de América. 22 al 25 de junio de 2008. Proceedings of the 61st American Meat Science Association Reciprocal Meat Conference, 1: 1-5.

- Voisinet, B.D.; Grandin, T.; Tatum, J.D.; O'Connor, S.F.; Struthers, J.J. (1997). Feedlot cattle with calm temperaments have higher average daily gains than cattle with excitable temperaments. *Journal of Animal Science*, 75: 892–896.
- Waiblinger, S.; Boivin, X.; Pedersen, V.; Tosi, M.V.; Janczak, A.M.; Visser, E.K.; Jones, R.B. (2006). Assessing the human–animal relationship in farmed species: a critical review. *Applied animal behaviour science*, 101 (3-4): 185-242.
- Warner, R.D. (2017). The eating quality of meat. IV Water-holding capacity and juiciness. En: Toldra, F. *Lawrie's Meat Science*. Woodhead Publishing, Sawston. Primera edición. Capítulo 14: 419-459.
- Watson, M.J. (1969). The effects of castration on the growth and meat quality of grazing cattle. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 9: 164-171.
- Wechsler, B. (1995). Coping and coping strategies: A behavioural view. *Applied Animal Behaviour Science*, 43: 123-134.
- Węglarz, A. (2010). Meat quality defined based on pH and color depending on cattle category and slaughter season. *Czech Journal of Animal Science*, 55: 548-556.
- Zone, Á. (2013). Engorde, producción y comercialización de novillos y toritos en la Argentina. Trabajo Final de grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. [<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/engorde-produccion-comercializacion.pdf>] consultado 23 de junio de 2019.

**3. EFECTO DEL RECURSO SOMBRA SOBRE
VARIABLES PRODUCTIVAS, FISIOLÓGICAS,
COMPORTAMENTALES Y DE SALUD EN BOVINOS DE
ENGORDE A CORRAL DURANTE UN PERÍODO DE
ALTO RIESGO DE ESTRÉS POR CALOR.**

3.1. Introducción

Los animales viven en un estado de cercana interacción entre la complejidad de los procesos físicos y químicos de su propio cuerpo y el entorno que los rodea (Richards, 1973; Yousef, 1985). En este sentido, la influencia que ejerce el clima sobre la producción bovina ha sido reconocida desde hace algunas décadas (Johnson, 1987).

Como mamíferos, los bovinos cuentan con la característica de ser organismos homeotermos y, como tales, son capaces de mantener relativamente constante su temperatura corporal ante fluctuaciones en la temperatura efectiva del ambiente circundante. A través del proceso denominado balance térmico, los bovinos cuentan con la posibilidad de ganar o eliminar calor desde o hacia el ambiente que lo rodea a través de un constante proceso de termo-neutralidad que involucra el flujo de calor mediante diversos mecanismos (Oyhanart *et al.*, 2017). En los casos en los cuales estas vías de termorregulación no resultan suficientes para mantener la homeotermia, el animal ingresa en una fase conocida como zona de estrés térmico. Este fenómeno se define como la suma de las fuerzas externas que actúan sobre un animal causando un incremento en su temperatura corporal, lo que se traduce en una respuesta fisiológica (Dikmen y Hansen, 2009) en la cual el animal pierde su capacidad de lidiar con el ambiente que lo rodea y genera cambios drásticos en diversas funciones biológicas que afectan su bienestar (Finch, 1984; Habeeb *et al.*, 1992; Broom y Johnson, 1993; Silanikove, 2000).

La permanencia en un ambiente que presenta condiciones climáticas severas exige esfuerzos desmesurados del animal que pone en juego sus mecanismos para mantener la temperatura interna constante. Con el aumento severo y/o prolongado de la temperatura corporal por encima de niveles aceptables, los tejidos corporales y órganos pueden verse dañados. Asimismo, se generan alteraciones fisiológicas acompañadas de variaciones en la secreción hormonal, así como modificaciones de comportamiento, con lo cual los animales intentan lograr la termorregulación. En caso de no poder contrarrestar el desafío que implican estas condiciones externas adversas, el animal sufre consecuencias en las cuales la fisiología, el comportamiento y la salud se ven marcadamente afectados por el medioambiente en el cual se encuentran (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food of United Kingdom, 2000). En el peor de los escenarios, dichas consecuencias pueden implicar su muerte (Meat and Livestock Australia, 2006).

En las regiones más cálidas del planeta, comprendidas entre los 30° de latitud al norte y al sur de la línea ecuatorial, entre los trópicos de Cáncer y Capricornio,

prevalecen condiciones de temperatura, humedad y radiación solar por encima del rango de confort para la producción eficiente del ganado bovino (West, 2003). Asimismo, en las regiones subtropicales se ha evidenciado el estrés térmico en el ganado destinado a la producción de carne. Sin embargo, en las regiones templadas, pocos fueron los estudios realizados sobre las condiciones climáticas y su impacto en el bienestar de los animales y su salud (Tuytens *et al.*, 2015). En este sentido, la Argentina presenta regiones geográficas que presentan climas subtropicales o templados en el centro y norte de su territorio, con veranos en los que pueden exhibirse condiciones medioambientales en las que el confort térmico de los bovinos podría llegar a verse comprometido.

3.1.1. Carga calórica y balance térmico

Al momento de lidiar con un entorno térmico adverso, los bovinos cuentan con diversas alternativas para contrarrestarlo fisiológicamente (Bonilla, 1999). Si bien existe una leve eliminación de calor corporal a través de las heces y orina, la gran parte de éste se lleva a cabo por medio de dos tipos de mecanismos. El primero de ellos es la transmisión de calor, responsable de aproximadamente el 75% del calor disipado por conducción, convección y radiación. El segundo de ellos lo constituye la evaporación o enfriamiento evaporativo, la cual representa una alternativa mediante la cual el bovino recurre a los sistemas de sudoración y jadeo (figura 3.1) (Arias *et al.*, 2008).

La conducción es la transferencia de calor a través del contacto físico del animal con una superficie que tenga una temperatura inferior a la del mismo. Cuando los animales se encuentran de pie, la conducción del calor a las superficies sólidas es usualmente mínima, debido a que sólo sus pezuñas (aproximadamente el 2% de la superficie corporal) son las que están en contacto con el suelo. Sin embargo, cuando los animales se encuentran echados, la superficie corporal en contacto con el suelo asciende al 20-30%. De este modo, en condiciones meteorológicas en las cuales se presentan temperaturas efectivas elevadas, que pueden originar temperaturas de superficie de los suelos y demás instalaciones de hasta 80 °C, los animales tienden a evitar el contacto con el suelo manteniéndose de pie. Otras vías por las cuales puede darse la conducción de calor son a través del aire que se encuentra en contacto con el pelaje y la piel del animal, así como el consumo de agua fría, en donde se puede lograr una merma de la carga calórica corporal leve, aunque relevante para el organismo (Arias *et al.*, 2008).

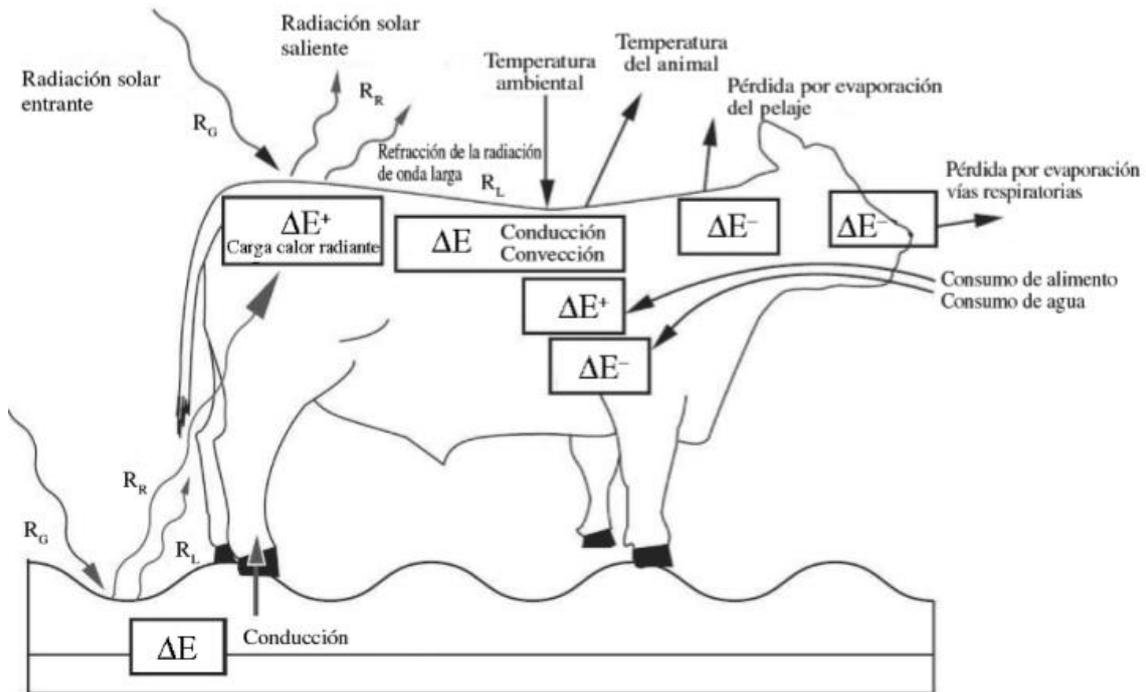


Figura 3.1. Balance térmico en el ganado bovino de carne. Fuente: Arias *et al.* (2008).

Las pérdidas por convección se producen ya sea por un proceso natural en el que el aire caliente asciende y es reemplazado por aire de menor temperatura (convección pasiva), o bien, por el movimiento del aire debido al viento, ventiladores u otros medios mecánicos (convección forzada). El movimiento de aire de menor temperatura efectiva puede lograr una merma significativa de la temperatura corporal del ganado, proceso denominado enfriamiento convectivo. Sin embargo, si la temperatura del aire es elevada o contiene altos valores de humedad, la transferencia de calor por convección se ve claramente limitada. Esto sucede en los casos que las temperaturas diurnas se acercan a la temperatura del animal, en donde el exceso del calor corporal que se pierde por enfriamiento convectivo es claramente lento y el ganado se vuelve dependiente de la baja de temperatura existente durante la noche para liberar el calor corporal acumulado. En caso de contar con temperaturas nocturnas elevadas, la carga calórica del animal que ha sido acumulada durante el día se mantendrá y podrá continuar acumulándose si las condiciones meteorológicas del siguiente día se mantienen extremas (Arias *et al.*, 2008).

Por otro lado, los animales emiten y reciben energía radiante procedente del sol y de otros objetos del ambiente circundante. Si la temperatura corporal del animal es superior a la de su entorno, se irradiará una gran cantidad de calor desde su cuerpo en comparación con la cantidad de radiación que éste reciba. Sin embargo, en situaciones en las que los animales están expuestos directamente al sol o a superficies circundantes que se encuentran a temperaturas elevadas, la radiación

puede llegar a incrementar la temperatura del animal. Cuando oscurece, el cielo ya no provee radiación, constituyendo un período en el que pueden disipar calor hacia su entorno (Meat and Livestock Australia, 2006; Arias *et al.*, 2008).

Como se mencionó previamente, la evaporación constituye otra vía por medio de la cual se puede disipar calor. El ganado de engorde a corral depende en gran medida de la capacidad que tenga de evaporar la humedad para generar una pérdida de la carga calórica. En este sentido, los bovinos tienen una capacidad limitada de sudar, por lo que la principal vía para generar un enfriamiento evaporativo es a través de su sistema respiratorio. Recurriendo al jadeo, a través de un incremento de su frecuencia respiratoria, se eleva el flujo de aire sobre las superficies húmedas de su hocico, boca y tracto respiratorio, promoviendo la eliminación de calor.

Los factores que incrementan la humedad localizada en los corrales pueden incrementar el riesgo de que ocurra una carga calórica excesiva. Estos factores incluyen la lluvia previa a un período de elevadas temperaturas, el uso de aspersores o nebulizadores para el enfriamiento de los bovinos y la práctica de riego en zonas aledañas al *feedlot* (Meat and Livestock Australia, 2006).

Para poder comprender cuáles son las variables que juegan un papel clave en los eventos que desembocan en el estrés térmico de los animales, resulta oportuno realizar una descripción de las causas que se traducen en un aumento de la carga calórica, y de las vías existentes para el intercambio de calor que participan en el proceso del balance térmico.

En el ganado bovino, la principal fuente de carga calórica corporal es el calor metabólico producido dentro del organismo cuando el alimento es digerido y metabolizado, generando energía disponible para diferentes funciones, tales como el mantenimiento y el crecimiento. La mayoría del calor metabólico se genera en el corazón del animal. Éste se transporta por la sangre hasta la piel y las extremidades, para luego ser transferido a su entorno en el caso de que la temperatura efectiva ambiental sea inferior a la de la superficie del animal. Cuando el valor de la temperatura efectiva es elevado, la transferencia de calor que el animal pueda realizar hacia el ambiente se verá dificultada, acumulándose calor corporal que conduce a la carga calórica excesiva y a la hipertermia (Mader *et al.*, 2006).

Otra fuente de carga calórica corporal es la proveniente del ambiente en el que se encuentran inmersos los animales. Estudios realizados desde mediados del siglo XX han establecido puntos críticos en donde las temperaturas ambientales provocan reacciones fisiológicas de actividad metabólica en los bovinos (Bianca, 1962; Berman, 2005). El primero de los puntos críticos se ha denominado termo-neutralidad, que en el caso de las razas *Bos taurus* corresponde a la temperatura media ambiental de 18°C,

en la cual el calor corporal de los bovinos adultos se encuentra en equilibrio. El segundo punto crítico es el rango de temperatura ambiental comprendido, para dichas razas, entre los 6°C y los 21°C. Este rango de temperatura se denomina zona de confort térmico, en la cual el bovino es capaz de mantener la temperatura interna mediante los mecanismos termorreguladores normales, sin necesidad de realizar gasto alguno de energía adicional. Cuando el animal supera el límite superior de la zona termo-neutral, el mantenimiento de su temperatura corporal normal altera su tasa metabólica basal. Si este fenómeno persiste durante períodos prolongados, se genera un estado de respuestas fisiológicas, hormonales y de comportamiento representativas de estrés térmico (Arias *et al.*, 2008). A medida que el calor ambiental se aproxima a la temperatura corporal (37,5-39,5 °C) los mecanismos de disipación de calor no evaporativos (conducción, convección y radiación) pierden efectividad y, de esta manera, la evaporación queda como único y principal camino que tiene el bovino para disipar el calor (Shearer y Bray, 1995).

Cuando el ganado se encuentra fuera de la zona termo-neutral, la respuesta se manifiesta en cambios en las estrategias adoptadas para enfrentar el período de estrés y en los requerimientos de nutrientes. En su conjunto, estas estrategias provocan una reducción en su desempeño productivo (Conrad, 1985). Teniendo en cuenta este aspecto y relacionándolo con el esquema que asocia las condiciones ambientales con la supervivencia animal (figura 3.2), ante un aumento de la temperatura efectiva ambiental por encima de un valor determinado, el desbalance energético imposibilita mantener las condiciones homeotérmicas (zona C'-D' de la figura 3.2). En esta situación, la temperatura corporal se ve afectada, pudiendo conducir a la muerte por hipertermia (Arias *et al.*, 2008).

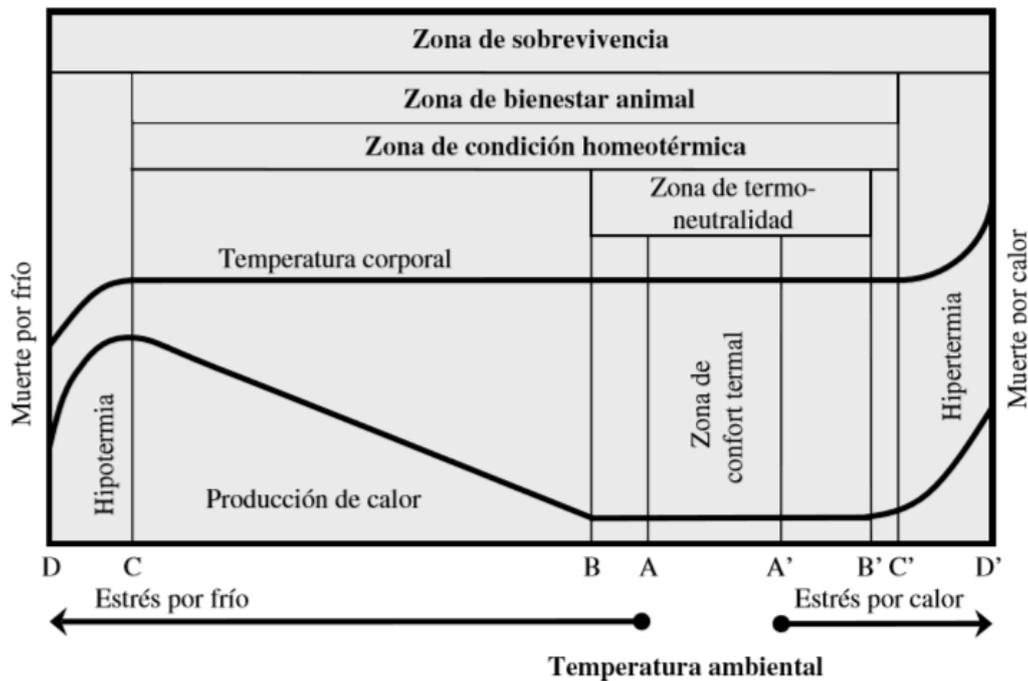


Figura 3.2. Representación esquemática de las condiciones ambientales críticas para la supervivencia animal (adaptado de Bianca 1968 y Silanikove, 2000).
Fuente: Arias *et al.* (2008).

En términos generales, se puede afirmar que, en los sistemas intensivos de producción, los animales presentan mecanismos fisiológicos más restringidos para hacer frente al exceso de calor proveniente de dietas de elevada densidad energética (ej.: dieta a base de grano de maíz utilizada en período de engorde a corral). Bajo estas condiciones y durante la temporada de verano, los animales presentan un incremento en el consumo diario de agua y una merma de su consumo de materia seca. Este aumento de consumo diario de agua se asocia a las variaciones en la cantidad de sangre circulante en el organismo, así como a la tasa a la cual ésta se evapora en la piel y en el tracto respiratorio (Richards, 1973).

Si bien el ganado puede resistir cortos períodos de adversidad y compensar las ganancias cuando las condiciones ambientales son restauradas (Johnson *et al.*, 1975; Hahn, 1986), diversos estudios indican que las temperaturas extremas en la estación estival tienen consecuencias productivas significativas, incluyendo la muerte de numerosos animales (Hahn *et al.*, 1993; Mader *et al.*, 2001).

Para realizar una correcta interpretación de la severidad de las condiciones de estrés por calor a las que se encuentra expuesto un animal, es importante contemplar no sólo la intensidad del mismo en un momento puntual, sino que también debe tenerse en cuenta la duración (cantidad de días y cantidad de horas/día) y la

frecuencia con la que los animales se encuentran expuestos a tales condiciones (Silanikove, 2000).

3.1.2. Respuestas fisiológica y comportamental a la carga térmica elevada

Tal como se mencionó previamente, el estrés por calor se define como la suma de fuerzas externas que actúan sobre el animal, causando un incremento de su temperatura corporal y generando una respuesta fisiológica (Dikmen y Hansen, 2009). A estos eventos se le suma además una modificación del comportamiento con el fin de afrontar las condiciones que presenta el entorno (Blackshaw y Blackshaw, 1994).

Dentro de las herramientas fisiológicas que poseen los bovinos para eliminar calor, las que favorecen el enfriamiento evaporativo son de gran relevancia en términos de eficiencia. Entre éstas se encuentran la sudoración, fenómeno limitado por la cantidad de glándulas sudoríparas presentes en la cobertura (Kadzere *et al.*, 2002), y el aumento de la tasa respiratoria, que se destaca por su eficiencia, al eliminar calor en forma de humedad vaporizada desde los pulmones (Gebremedhin *et al.*, 2008). Resulta importante mencionar que, ante la presencia de periodos calurosos prolongados, el enfriamiento evaporativo de los bovinos depende en gran medida de la humedad circundante, representando hasta el 60% de las pérdidas de calor por esta vía (Hales y Webster, 1967), en la cual se distinguen dos fases de jadeo. La primera de ellas se caracteriza por el incremento de la frecuencia respiratoria, causal de un mayor volumen respiratorio, observado en el movimiento del diafragma. La segunda fase está representada por respiraciones más lentas y profundas, con la boca abierta (Hales y Webster, 1967), visualizado en movimiento del tórax (Thompson, 1985). En los casos más severos, esta segunda fase se ve acompañada por babeo, protuberancia de la lengua y la extensión de la cabeza (Hales y Webster, 1967; Beatty *et al.*, 2006).

Otra respuesta termorregulatoria es la vasodilatación, en la que existen modificaciones en el volumen y la distribución del flujo sanguíneo hacia la piel, lengua, orejas, región nasal y músculos respiratorios. En simultáneo, el flujo sanguíneo a otros músculos y a la mayoría de los órganos abdominales decrece, hecho que podría ser la causa de la disminución del apetito, de la ganancia de peso y de la eficiencia de conversión alimenticia (Alexander *et al.*, 1987). Para compensar al incremento marcado del flujo sanguíneo periférico y evitar la disminución de la presión sanguínea arterial, el organismo recurre al aumento de la frecuencia cardíaca y/o la redistribución del flujo sanguíneo entre las diferentes regiones, de acuerdo a los requerimientos termorregulatorios (Monty *et al.*, 1991).

Se ha observado que cuando los animales experimentan una carga calórica excesiva sobreviene un desbalance ácido-base como consecuencia del incremento de la tasa respiratoria. Así, la eliminación de dióxido de carbono a una tasa más elevada que su producción por parte de los tejidos, disminuye sus niveles en sangre y altera el balance entre este gas y el bicarbonato, determinante en la regulación del pH sanguíneo en niveles normales. Este hecho conduce a un estado de alcalosis respiratoria, el cual se acentúa durante la segunda fase de jadeo (Hales y Webster, 1967). Como consecuencia, se pueden generar disrupciones en el metabolismo celular y, por lo tanto, en las funciones biológicas (Robinson, 2002).

Adicionalmente, el estrés térmico también puede ser responsable de alteraciones del sistema endócrino, involucrado en gran medida en la coordinación del metabolismo (Beede y Collier, 1986). Las hormonas mayormente asociadas a la adaptación al estrés por calor son la prolactina (PRL), la hormona del crecimiento GH, las hormonas tiroideas, los glucocorticoides, los mineralocorticoides, las catecolaminas y la hormona antidiurética ADH.

En los bovinos, se sabe que la PRL puede elevar sus niveles en sangre bajo condiciones de estrés térmico (Wetteman y Tucker, 1974) con la finalidad de promover el cumplimiento de las demandas de agua y electrolitos (Collier *et al.*, 1982). Por su parte, los niveles de GH podrían disminuir frente a este estresor (Mitra *et al.*, 1972) con el fin de minimizar la calorígenesia orientada al mantenimiento del calor en el cuerpo (Bauman y Currie, 1980). Dado que esta hormona también eleva la producción de calor estimulando la actividad tiroidea (Yousef y Johnson, 1966a), una reducción de su secreción sería necesaria para la supervivencia de los organismos homeotermos bajo elevadas temperaturas ambientales. Por su parte, las hormonas tiroideas triiodotironina (T_3) y tetraiodotironina (T_4), determinantes primarias de la tasa metabólica basal y de una correlación positiva con la ganancia de peso (Magdub *et al.*, 1982), presentan una respuesta lenta frente al estrés térmico, pero en conjunto con el descenso del nivel de GH en plasma, generan un efecto sinérgico tendiente a reducir la producción de calor (Yousef y Johnson, 1966b).

Por su parte, los glucocorticoides actúan como vasodilatadores, con el fin de ayudar a perder calor y tener un efecto estimulador sobre la proteólisis y lipólisis. De este modo, su efecto contribuye a proporcionar energía al animal para ayudar a compensar la reducción de la ingesta (Cunningham, y Klein, 2007). Con respecto a este tema, se han reportado diferentes respuestas en la secreción de glucocorticoides de acuerdo a la duración del estrés térmico. Así, mientras que el estrés térmico agudo conlleva a un incremento en la concentración de glucocorticoides mediado por la activación de la adrenocorticotropina (ACTH) (Chowers *et al.*, 1966), en el caso de

estrés térmico crónico no se observa dicha respuesta (Collier *et al.*, 1982). Por el contrario, la concentración de catecolaminas se eleva tanto frente a estrés térmico agudo como crónico, activando las glándulas sudoríparas de los bovinos. Entre los mineralocorticoides, se ha reportado que la concentración de aldosterona en plasma puede verse disminuida con largas exposiciones al calor, debido al descenso de potasio en suero como consecuencia de su pérdida acentuada por efecto de la transpiración (El-Nouty *et al.*, 1980).

Un incremento en la osmolaridad en plasma o un descenso en el volumen de sangre conducen a la secreción de ADH por parte de la glándula pituitaria, la cual actúa a su vez sobre los riñones para retener agua. El aumento de agua perdida en el tracto respiratorio y a través de la piel en aquellos animales estresados térmicamente conduce a un aumento en la secreción de ADH, lo cual se asocia con una necesidad de conservar agua, así como de aumentar su consumo (Cunningham y Klein, 2007).

En cuanto a la respuesta inmune, Morrow-Tesch *et al.* (1996) han observado que en los casos en que el ganado se encontraba expuesto durante 3 días a temperaturas de 32 °C, se observó un marcado descenso en el número de células blancas sanguíneas, sugiriendo que podría haber diferencias en la respuesta animal frente a factores ambientales. Sin embargo, por otra parte, un estudio realizado en rumiantes menores y publicado por Monty *et al.* (1991) concluyó que ente condiciones de altas temperaturas efectivas los niveles de dichas células se mantuvieron dentro de los valores normales.

Con el fin de reducir la carga calórica, los bovinos modifican su repertorio comportamental (Mader *et al.*, 1997), alterando el tiempo destinado a cada una de las categorías del comportamiento de mantenimiento. De este modo, pueden incrementar el consumo de agua, aumentando el tiempo en el que los animales se mantienen parados y buscando sombra, minimizando su actividad y, en general, sus movimientos (De Rensis y Scaramuzzi, 2003; West, 2003; Schütz *et al.*, 2008). Adicionalmente, bajo estas condiciones climáticas el ganado puede reducir el consumo de alimento como estrategia para disminuir la producción de calor metabólico.

En términos del comportamiento de mantenimiento, la provisión del recurso sombra puede generar una merma en las modificaciones de la proporción de tiempo en la cual los animales se encuentran parados, echados, alimentándose y con la cabeza ubicada sobre las instalaciones del bebedero (Mitlöhner *et al.*, 2001a).

Algunos de los signos comportamentales y/o fisiológicos que pueden observarse en el ganado bovino a medida que se expone progresivamente a condiciones que generen una carga calórica excesiva son, en base al estado de gravedad creciente, los siguientes:

- alineación corporal con la radiación solar,
- búsqueda de sombra,
- mayor cantidad de tiempo destinado a estar de pie,
- reducción del consumo de materia seca,
- agrupamiento de animales sobre los bebederos,
- mojado del cuerpo,
- agitación e inquietud,
- rumia disminuida o ausente,
- agrupamiento para buscar sombra de otro animal,
- boca abierta y aumento en la intensidad respiratoria,
- salivación excesiva,
- inhabilidad para moverse,
- y en la peor de las situaciones, colapso, convulsión, falla fisiológica y muerte.

Como criterio general, podría decirse que a partir del signo en el que el animal presenta una frecuencia respiratoria acelerada con la boca abierta es una clara indicación de que el organismo no es capaz de hacer frente a las condiciones de calor a las que se encuentra sometido (Blackshaw y Blackshaw, 1994; Meat and Livestock Australia, 2008).

3.1.3. Recurso sombra como herramienta para mitigar al estrés térmico

Las estrategias de manejo que puede asumir un establecimiento no sólo representarán una posible mejora en el bienestar de los animales, sino que adicionalmente podría traducirse en el beneficio económico (Brown-Brandl, 2018). Dichas estrategias se pueden subdividir en cuatro categorías: alimentación (Holt *et al.*, 2004; Mader y Davis, 2004), agua de bebida (Beck *et al.*, 2000; Bicudo y Gates, 2002), modificaciones del microambiente (Blackshaw y Blackshaw, 1994; Mader *et al.*, 2007) y cambios en el manejo (Brown-Brandl *et al.*, 2010). Si bien todas las estrategias tienden a lograr el objetivo de reducir el estrés por calor, cada una de las alternativas arraiga aspectos negativos de mayor o menor relevancia de acuerdo a las metas propuestas por el establecimiento. Entre aquellos más relevantes se pueden mencionar: una performance reducida de los animales por modificación de la alimentación; un aumento de la carga horaria y complicaciones en la organización del personal involucrado en el manejo del ganado (por modificación de los horarios de suministro de alimento y limpieza); un incremento de la generación de olor por la adición de agua sobre los suelos del *feedlot* (debido a la utilización de aspersores u otro sistema equivalente) para disminuir la carga calórica de los animales; o bien, la

inversión económica necesaria para implementar y mantener las instalaciones seleccionadas para tal fin (Brown-Brandl, 2018).

Considerando las posibles modificaciones que pueden realizarse sobre el microambiente, la incorporación de recursos tales como la provisión de sombra, la ventilación forzada y/o la aspersión o nebulización de agua en los corrales generan microclimas que, bajo determinadas situaciones, brindan un mayor confort térmico a los animales. Teniendo en cuenta el tema abordado en el presente trabajo de tesis, se detallará puntualmente la utilización del recurso sombra.

La provisión de sombra natural o artificial destinada a minimizar el calor proveniente de la radiación solar representa uno de los métodos de mayor rentabilidad dentro de aquellos que se utilizan en la actualidad en los países en vías de desarrollo (Kamal *et al.*, 2018). Dicho método es más eficiente que los sistemas de aspersión (Marceillac-Embertson *et al.*, 2009) y es, a su vez, preferido por los bovinos al momento en que éstos pueden elegir entre ambos recursos (Schütz *et al.*, 2011). En este sentido, los árboles y la implementación de otros materiales son muy efectivos en proveer sombra a los animales, en donde el primero de los casos cuenta con el beneficio adicional de brindar enfriamiento por la humedad evaporada en las hojas. Por su parte, el uso de materiales artificiales también ha sido utilizado con éxito para proveer un mayor confort térmico en animales con carga calórica excesiva en sistemas intensivos. Su utilización es una de las medidas de mitigación que mayor atención ha recibido por las ventajas que presenta en términos de costo-beneficio (Góngora y Hernandez, 2010; Oyhanart *et al.*, 2017). Con respecto a este tema, son escasos, y representan una excepción, los sistemas productivos nacionales de engorde a corral que cuentan con el recurso sombra. Debido a esta razón, resulta importante poder generar información adicional específica sobre los beneficios que pueda representar su incorporación en los sistemas intensivos de bovinos destinados a la producción de carne bajo determinadas condiciones climáticas.

Con respecto a la provisión de sombra artificial, resulta importante destacar que si bien dicho recurso es efectivo en proteger a los animales de la radiación solar y producir una disminución de la temperatura del suelo al que protege, la misma no altera la temperatura ni la humedad del aire circundante al animal (Armstrong, 1994; West, 2003). Teniendo en cuenta que en condiciones extremas el calor que pueden absorber los animales por radiación solar puede superar al calor metabólico que éstos produzcan, la utilización del mencionado recurso puede llegar a reducir la carga calórica por radiación en al menos un 30% (Riemerschmid, 1943; Bond *et al.*, 1967; Brown-Brandl *et al.*, 2005; Krishnan *et al.*, 2017).

En términos generales, la utilización de sombra presenta ventajas más consistentes en zonas con climas cálidos o áridos que en aquellas regiones húmedas en las que se minimiza la capacidad del animal para disipar el calor por enfriamiento evaporativo (Ames y Ray, 1983). Este hecho resulta clave a tener en consideración para el correcto diseño que se vaya a utilizar, contando como variables principales a la orientación, las dimensiones, la altura y el tipo y naturaleza del material del techo de la estructura (Renaudeau *et al.*, 2012). En este sentido, el recurso diseñado es apropiado si todos los animales que se encuentran en el corral puedan echarse al mismo tiempo bajo la sombra provista por la instalación (Grandin, 2016). Un estudio llevado a cabo por Sullivan *et al.* (2011) demostró que un mayor porcentaje de los bovinos logró ubicarse bajo la sombra cuando el espacio disponible de la misma era de 3,3 m²/animal de engorde con respecto al que brindaba 2 m² para cada uno. En cuanto a la orientación que debe tener dicha sombra, la más adecuada es norte-sur en zonas húmedas para poder maximizar la proyección de rayos solares debajo de la sombra a lo largo de la jornada, tendiendo a favorecer el secado del área en donde se acumula barro, heces y orina; y este-oeste en zonas secas para poder maximizar así la proyección de la sombra (Rovira, 2012; Meat and Livestock Australia, 2013).

Con el fin de favorecer la merma de la carga calórica de los animales, la estructura deberá ubicarse a un mínimo de 3 m de altura del suelo (Grandin, 2016), con una pendiente del techo de 10 a 20 ° para promover el escurrimiento del agua de lluvia, favorecer la proyección de la sombra y mejorar la ventilación debajo de la estructura (Rovira, 2012).

Dentro de la diversa variedad de materiales artificiales comúnmente utilizados para proveer sombra, los más efectivos son los paneles de metal macizo con aislamiento. No obstante, éstos requieren un mayor costo inicial y de mantenimiento con respecto a otros materiales artificiales. Por este motivo, se suelen utilizar estructuras con materiales de otra naturaleza que, si bien son menos efectivos, resultan más económicos, requieren menor mantenimiento y, bajo condiciones extremas, si llegan a lograr un bloqueo solar de al menos el 70 % pueden reducir considerablemente la carga calórica en los animales (Eigenberg *et al.*, 2010; Sullivan *et al.*, 2011).

De acuerdo a *Meat and Livestock Australia* (2006), la provisión del recurso sombra puede mejorar la performance de los bovinos de engorde a corral cuando éstos se encuentran durante más de 700 h/año con ambientes que presentan temperaturas de al menos 29,4 °C, mientras que si esos valores de temperatura se encuentran durante 500 a 700 h/año, el efecto sobre los parámetros productivos son

variables y dependientes de otros factores, entre los cuales el diseño apropiado del recurso sombra llega a jugar un papel fundamental.

3.1.4. Evaluación del estrés térmico

Debido a su importancia en términos de salud, bienestar animal y del impacto que puede tener a nivel productivo, el efecto del estrés térmico sobre el ganado vacuno comenzó a evaluarse hace varias décadas. Dicha evaluación permitió el desarrollo de numerosos indicadores basados en mediciones directas e indirectas, útiles para identificar la carga calórica excesiva de los bovinos (Wang *et al.*, 2018).

Sin lugar a duda, la evaluación del comportamiento representa una medición directa que se encuentra estrechamente relacionada con el bienestar animal. Como se mencionó previamente, las condiciones extremas de temperatura implican cambios en los patrones conductuales (Ratnakaran *et al.*, 2017), a través de los cuales los animales realizan un intento de mantener su confort térmico dentro de niveles aceptables (Meat and Livestock Australia, 2006). Para estudiar el efecto que pueden causar las altas temperaturas efectivas, la evaluación de los comportamientos de mantenimiento bajo diferentes microclimas puede evidenciar la variación en la proporción de tiempo que los animales destinan a estar parados, echados, comiendo, bebiendo y desplazándose (Mitlöhner *et al.*, 2001b). Cuando un animal experimenta una carga calórica excesiva, se puede desencadenar un incremento en la proporción de tiempo en la que se mantiene parado y bebiendo, junto a una reducción del tiempo destinado a echarse y alimentarse. Paralelamente, en caso de disponer del recurso sombra, resulta importante identificar la proporción de animales que recurre a la misma, relacionando este comportamiento con las condiciones meteorológicas reinantes.

Las ventajas y limitaciones de los diferentes métodos de muestreo observacional fueron estudiadas en diversas especies animales ajenas a los bovinos por Altmann (1974), Arnold-Meeks y McGlone (1986), Martin *et al.* (1993) y Lehner (1996). Por su parte, Mitlöhner *et al.* (2001a) pusieron foco en los bovinos pertenecientes a sistemas productivos de engorde a corral. En este último, se demostró que mediante la técnica de muestreo de barrido (Ray y Roubicek, 1971; Kondo *et al.*, 1983; Gonyou y Stricklin, 1984) con una frecuencia muestral menor o igual a los 10 minutos es posible obtener resultados comparables a los obtenidos mediante la técnica de muestreo continuo, la cual no sólo demanda un alto nivel de labor, sino que también puede requerir de equipamiento adicional y gran cantidad de tiempo para el análisis posterior (Mitlöhner *et al.*, 2001a).

Paralelamente, es posible identificar la presencia de estrés térmico mediante el análisis de diversas respuestas fisiológicas presentes en los animales (Sailo *et al.*, 2017). Si bien la temperatura corporal y la frecuencia cardíaca de los animales representan indicadores idóneos de la susceptibilidad a la carga calórica, el registro de estas mediciones no resulta viable en condiciones comerciales con un gran número de animales (Mader, 2005). Como alternativa, la evaluación del grado de jadeo y/o de la frecuencia respiratoria posibilita obtener un indicador fiable del efecto que tiene la carga calórica sobre el individuo (Silanikove, 2000), siendo el score de jadeo el método más sencillo para evaluar el grado de severidad que está experimentando el ganado en términos de estrés térmico (EFSA, 2012; Grandin, 2016). Adicionalmente, la evaluación de parámetros bioquímicos sanguíneos asociados a estrés, tales como los niveles de cortisol, hematocrito, proteínas plasmáticas totales, glucemia, lactato y creatin kinasa posibilitan identificar el grado de estrés que presentan los animales bajo condiciones meteorológicas adversas (Cooper *et al.*, 1995; Tadich *et al.*, 2005).

Por otra parte, considerando que el estado de salud de los animales depende de las condiciones de los mismos, de las condiciones del medio en el que se encuentran y de la presencia de agentes patógenos que producen enfermedades, diversos autores han señalado también que la exposición excesiva a la radiación solar puede generar modificaciones de la respuesta inmune y disminuir la resistencia que presentan los animales ante la presencia de patógenos (Morrow-Tesch *et al.*, 1996; Stockman, 2006). Dentro de las principales patologías que afectan comúnmente a los bovinos se encuentran las enfermedades gastrointestinales en las que los principales microorganismos implicados son enterobacterias (Içen *et al.*, 2013; Sharma *et al.*, 2015). Centrándonos en este tipo de enfermedades, podría decirse que en su mayoría son ocasionadas por microorganismos patógenos con gran poder invasivo, capaces de afectar la digestión de los alimentos y la absorción de los nutrientes, producir diarrea y vómitos con la consecuente debilidad y deshidratación de los animales, desequilibrio electrolítico y, en numerosos casos, afectación de los tejidos estomacal e intestinal (Peñate, 2008). En este sentido, resulta relevante considerar el posible efecto que genera el estrés térmico sobre la alteración en la microbiota intestinal, más específicamente en el recuento de enterobacterias, las cuales son indicadoras de probable presencia de patógenos intestinales, afectando la salud de los animales.

En cuanto a las variables productivas, los períodos prolongados en los que se presentan temperaturas efectivas elevadas se relacionan inversamente con el consumo de alimento con la finalidad de reducir la producción de calor metabólico (Spiers *et al.*, 2004; Polsky y von Keyserlingk, 2017). En este contexto, también resulta interesante contemplar variables tales como la ganancia de peso y el peso de la canal,

en donde la provisión del recurso sombra podría atenuar la disminución de estos parámetros (Mader *et al.*, 1999; Hubbard *et al.*, 1999; Mader *et al.*, 2006; Curtis *et al.*, 2017).

En cuanto a las mediciones indirectas orientadas a evaluar el grado de severidad que presenta el microclima en el que se encuentran inmersos los animales, se han desarrollado numerosos índices capaces de estimar los diferentes niveles de estrés térmico. Resulta necesario aclarar que los mismos pueden brindar resultados dispares debido a que cada uno se encuentra orientado a una determinada raza, sistema productivo, sistema de modelado y supuestos específicos, así como en el tipo de variables climáticas incorporadas en la ecuación (Wang *et al.*, 2018). En base a su relevancia en cuanto a su aplicabilidad en bovinos destinados a la producción de carne en *feedlots*, algunas de estas metodologías se detallarán a continuación.

El índice de temperatura y humedad (ITH), originalmente referido como el “índice de discomfort” por Thom (1959) es uno de los más ampliamente utilizados a nivel mundial (Mader *et al.*, 2006) debido a su simplicidad y aplicabilidad. En el mismo, sus dos variables son, dependiendo de la fórmula desarrollada con diferentes objetivos (Wang *et al.*, 2018), temperatura de bulbo seco y temperatura de bulbo húmedo; o bien, temperatura de punto de rocío y humedad relativa, siendo principalmente útil cuando la radiación y la velocidad del viento no juegan un papel preponderante, hecho que se da principalmente en los sistemas tipo *indoor* (Li *et al.*, 2009).

Otro de los índices térmicos es el de temperatura de globo negro y humedad (BGHI, Buffington *et al.*, 1981), medición que adicionalmente tiene en consideración a la velocidad del aire y a la radiación, al igual que el índice de carga calórica (HLI, del inglés *heat load index*) propuesto por Gaughan *et al.* (2008). En este último caso, se considera la radiación directa e indirecta y la velocidad del viento como variable adicional a la temperatura de globo negro. De este modo, este índice posibilita predecir el nivel de estrés térmico así como también permite clasificar los diferentes umbrales del mismo, dependiendo de su genotipo, color del pelaje, estado de salud, días que lleva en el *feedlot* y temperatura del agua de bebida, entre otras.

Más recientemente, Mader *et al.* (2010) propusieron un índice climático integral destinado a evaluar estrés por frío y por calor, considerando los aportes que brindan el ITH y el HLI y posibilitando determinar la relación existente entre la respuesta fisiológica y aquellos parámetros ambientales relevantes (Wang *et al.*, 2018).

3.1.5. Antecedentes

Diversos trabajos pusieron foco en el estudio del efecto que causa el empleo del recurso sombra sobre indicadores de bienestar de los bovinos. Un estudio

realizado por Blackshaw y Blackshaw (1994), centrado en la evaluación de la disponibilidad del recurso sombra sobre el bienestar animal en bovinos, concluyó que las razas templadas de ganado de carne (*Bos taurus*) comenzaban a perder capacidad de eliminación de exceso de calor corporal cuando la temperatura del aire subía por encima de los 25 °C. Más aún, cuando la temperatura se acercaba a los 28 °C, exhibieron signos iniciales de estrés térmico, tales como transpiración o jadeo. En estas condiciones evaluadas, se reportó que los bovinos optaban por utilizar el recurso sombra cuando las temperaturas superaban los 20 °C, hecho acentuado al superar los 25 °C. El uso de este recurso exhibió niveles de temperatura corporal y frecuencia cardíaca más bajos con respecto a los animales desprovistos del mismo.

Por su parte, un estudio realizado por Mader *et al.* (1999) indicó que, bajo condiciones climáticas extremas, la correlación entre el índice térmico y la ingesta diaria de materia seca, así como el porcentaje de animales que utilizaba el mencionado recurso, presentó los mayores valores, y resultó significativo, solamente durante la fase inicial de estrés calórico (primeros 28 días) en comparación con el período de engorde evaluado de manera completa. En dicho estudio se concluyó que, durante el período de aclimatación, los bovinos desprovistos de sombra lidiaron con menor éxito con el ambiente que los rodea, presentando menores niveles de ingesta de materia seca y mayor mortalidad con respecto a los que contaban con el mencionado recurso. Asimismo, los animales recurrieron a la sombra en mayor medida cuando el nivel del índice térmico se encontraba en categorías asociadas a alto riesgo de estrés por calor. De la misma forma, Mitlöhner *et al.* (2001b) realizaron diversos experimentos en los cuales los bovinos estaban mayoritariamente expuestos a jornadas con temperaturas que superaban los 32 °C durante tres meses. En tales condiciones, observaron que los animales provistos de sombra presentaron diferencias en el comportamiento de mantenimiento, menores niveles de frecuencia respiratoria y una mayor ganancia diaria de peso, alcanzando el peso objetivo 20 días antes que aquellos animales desprovistos de dicho recurso. Resultados coincidentes fueron también publicados por Tucker *et al.* (2008) en vacas lecheras Holstein Fresian. En este último caso, los autores demostraron una elevada correlación entre la radiación solar y la búsqueda de sombra en la que el comportamiento de mantenimiento mayoritario fue el de estar parados.

Otro estudio publicado por Gaughan *et al.* (2010), realizado en novillos Angus en sistema de *feedlot* durante 120 días, demostró que en los casos en los que se presentaron olas de calor de 6 días, el ganado desprovisto de sombra exhibió mayores valores del *score* de jadeo y menores valores de consumo de material seco, ganancia diaria de peso y de conversión alimenticia.

Mediante la relación entre las diferentes clasificaciones del índice térmico HLI (Gaughan *et al.*, 2008) se pudo observar que, cuando los niveles de HLI se encuadraban dentro de las clasificaciones de muy cálido a extremo, los novillos desprovistos de sombra presentaban niveles superiores del *score* de jadeo, de actividad de la enzima creatin kinasa y de niveles circulantes de insulina. Con un enfoque similar, Sullivan *et al.* (2011) constataron que la ausencia de sombra condujo a una menor conversión alimenticia y niveles superiores del *score* de jadeo en animales de raza Angus negro, engordados a corral durante 119 días. El *score* de jadeo resultó menor en caso de contar con al menos 3,3 m² de sombra/animal. Hammami *et al.* (2013) y Van laer *et al.* (2014 y 2015) concluyeron que, aún en regiones de clima templado, durante los meses de verano los bovinos se encontraron fuera de su zona termoneutral. Además, evidenciaron el impacto positivo que proporciona el recurso sombra, al observar menores incrementos de temperatura rectal de aquellos bovinos que disponían de sombra. Por otro lado, se pudo apreciar que, en ausencia de dicho recurso, valores de HLI elevados condujeron a alteraciones metabólicas en los animales.

Recientemente, un estudio realizado en bovinos cruza índicas con británicas concluyó que la provisión de sombra puede reducir el estrés térmico en periodos de altas temperaturas efectivas (Melton, 2018). Esto pudo evidenciarse en la merma de indicadores tales como el *score* de jadeo y la temperatura timpánica de los bovinos, destinando mayor cantidad de tiempo a echarse, comportamiento de mantenimiento coincidente con el publicado previamente por Mitlöhner *et al.* (2002). No obstante, al evaluar indicadores productivos, en dicho estudio se observó que, si bien la incorporación del recurso generó un aumento en la ingesta de materia seca, no se observaron diferencias en la ganancia de peso con respecto a animales desprovistos de sombra (Melton, 2018).

3.2. Hipótesis del ensayo

Durante un período de alto riesgo de estrés por calor, la provisión del recurso sombra en un sistema de engorde a corral genera un impacto positivo sobre el bienestar de los bovinos cruzas británica e índica, lo cual se expresa en indicadores comportamentales, fisiológicos, productivos y/o de salud.

3.3. Objetivo específico del ensayo

Evaluar el efecto del recurso sombra en periodos de riesgo de estrés por calor sobre variables productivas, comportamentales, fisiológicas y de salud.

3.4. Materiales y Métodos

El presente estudio fue previamente aprobado (Id. 2017/8) por el Comité Institucional de Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

3.4.1. Lugar de desarrollo y diseño experimental

El estudio se llevó a cabo en un *feedlot* comercial situado en la localidad de San Agustín, Córdoba, Argentina (31°58'S latitud, 64°22'O longitud, 548m s.n.m.) desde diciembre de 2016 hasta febrero de 2017. La clasificación climática de la región es Cwa (subtropical húmedo) de acuerdo al sistema propuesto por Köppen y Geiger. En base a los datos históricos (www.smn.gov.ar), la localidad presenta valores de temperatura promedio de 17 °C, con máximas promedio de 30 °C en enero y mínimas promedio de 4 °C en julio. De acuerdo a los valores históricos de la mencionada localidad (periodo 1961 – 2017), en los meses comprendidos entre octubre y febrero se han presentado temperaturas máximas que han superado los 40 °C (fuente: Servicio Meteorológico Nacional, figura 3.3). El valor promedio de precipitación anual es de 795,4 mm, con mínimas de 24,9 mm en junio y máximas de 131,1 mm en enero.

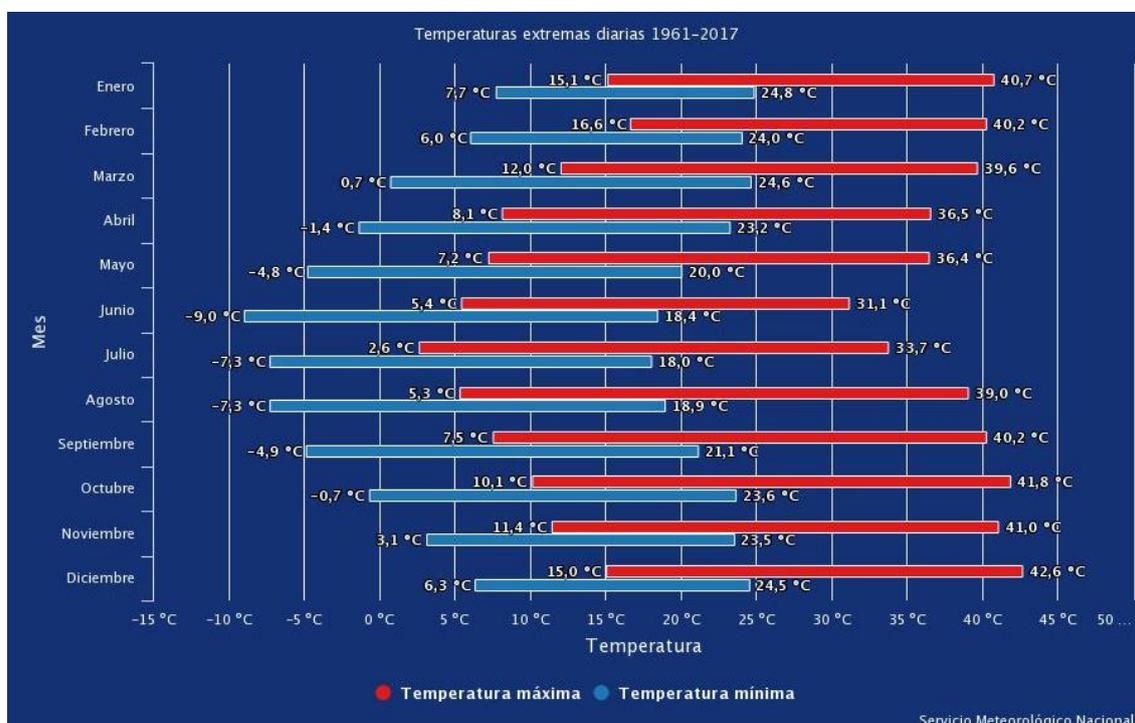


Figura 3.3. Valores de precipitaciones, temperaturas máximas y mínimas de San Agustín (Córdoba) correspondientes al periodo 1981 – 2010. Fuente: SMN.

Tomando como referencia la definición de ola de calor propuesta por el Servicio Meteorológico Nacional (temperaturas máximas y mínimas que superan o igualan, por lo menos durante 3 días consecutivos y en forma simultánea, ciertos valores umbrales que dependen de cada localidad -percentil 90 del semestre cálido octubre-marzo-), en el período comprendido entre el 1961 y el 2018, se registraron 33 olas de calor cuya duración alcanzó hasta 8 días (figura 3.4).

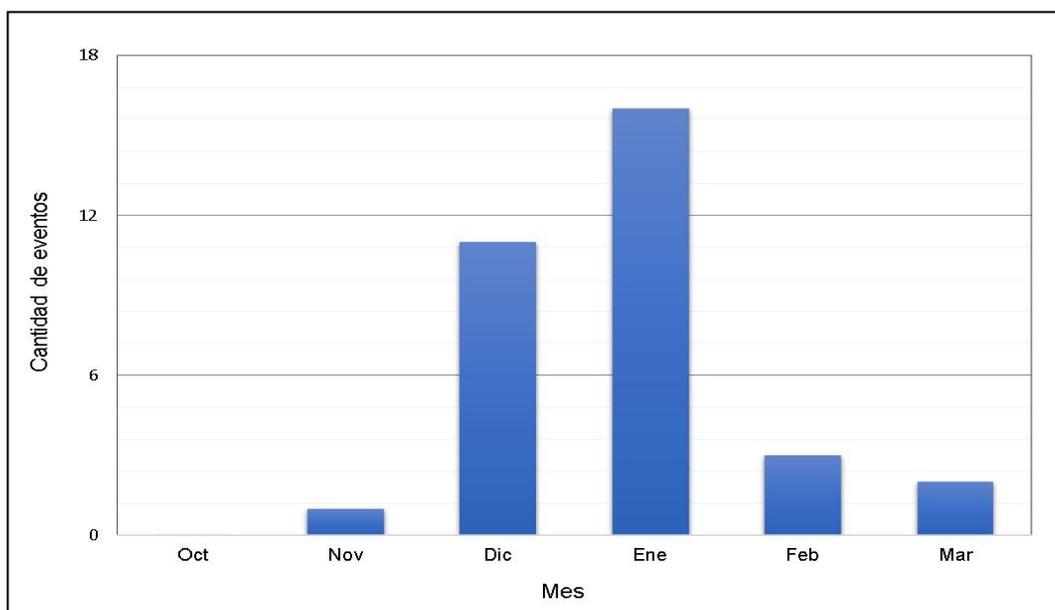


Figura 3.4. Distribución mensual de olas de calor existentes en San Agustín (Córdoba) comprendidas en el periodo 1961 – 2018. Fuente: SMN.

Se aplicó un Diseño Completamente Aleatorizado de un factor, teniendo como finalidad evaluar el efecto del recurso sombra (con sombra -CS- vs. sin sombra -SS-). Se utilizaron tres corrales independientes por tratamiento en los que se albergó a 30 animales/corral, totalizando 90 animales por tratamiento. El espacio disponible fue de aproximadamente 40 m²/animal (25 m de frente de comedero y 50 m de largo).

La dieta empleada estuvo compuesta por grano de maíz partido (63,6%), burlanda (29,7%), heno (6,4%) y núcleo (3%), cuya composición nutricional se presenta en la tabla 3.1. Cada corral contó con dos bebederos de pozo de 0,6 m x 2 m, los cuales brindaron agua fresca constante y no limitante.

El ensayo, coincidente con el periodo de terminación, tuvo una duración de 82 días comprendidos entre diciembre de 2016 y febrero de 2017. El 2 de diciembre de 2016 (tiempo 0, t₀), los animales fueron separados y asignados aleatoriamente a los 6 corrales utilizados en el ensayo, todos desprovistos de sombra. A los 11 días (tiempo 1, t₁), en el momento en que los animales se trasladaron para sus respectivas

pesadas en la zona de balanza, se colocaron las estructuras de media sombra en los corrales correspondientes al tratamiento CS, otorgando 3,3 m² de sombra/animal (valor correspondiente al área de sombra proyectada en el suelo al mediodía), espacio recomendado por *Meat and Livestock Australia* (2008). Para la evaluación de comportamiento y de variables fisiológicas, se incluyeron los tiempos de evaluación a los 39 (tiempo 2, t2) y 82 (tiempo 3, t3) días, siendo este último coincidente con la finalización del periodo de engorde.

Tabla 3.1. Composición nutricional de la dieta utilizada.

	MS (%)	FDN (%)	FDA (%)	PB (%)
Heno	87,64	46,39	31,74	19,01
Harina de soja	92,93	12,50	9,83	40,10
Maíz	88,38	15,39	6,27	9,48
Burlanda*	33,68	40,23	22,35	26,52

*pH = 3,96. MS: materia seca, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido, PB: proteína bruta.

La faena (día 84, tiempo 4, t4) se llevó a cabo en un frigorífico comercial propio de la empresa ubicado en la localidad de Villa Allende, Córdoba. La distancia recorrida entre el *feedlot* y la planta de faena fue de 100 km y el tiempo de traslado fue de 2 h. Los animales fueron trasladados en el mismo camión jaula en donde se utilizó un compartimento por tratamiento, bajo las condiciones y reglamentaciones correspondientes según SENASA. El sacrificio de los animales en la planta de faena se realizó por exanguinación mediante laceración de las venas yugulares y arterias carótidas con posterioridad al aturdimiento por percusión (perno cautivo).

3.4.2. Animales y mediciones

Del total del rodeo se seleccionaron al azar 180 terneros pertenecientes a las cruzas británica e índica de similar peso al comienzo del ensayo (t0, 238±18kg).

Sobre el total de los animales se realizaron las mediciones de peso vivo (PV) para la evaluación de la GDP, así como las evaluaciones de comportamiento de mantenimiento y *score* de jadeo (SJ).

Para los análisis correspondientes a rendimiento, parámetros sanguíneos y muestreo de materia fecal, se realizó un submuestreo al azar de 6 animales/corral (18 animales/tratamiento), los cuales fueron los mismos en cada tiempo de muestreo. Sobre estos animales, una vez finalizada la etapa de engorde, se realizó el encierre en un corral independiente por tratamiento, ambos provistos de agua de bebida, para luego ser trasladados a la planta de faena. El tiempo de espera previo a la faena fue

de 8±1 h. Durante el sangrado post aturdimiento, se colectó muestra de sangre para el análisis de indicadores fisiológicos y se pesaron ambas medias canales para determinar el rendimiento.

Las muestras de sangre en el engorde a corral se obtuvieron mediante punción en la vena coccígea. El volumen de sangre muestreado fue de hasta 10 ml/animal, y se colocaron en tubos con y sin anticoagulante EDTA. Los tubos sin EDTA fueron centrifugados a 2000 rpm (CM 2036, ECyS-Rolco, Argentina) para separar el suero. Las muestras de suero fueron almacenadas a -18 °C hasta su posterior análisis.

3.4.3. Evaluación del microclima

En todo el período comprendido en el ensayo y con una frecuencia de 30 minutos, a partir de los datos arrojados por la central meteorológica (Davis Vantage Vue®) perteneciente al establecimiento, se obtuvieron los valores de temperatura de bulbo seco (°C), de la humedad relativa (%), así como del ITH.

Paralelamente, durante las jornadas en las que se evaluó el comportamiento de manenimiento, se registraron los valores de velocidad del viento (m/s, Graf model WH816), temperatura de globo negro (°C) (elaboración propia siguiendo lineamientos de Purswell y Davis, 2008) y temperatura del suelo (°C, Fluke 62) para la obtención de datos de los microclimas pertenecientes a los corrales provistos y no provistos de sombra. A partir de los mismos, se procedió a calcular los valores del índice HLI (Meat and Livestock Australia, 2006) para relacionarlos con los demás parámetros ambientales, así como con el resto de los indicadores involucrados en el ensayo.

3.4.4. Evaluación de indicadores productivos

Para la evaluación de la GDP, y considerando el período en el que se evaluaron los tratamientos, los animales se pesaron en los tiempos t1, t2 y t3, logrando un total de 3 registros durante el período de la experiencia.

Para determinar el rendimiento de la canal caliente, se pesaron ambas medias canales luego del sacrificio de los animales.

3.4.5. Evaluación de indicadores fisiológicos

3.4.5.1. Score de jadeo

La evaluación del SJ se llevó a cabo en los tiempos t1 y t3 mediante evaluación visual de acuerdo con la metodología propuesta por Gaughan *et al.* (2008), en donde a cada animal se le asignó un valor de acuerdo a la siguiente escala:

Tabla 3.2. Escala utilizada en la evaluación del score de jadeo. Gaughan *et al.* (2008)

SJ	Clasificación	Descripción
0	Sin jadeo	El movimiento del pecho es prácticamente imperceptible.
1	Jadeo leve	Boca cerrada, sin presencia de baba ni espuma. Movimiento del pecho fácilmente visible.
2	Jadeo acelerado	Baba o espuma presente. Boca cerrada.
2,5		Como SJ 2 pero con ocasional apertura de boca por jadeo.
3	Jadeo severo	Boca abierta, presencia de baba. Sin extender la lengua. Cuello extendido y sin bajar la cabeza.
3,5		Como SJ 3 pero con babeo excesivo. Saca la lengua levemente.
4	Jadeo muy severo	Boca abierta, lengua extendida totalmente y babeo excesivo. Sin bajar la cabeza ni extender el cuello.
4,5		Como SJ 4 pero con la cabeza hacia abajo. Puede cesar el babeo.

En cada jornada de evaluación, dicha medición se realizó a las 6:00, 8:00, 10:00, 12:00, 14:00 16:00 y 18:00 h. Por cada horario de muestreo, el tiempo estimado de observación fue de 90 minutos. La misma se llevó a cabo con 2 observadores entrenados. La concordancia entre dichos evaluadores se evaluó mediante el cálculo del coeficiente kappa de Cohen, obteniéndose valores superiores al 90%.

A partir de los datos obtenidos, se procedió al cálculo del score de jadeo medio (SJM) considerando las observaciones del score de jadeo a las 6, 12 y 16h. Dicho parámetro es utilizado como indicador de la severidad de estrés por calor (Gaughan *et al.*, 2008) de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 3.3. Grado de severidad de estrés por calor (Gaughan *et al.*, 2008).

SJM	Severidad de estrés por calor
0 – 0,4	Sin estrés
0,4 – 0,8	Estrés leve
0,8 – 1,2	Estrés moderado
>1,2	Estrés elevado

Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis del score de jadeo agrupado en normal (SJ 0), elevado (SJ 1 y 2) y muy elevado (SJ mayor o igual a 2,5), en el que se compararon los tratamientos para cada categoría del índice térmico HLI. Para ello, se evaluaron los promedios de las proporciones exhibidas para cada tratamiento en cada momento evaluado.

3.4.5.2. Análisis de parámetros sanguíneos asociados a estrés

Sobre las muestras de sangre recolectadas en los tiempos t₀, t₁, t₃ y t₄ se cuantificaron los niveles de hematocrito (Hto), proteínas totales (PT), glucemia y cortisol de acuerdo a las metodologías previamente detalladas en el punto 2.4.5.

Asimismo, los valores de hematocrito se expresaron como porcentaje del cociente L₂/L₁(%). La concentración de proteínas totales se expresó como g/100 ml (g%). La concentración sérica de glucemia se expresó como mmol/L (mM). La concentración sérica de cortisol se expresó como µg/dL.

3.4.6. Evaluación del comportamiento

La evaluación del comportamiento de mantenimiento se llevó a cabo durante los tiempos t₁, t₂ y t₃ de acuerdo a la metodología propuesta por Mitlöhner *et al.* (2001a), evaluando la proporción de animales que estuvo parado, echado, comiendo, bebiendo y realizando locomoción. En cada jornada se realizaron las observaciones desde el inicio de la etapa diurna hasta 12 h posteriores, dividiendo las observaciones en 3 períodos de 3 horas cada uno (6:00 a 9:00h, 10:30 a 13:30 h y 15:00 a 18:00 h). Se realizaron muestreos de barrido con intervalo de muestreo de 10 minutos, frecuencia en la que Mitlöhner *et al.* (2001a) destacaron como muestreo representativo de este tipo de comportamiento, con una correlación significativa ($p < 0,01$) con el método de muestreo continuo.

Se consideró a un animal parado como aquel que se encontró con una postura inactiva (sin locomoción), mientras que a un animal echado a aquel que, además de sus pezuñas, tenía otra parte de su cuerpo en contacto con el suelo. Se registraron como animales comiendo y bebiendo a aquellos que tenían su cabeza en o sobre el comedero y sobre el bebedero, respectivamente. La locomoción fue registrada en los casos en que había cualquier cambio de ubicación corporal dentro del corral (Mitlöhner *et al.*, 2001a).

3.4.7. Recuento de enterobacterias en materia fecal

El recuento de enterobacterias (RE) se llevó a cabo en los muestreos pertenecientes a los tiempos t₁ y t₃ de acuerdo a la metodología descrita por Palladino *et al.* (2013). Brevemente, las muestras de materia fecal (aproximadamente 50 g) se obtuvieron por tacto rectal, posterior recolección en bolsa estéril y mantenidas a 4 °C hasta el momento de su análisis. Los recuentos de enterobacterias se realizaron por duplicado mediante siembra en profundidad de 1 ml de la dilución decimal correspondiente de las muestras en agar VRBD e incubadas en aerobiosis a 37 °C durante 24 h.

3.4.8. Análisis estadístico

Para el experimento (2), el análisis del microclima se llevó a cabo mediante análisis descriptivo utilizando los rangos de la variable ITH por jornada. Las variables productivas, fisiológicas, comportamentales y de RE fueron analizadas mediante la prueba T de Student para muestras independientes, evaluando los efectos significativos ($p < 0,05$) de los tratamientos CS y SS.

En el caso de la variable respuesta GDP, se consideró como covariable al valor inicial de peso al comienzo de la etapa de engorde, el cual no fue significativo ($p > 0,05$). En el análisis de SJM, se realizó la comparación de los tratamientos para cada categoría de HLI_{max} , aclarando que hubo categorías de HLI no evaluadas. Para el análisis del score de jadeo, se consideró la categoría de HLI y la clasificación del score de jadeo. Para el análisis de los parámetros sanguíneos asociados al estrés, la comparación entre tratamientos se llevó a cabo para cada tiempo de muestreo. El comportamiento de mantenimiento se analizó comparando entre tratamientos para cada categoría de HLI en tres momentos del día (mañana, mediodía y tarde), aclarando que hubo categorías de HLI no evaluadas. Adicionalmente, se recurrió al análisis de correlación de Pearson entre la proporción de animales que utilizó el recurso sombra (en animales del tratamiento CS) y el valor del índice HLI. Los datos del RE en materia fecal fueron transformados a log UFC/g para el análisis estadístico en el que se realizó la comparación entre tratamientos para cada tiempo de muestreo.

Los mencionados análisis se llevaron a cabo utilizando los paquetes estadísticos SPSS® (v12.0, IL, USA) e InfoStat (v.2017.1.2).

3.5. Resultados

3.5.1. Evaluación del microclima

De acuerdo a los valores del ITH registrados por la estación meteorológica del establecimiento, durante el ensayo se contó con 25 jornadas en las cuales se alcanzaron valores de ITH de alerta ($75 < ITH \leq 79$), 29 jornadas con clasificación de peligro ($79 < ITH \leq 84$) y 2 jornadas con clasificación de emergencia ($ITH > 84$). En los 27 días restantes no se observaron temperaturas efectivas extremas. En la figura 3.5 se detallan los valores observados por día.

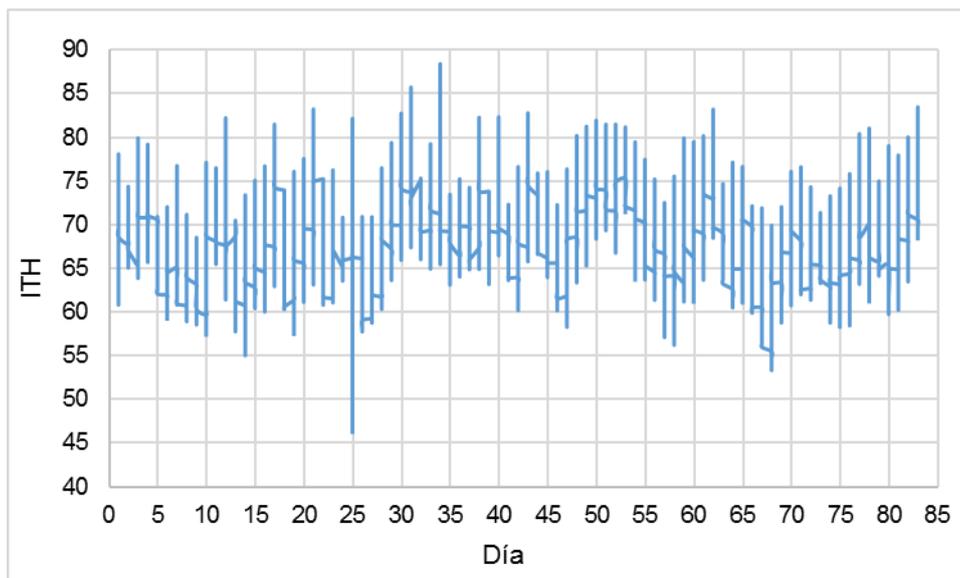


Figura 3.5. Rangos de los valores del índice térmico ITH diario.

3.5.2. Evaluación de variables productivas

Los resultados obtenidos para las variables GDP, peso de la canal (PC) y rendimiento de la canal se exhiben en la tabla 3.4.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en las variables productivas estudiadas. Los animales pertenecientes al tratamiento CS presentaron niveles de GDP, PC y rendimiento que no se diferenciaron de aquellos pertenecientes al tratamiento SS, en términos de GDP, PV y rendimiento (1,38 kg, 200,6 kg y 54,78 % vs 1,35 kg, 199,6 kg y 54,91 %, respectivamente).

Tabla 3.4. Variables productivas (media y error estándar) de los animales confinados con (CS) y sin acceso al recurso sombra (SS)

Variable	CS	SS	p-valor
GDP (kg)	1,38 ± 0,03	1,35 ± 0,03	ns
PC (kg)	200,6 ± 3,4	199,6 ± 2,8	ns
Rendimiento (%)	54,78 ± 0,37	54,91 ± 0,31	ns

Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0,05$). ns: indica diferencias no significativas ($p > 0,05$).

3.5.3. Evaluación de variables fisiológicas

Los resultados obtenidos para la variable score de jadeo se muestran en las tablas 3.5 y 3.6.

En el estudio del SJM, se observó un efecto del tratamiento en las jornadas evaluadas (tabla 3.5). Comparando los resultados obtenidos para el tratamiento SS, dicha variable presentó valores inferiores ($p < 0,05$) en aquellos animales

pertenecientes al tratamiento CS cuando la categoría del índice térmico HLI alcanzó valores máximos asociados a la categoría cálido (0,050 y 0,089 para los tratamientos CS y SS, respectivamente), extremo (0,355 y 1,224), como así también de modo independiente de la categoría de HLI_{max} (0,202 y 0,657).

El análisis comparativo de los valores arrojados del score de jadeo clasificado como normal (SJ 0), elevado (SJ 1 y 2) y muy elevado (SJ 2,5 a 4,5), no permitió observar diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos cuando el índice térmico HLI se encontró en las categorías leve, moderado, cálido o muy cálido (tabla 3.6). Por su parte, cuando dicho índice térmico se encontraba en la categoría de extremo, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), con mayor proporción de score de jadeo normal y menor proporción de score de jadeo elevado en los animales del tratamiento CS (0,73 y 0,43, 0,23 y 0,52, respectivamente). Por su parte, bajo esta categoría de HLI, no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las proporciones exhibidas entre tratamientos (0,03 y 0,05).

Tabla 3.5. Valores medios y desvíos estándar de los SJM para los tratamientos evaluados.

Categoría HLI_{max}	CS	SS	p-valor
Cálido	0,050 ± 0,037b	0,089 ± 0,019a	<0,0001
Extremo	0,355 ± 0,143b	1,224 ± 0,083a	<0,0001
Global	0,202 ± 0,035b	0,657 ± 0,035a	<0,0001

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).
CS: con sombra, SS: sin sombra.

Los resultados obtenidos para las variables sanguíneas evaluadas se observan en la tabla 3.7. Los niveles de hematocrito resultaron estadísticamente superiores ($p < 0,05$) en el tratamiento SS con respecto a los obtenidos en el tratamiento CS, tanto para el tiempo 3 (37,04 y 32,89 %, respectivamente) como para el 4 (41,73 y 37,26 %, respectivamente). No se observaron diferencias ($p > 0,05$) entre tratamientos en esta variable para los tiempos t0 y t1.

Por otra parte, los niveles sanguíneos de glucosa, PT y cortisol no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos CS y SS para cada tiempo evaluado.

Tabla 3.6. Valores medios y errores estándar de la proporción de SJ por categoría del índice térmico HLI.

Categoría HLI	Score de jadeo	CS	SS	p-valor
Leve	Normal	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	ns
	Elevado	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	ns
	Muy elevado	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	ns
Moderado	Normal	0,96 ± 0,04	0,92 ± 0,10	ns
	Elevado	0,04 ± 0,04	0,08 ± 0,10	ns
	Muy elevado	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	ns
Cálido	Normal	0,92 ± 0,09	0,86 ± 0,08	ns
	Elevado	0,08 ± 0,09	0,14 ± 0,08	ns
	Muy elevado	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	ns
Muy cálido	Normal	0,64 ± 0,10	0,32 ± 0,16	ns
	Elevado	0,34 ± 0,13	0,64 ± 0,09	ns
	Muy elevado	0,02 ± 0,03	0,05 ± 0,07	ns
Extremo	Normal	0,73 ± 0,17a	0,43 ± 0,33b	0,0184
	Elevado	0,23 ± 0,15b	0,52 ± 0,27a	0,0095
	Muy elevado	0,03 ± 0,05	0,05 ± 0,06	ns

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$) para la categoría de HLI evaluada. ns: indica diferencias no significativas ($p > 0,05$). CS: con sombra, SS: sin sombra.

Tabla 3.7. Valores de la media y error estándar de las variables sanguíneas asociadas a estrés.

Variable	Tratamiento	Tiempo 0	Tiempo 1	Tiempo 3	Tiempo 4
Hematocrito (%)	CS	34,91 ± 3,38	31,50 ± 3,39	32,89 ± 2,45b	37,26 ± 2,65b
	SS	33,93 ± 4,26	30,64 ± 4,10	37,04 ± 2,11a	41,73 ± 1,74a
PT (g%)	CS	8,70 ± 0,47	8,23 ± 0,39	8,19 ± 0,33	8,99 ± 0,26
	SS	8,55 ± 0,44	8,20 ± 0,51	8,61 ± 0,29	9,20 ± 0,47
Glucemia (mM)	CS	3,96 ± 0,92	4,80 ± 0,99	4,58 ± 0,59	7,41 ± 2,51
	SS	3,86 ± 0,76	5,36 ± 0,94	5,13 ± 1,06	8,41 ± 1,53
Cortisol (µg/dl)	CS	80,38 ± 5,60	74,25 ± 4,75	75,00 ± 11,61	74,75 ± 4,40
	SS	79,50 ± 4,75	76,75 ± 5,75	78,25 ± 5,12	72,75 ± 8,44

Letras minúsculas diferentes indican diferencias entre tratamientos ($p < 0,05$). CS: con sombra, SS: sin sombra.

3.5.4. Evaluación del comportamiento

La evaluación del comportamiento de mantenimiento por la mañana y bajo las categorías de HLI evaluadas posibilitó la comparación entre los tratamientos evaluados. En dicho momento del día, bajo la categoría de HLI leve, se observó un mayor nivel ($p < 0,05$) de animales pertenecientes al tratamiento CS que se

encontraron parados con respecto a aquellos desprovistos del recurso sombra (0,60 y 0,48, respectivamente, tabla 3.8), sin evidenciarse diferencias significativas entre los demás comportamientos ($p > 0,05$). Cuando la categoría de HLI ascendió a cálido, se evidenció una mayor proporción de animales echados en el tratamiento CS (0,39 y 0,14, respectivamente) ($p < 0,05$). No se observaron diferencias estadísticamente significativas en los comportamientos locomoción, comiendo o bebiendo ($p > 0,05$).

Durante el mediodía, no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos bajo categorías HLI moderado y cálido para ninguno de los comportamientos evaluados. Por su parte, cuando los valores de HLI se encontraron bajo la categoría extremo, los animales provistos de sombra mostraron una mayor proporción ($p < 0,05$) del comportamiento echado (0,37 vs 0,15 en animales del tratamiento SS), mientras que animales desprovistos del mencionado recurso mostraron un mayor nivel del comportamiento bebiendo (0,07 vs 0,01 en el tratamiento CS, $p < 0,05$), sin observarse diferencias significativas en el resto de los comportamientos.

Durante la tarde, bajo la categoría de HLI cálido, los animales pertenecientes al tratamiento SS exhibieron una mayor proporción del comportamiento bebiendo con respecto a los pertenecientes al tratamiento CS (0,04 y 0,02, respectivamente). Los demás comportamientos no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre CS y SS. Bajo la categoría HLI extremo, los animales desprovistos de sombra mostraron una proporción media significativamente superior ($p < 0,05$) del comportamiento parado (0,57 vs 0,46), con una tendencia ($0,05 < p < 0,10$) a presentar niveles inferiores del comportamiento echado (0,29 vs 0,36). Por su parte, bajo esta categoría de índice térmico HLI, no se observaron diferencias ($p > 0,05$) en los comportamientos locomoción, bebiendo o comiendo. Por último, en este momento del día y bajo la categoría de HLI moderado, no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en ninguna de las medias de las proporciones de los comportamientos evaluados.

Por otra parte, la evaluación de la proporción de animales del tratamiento CS que utilizaron el recurso sombra, presentó una correlación de 0,68 ($p < 0,0001$) entre la utilización del mencionado recurso y el nivel del índice térmico HLI.

Tabla 3.8. Medias de las proporciones y errores estándar (EE) de los comportamientos evaluados entre tratamientos CS (con sombra) y SS (sin sombra) obtenidas en cada momento del día por categoría HLI.

Momento	Categoría HLI	Comportamiento	CS	SS	EE	p-valor
Mañana	Leve	Echado	0,32	0,40	0,04	ns
		Parado	0,60a	0,48b	0,04	0,0254
		Locomoción	0,03	0,04	0,01	ns
		Bebiendo	0,01	0,02	0,01	ns
		Comiendo	0,04	0,07	0,01	ns
	Cálido	Echado	0,39a	0,14b	0,05	0,008
		Parado	0,55b	0,77a	0,06	0,0216
		Locomoción	0,03	0,02	0,01	ns
		Bebiendo	0,01	0,03	0,01	ns
		Comiendo	0,02	0,04	0,01	ns
Mediodía	Moderado	Echado	0,55	0,45	0,06	ns
		Parado	0,33	0,38	0,04	ns
		Locomoción	0,03	0,04	0,01	ns
		Bebiendo	0,02	0,03	0,01	ns
		Comiendo	0,07	0,11	0,02	ns
	Cálido	Echado	0,23	0,13	0,07	ns
		Parado	0,45	0,48	0,07	ns
		Locomoción	0,05	0,05	0,01	ns
		Bebiendo	0,02	0,06	0,01	ns
		Comiendo	0,24	0,27	0,10	ns
	Extremo	Echado	0,37a	0,15b	0,06	0,011
		Parado	0,53	0,62	0,04	ns
		Locomoción	0,04	0,05	0,01	ns
		Bebiendo	0,01b	0,07a	0,01	<0,001
		Comiendo	0,05	0,12	0,03	ns
Tarde	Moderado	Echado	0,61	0,67	0,10	ns
		Parado	0,28	0,24	0,07	ns
		Locomoción	0,03	0,04	0,01	ns
		Bebiendo	0,01	0,01	0,005	ns
		Comiendo	0,08	0,05	0,03	ns
	Cálido	Echado	0,34	0,31	0,04	ns
		Parado	0,49	0,46	0,04	ns
		Locomoción	0,04	0,05	0,01	ns
		Bebiendo	0,02b	0,04a	0,005	0,0251
		Comiendo	0,11	0,15	0,02	ns
	Extremo	Echado	0,36	0,29	0,05	ns
		Parado	0,46b	0,57a	0,03	0,01
		Locomoción	0,03	0,02	0,01	ns
		Bebiendo	0,04	0,05	0,01	ns
		Comiendo	0,10	0,06	0,02	ns

Medias entre tratamientos (CS y SS) con letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según el p-valor de la prueba T de Student. Mañana: desde las 6 hasta las 9h; mediodía: desde las 10:30 hasta las 13:30h; tarde: desde las 15 hasta las 18h. CS: con sombra, SS: sin sombra.

3.5.5. Recuento de enterobacterias en materia fecal

No se observaron diferencias ($p > 0,05$) entre los tratamientos CS y SS tanto en t1 ($5,59 \pm 0,12$ y $5,71 \pm 0,18$ UFC/g, respectivamente) como en t3 ($6,78 \pm 0,30$ y $6,61 \pm 0,17$ UFC/g, respectivamente). Por su parte, considerando como covariables los valores de t1, en ambos tratamientos se observó un efecto del tiempo ($p < 0,05$) sobre los RE, en donde se obtuvieron mayores niveles en t3 con respecto a t1 ($p < 0,05$).

Tabla 3.9. Valores medios de logarítmicos del recuento de enterobacterias (RE).

Variable	Tratamiento	Tiempo 1	Tiempo 3
RE (Log UFC/g)	CS	5,59± 0,18A	6,78±0,30B
	SS	5,71±0,12A	6,61±0,17B

Letras mayúsculas diferentes indican diferencia significativa entre tiempos ($p < 0,05$).
UFC: unidades formadoras de colonias. CS: con sombra, SS: sin sombra.

3.6. Discusión

Bajo las condiciones en las que se llevó a cabo el ensayo, no se observó un efecto del recurso sombra sobre las variables productivas evaluadas (GDP, PC y rendimiento). Considerando que en el periodo evaluado la cantidad de horas en las que la temperatura superó los 29,7 °C fue de 261 h, el resultado fue coincidente con Mitlöner *et al.* (2001b). Estos autores concluyeron que el recurso sombra podría generar un impacto positivo en este tipo de variables en períodos de altas temperaturas que superen las 700 h con 29,7 °C. De este modo, si estas temperaturas se superan en el rango de 500 a 700 h, el efecto podría ser variable, dependiendo también de otros factores. Posiblemente, las características del clima en el cual se llevó a cabo el ensayo pueden haber influido, propiciando la recuperación del confort térmico de los animales mediante el descenso de la temperatura nocturna. Esta recuperación, equivalente para todos los animales ensayados, puede ser la causa principal de la ausencia de diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en los valores de GDP, PC y/o rendimiento.

El efecto del recurso sombra se evidenció en la variable SJ. Cuando el índice térmico HLI máximo alcanzó la categoría “cálido”, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados con valores superiores en el tratamiento SS. Pese a esto, de acuerdo a la clasificación de severidad de estrés por calor propuesta por Gaughan *et al.* (2008) y bajo la mencionada categoría de HLI, los valores de SJM arrojados en ambos tratamientos se encontraron ubicados en el rango de ausencia de estrés por calor ($SJM < 0,4$). Por el contrario, cuando el nivel de HLI máximo alcanzó la categoría “extremo”, la diferencia observada se tradujo en diferencias entre los tratamientos en términos de severidad de estrés por calor. De este modo, mientras que los bovinos pertenecientes al tratamiento CS arrojaron valores medios de SJM asociados a ausencia de estrés por calor ($SJM < 0,4$), aquellos pertenecientes al tratamiento SS mostraron niveles medios asociados a animales altamente estresados ($SJM > 1,2$) por efecto de una carga calórica excesiva. Estos resultados son coincidentes con aquellos publicados por Gaughan *et al.*, (2008) y

Sullivan et al. (2011), quienes concluyeron que los niveles de HLI encuadrados dentro de las clasificaciones de muy cálido a extremo, se relacionan con niveles superiores del score de jadeo en los novillos desprovistos de sombra. Asimismo, los resultados obtenidos también fueron coincidentes con los expuestos por Hammami *et al.* (2013), Van laer *et al.* (2015) y Melton (2018). Dichos autores resaltaron que, aún en regiones de clima templado, los bovinos se encuentran fuera de su zona termoneutral durante los meses de verano, evidenciando el impacto positivo que proporciona el recurso sombra al incrementarse los valores del índice térmico HLI.

Si bien en ambos tratamientos se observaron paralelismos entre los incrementos del SJM y la severidad de la categoría HLI, el grado de incremento de este indicador fue claramente superior en los animales del tratamiento SS. En este caso, en jornadas en las cuales la categoría HLI máximo fue clasificada como "extremo", los niveles fueron 13,75 veces superiores a los observados en jornadas con niveles máximos de HLI pertenecientes a la categoría "cálido". Por su parte, el aumento del SJM entre jornadas con las características antes mencionadas fue de 7,10 en los animales que dispusieron del recurso sombra. Estos resultados son coincidentes con los expuestos por *Meat and Livestock Australia* (2008).

Evaluando los niveles del SJ bajo las diferentes categorías de HLI, pudo observarse que, en condiciones meteorológicas extremas, la provisión del recurso sombra demostró un efecto positivo sobre el confort térmico de los bovinos. Este hecho permitió que se mantenga en mayor medida el SJ normal, hecho directamente relacionado con la posibilidad de afrontar de mejor manera las condiciones del entorno circundante. Bajo esta categoría de HLI, los animales pertenecientes al tratamiento SS mostraron mayores niveles de SJ considerado como "elevado", evidenciando una mayor cantidad de animales con carga calórica excesiva (*Meat and Livestock Australia*, 2006).

Los resultados obtenidos en la presente tesis con respecto a las variables productivas y el SJ son coincidentes con aquellos publicados previamente por Melton (2018), en un estudio realizado durante periodo estival en el que se presentaron dos olas de calor de 5 jornadas cada una. Dicho autor concluyó que, si bien el impacto del estrés térmico pudo reducirse mediante la provisión del recurso sombra, la ganancia de peso no se vio afectada bajo las condiciones en las que se llevó a cabo ese ensayo.

Por su parte, el análisis de los resultados obtenidos acerca de las variables sanguíneas permitió identificar aspectos asociados al efecto del recurso sombra. En los tiempos coincidentes con la finalización de dicho ensayo (t3 y t4), pudo apreciarse un aumento ($p < 0,05$) en los valores del hematocrito en aquellos animales

pertenecientes al tratamiento SS con respecto a los del tratamiento CS. Este hecho pudo observarse durante el manejo previo al traslado (tiempo 3) y en el momento del sangrado en la planta de faena (tiempo 4). Estos resultados podrían asociarse con un aumento del nivel de ansiedad y/o deshidratación acusada por estos animales durante el manejo, traslado a la manga y el tiempo de residencia en las instalaciones en jornadas en las que se alcanzaron valores de HLI dentro de la categoría “extremo”. Dichos resultados indicarían una mayor deshidratación por parte de estos animales, posiblemente debido a un incremento de la diuresis (Parker *et al.*, 2003) y/o a un bajo grado de rehidratación (Ferguson y Warner, 2008).

Los niveles de PT no mostraron diferencias ($p > 0,05$) entre tratamientos para cada uno de los tiempos evaluados, con una tendencia ($0,05 < p < 0,10$) a encontrar valores superiores en animales del tratamiento SS con respecto a los pertenecientes al tratamiento CS para los tiempos t3 y t4. Sería esperable que esta variable se encuentre elevada ante un posible proceso de deshidratación (Parker *et al.*, 2003; Ferguson y Warner, 2008). No obstante, una fracción importante de estas proteínas circulantes incluye a proteínas de fase aguda negativas, las cuales disminuyen ante eventos de estrés agudo, debido a cambios en el metabolismo proteico (Cecilian *et al.*, 2012; Schmitt *et al.*, 2021). Este hecho conduce a la existencia de variaciones en los niveles de la participación relativa de la albúmina, las globulinas y las proteínas de estrés agudo (Tarrant *et al.*, 1992; Earley y O' Riordan, 2006). En su conjunto, posibles incrementos en los niveles de proteínas circulantes debido a deshidratación podrían verse contrarrestados por la disminución en el nivel de las proteínas de fase aguda. Sin lugar a duda, este comportamiento diferencial debería contemplarse en futuras investigaciones, a los fines de dilucidar con mayor detalle los mecanismos operantes.

El análisis de los niveles de glucemia no demostró diferencias entre tratamientos en los tiempos evaluados. Un comportamiento similar pudo observarse por parte de los niveles de cortisol sérico. Dado que ambos parámetros bioquímicos se encuentran muy relacionados metabólicamente, es lógico entender una ausencia de modificaciones de los niveles de glucemia en el contexto de ausencia de modificaciones significativas en los niveles de cortisol en los diferentes tiempos de muestreo. Posiblemente, la evaluación de este glucocorticoide no fue capaz de identificar el posible efecto benéfico que generó la provisión del recurso sombra. Este resultado podría asociarse a lo concluido por MacDougall-Shackleton *et al.* (2019), en donde también se cuestiona la utilidad de esta medición, entre otras, para la evaluación de factores de estrés asociados al ambiente, donde el efecto del estrés generado por el manejo para la obtención de las muestras podría llegar a enmascarar el tratamiento estudiado (MacDougall-Shackleton *et al.*, 2019).

La evaluación del comportamiento de mantenimiento permitió identificar ciertos patrones a los que recurren los bovinos de acuerdo al momento del día, a la disponibilidad del recurso sombra y al nivel de severidad de las condiciones meteorológicas. Durante la mañana, periodo de tiempo en el cual los animales suelen encontrarse más activos, y cuando la categoría de HLI fue “leve”, los animales desprovistos de sombra mostraron una menor proporción del comportamiento “parado”, con respecto a aquellos provistos de sombra. Una posible causa de esto es que los animales del tratamiento CS contaron con un mayor confort de descanso debido a encontrarse echados durante un mayor número de horas al día (hecho que se evidenció al mediodía, ver más adelante en esta sección), adquiriendo de este modo una mayor proporción de postura más activa. Cuando dentro de este momento del día estudiado la categoría HLI fue “cálido”, el recurso sombra permitió que la proporción de animales parados y echados se mantenga en niveles similares a los obtenidos para la categoría HLI “leve”. Por el contrario, la ausencia de sombra llevó a una gran variación en la proporción de animales que se encontraban realizando estos dos comportamientos de mantenimiento. Al respecto, es posible que el aumento en la temperatura del suelo de los corrales en los que no se proyectaba la sombra fuera el causal de una notable reducción (de 0,40 a 0,14) de animales echados como estrategia para minimizar la superficie de su cuerpo en contacto con el suelo, generando un considerable incremento en la proporción de animales parados (de 0,48 a 0,77). Dichas modificaciones en la estrategia para lidiar con el entorno y los cambios del comportamiento de mantenimiento adquiridas por los animales del tratamiento SS se evidenciaron en este momento del día, con diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos CS y SS en la proporción de animales echados (0,39 y 0,14, respectivamente) y parados (0,55 y 0,77, respectivamente).

Por su parte, la evaluación del comportamiento de mantenimiento en la franja horaria del mediodía permitió observar una ausencia de diferencias en los comportamientos observados cuando las categorías de HLI fueron clasificadas como “moderado” o “cálido”. No obstante, cuando los valores de HLI correspondieron a la categoría “extremo”, el tratamiento SS demostró un menor nivel ($p < 0,05$) de animales echados en comparación con el tratamiento CS (0,15 y 0,37, respectivamente). Estos resultados son coincidentes con los publicados previamente por Mitlöhner *et al.* (2002) y Melton (2018). En estas últimas condiciones, también se observó un mayor nivel ($p < 0,05$) de animales bebiendo en SS con respecto a CS (0,07 y 0,01, respectivamente), evidenciando que, al incrementarse la severidad de las condiciones meteorológicas, y en ausencia del recurso sombra, las estrategias de la mayor proporción de los

animales fue la de minimizar la superficie de contacto con el suelo y recurrir en mayor medida al consumo de agua.

En horas del día correspondientes a la tarde, mientras que bajo la categoría HLI no se observaron diferencias en el comportamiento de mantenimiento, cuando dicho índice térmico se encontró bajo la categoría “cálido”, nuevamente animales desprovistos de sombra mostraron una mayor proporción del comportamiento bebiendo, mientras que cuando la categoría HLI fue “extremo”, la proporción de animales parados fue superior ($p < 0,05$) en aquel grupo que no contó con el recurso sombra.

En coincidencia con lo concluido por Tucker *et al.* (2008) y Melton (2018), al aumentar la severidad de la categoría HLI, se observó un incremento en el número de animales parados, hecho que se evidenció en mayor medida en el grupo que no contó con el recurso sombra.

Por su parte, aquellos animales que contaron con la posibilidad de recurrir al recurso sombra demostraron una correlación positiva ($p < 0,05$) entre el aumento de los niveles del índice térmico HLI y el número de individuos que hizo uso de dicho recurso con fines de mitigar el estrés por calor. Resultados similares fueron publicados por Tucker *et al.* (2008), en donde, más allá de la diferencia en el biotipo evaluado, se observó una elevada correlación entre los niveles de las variables meteorológicas y la búsqueda y uso del recurso sombra.

Resulta importante destacar que bajo las condiciones meteorológicas en las que se realizó el presente estudio, el recurso sombra no generó modificaciones en el número de enterobacterias intestinales. Sin embargo, esta variable se vio afectada al avanzar el periodo de engorde bajo un sistema de producción intensivo. Considerando lo expuesto por Palladino *et al.* (2013), la dieta suministrada sería la principal causa de las modificaciones de la población microbiana del tracto gastrointestinal del rumiante. Estas modificaciones podrían asociarse a diversos problemas de salud en los animales sujetos a sistemas de producción confinados durante la estación de verano.

3.7 Conclusiones

Considerando los resultados obtenidos, bajo las condiciones en las que se llevó a cabo el estudio, la provisión del recurso sombra generó un efecto sobre determinadas variables. Bajo microclimas en los que el índice térmico se asoció a categorías “cálido” o superior, la provisión de sombra generó una merma en el *score* de jadeo y modificaciones en el comportamiento de mantenimiento; éste último

principalmente expresado en la proporción de animales que destinan su tiempo a echarse o estar parados, lo cual a su vez se encuentra sujeto al momento del día. En animales que contaron con la posibilidad de hacer uso de la sombra, la relación existente entre la utilización del recurso y el aumento de la severidad de las condiciones climáticas hizo que un mayor nivel de bovinos pueda destinar su tiempo al descanso en decúbito. En animales que carecieron del recurso, una mayor proporción permaneció parado con la finalidad de reducir la superficie corporal en contacto con el suelo, repercutiendo negativamente en el confort de descanso. Bajo estas características climáticas se observó que el recurso sombra se asoció con valores inferiores de hematocrito y una tendencia a menores valores de proteínas totales circulantes, sugerentes de un menor grado de deshidratación corporal.

Bajo las condiciones en las que se llevó a cabo el ensayo, la provisión de sombra durante el periodo experimental no generó un efecto sobre las variables productivas o de salud estudiadas. En este sentido, los resultados obtenidos demostraron que las variables fisiológicas y comportamentales presentaron umbrales de detección más bajos con respecto a las demás clases de indicadores de bienestar animal abordadas. De este modo, se suma evidencia sobre la sensibilidad de este último grupo de variables para detectar ausencia de bienestar animal en sus etapas iniciales. Sobre esta base, y considerando las condiciones en las que se llevó a cabo el ensayo, tanto los indicadores comportamentales como aquellos fisiológicos podrían presentarse como indicadores tempranos de ausencia de bienestar de bovinos. Su determinación permitiría tomar medidas adecuadas como estrategias de mitigación del estrés por calor antes de que sus efectos negativos sean visibles mediante las variables productivas y de calidad de carne, hecho que implicaría una mayor dificultad para revertir la situación y/o un mayor costo asociado a la misma.

3.8. Referencias bibliográficas

- Alexander, G.; Hales, J.R.; Stevens, D.; Donnelly, J.B. (1987). Effects of acute and prolonged exposure to heat on regional blood flows in pregnant sheep. *Journal of developmental physiology*, 9 (1): 1-15.
- Altmann, J. (1974). Observational study of behavior: Sampling methods. *Behaviour*, 49: 227-267.
- Ames, D.R.; Ray, D.E. (1983). Environmental manipulation to improve animal productivity. *Journal of Animal Science*, 57 (2): 209-220.
- Arias, R.A.; Mader, T.L.; Escobar, P.C. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de medicina veterinaria*, 40 (1): 7-22.
- Armstrong, D. (1994). Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science*, 77 (7): 2044-2050.
- Arnold-Meeks, C.; McGlone, J.J. (1986). Validating techniques to sample behavior of confined, young pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 16 (2): 149-155.
- Bauman, D.E.; Currie, W.B. (1980). Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *Journal of dairy science*, 63 (9): 1514-1529.
- Beatty, D.T.; Barnes, A.; Taylor, E.; Pethick, D.; McCarthy, M.; Maloney, S.K. (2006). Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. *Journal of animal science*, 84 (4): 972-985.
- Beck, J.; Katzschke, D.; Steingass, H. (2000). Heated drinking water for dairy cows? *Agrartechnische Forschung*, 6 (2): 97-117.
- Beede, D.K.; Collier, R.J. (1986). Potential Nutritional Strategies for Intensively Managed Cattle during Thermal Stress. *Journal of Animal Science*, 62 (2): 543-554.
- Berman, A. (2005). Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows 1. *Journal of animal science*, 83 (6): 1377-1384.
- Bianca, W. (1962). Relative Importance of Dry- and Wet-Bulb Temperatures in Causing Heat Stress in Cattle. *Nature*, 195: 251-252.
- Bicudo, J.R.; Gates, R.S. (2002). Water consumption, air and water temperature issues related to portable water systems for grazing cattle. 2002 ASAE Annual Meeting. American Society of Agricultural and Biological Engineers. Chicago, Estados Unidos de América. 28 al 31 de julio de 2002. ASAE Meeting paper N° 024052, 10 páginas.

- Blackshaw, J.K.; Blackshaw, A.W. (1994). Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 34 (2): 285-295.
- Bond, T.E.; Kelly, C.F.; Morrison, S.R.; Pereira, N. (1967). Solar, atmospheric, and terrestrial radiation received by shaded and unshaded animals. *Transactions of the ASAE*, 10 (5): 622-625.
- Bonilla, A. (1999). El estrés en el Ganado. *Revista Acovez*, 18-26.
- Bradford, M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.
- Broom, D.M. y Johnson, K.G. (1993). *Stress and Animal Welfare. Key Issues in the Biology of Humans and Other Animals*. Springer, Nueva York. Segunda edición ampliada. 230 páginas.
- Brown-Brandl, T.M.; Eigenberg, R.A.; Nienaber, J.A.; Hahn, G.L. (2005). Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle, Part 1: Analyses of indicators. *Biosystems engineering*, 90 (4): 451-462.
- Brown-Brandl, T.M.; Eigenberg, R.A.; Nienaber, J.A. (2010). Water spray cooling during handling of feedlot cattle. *International Journal of Biometeorology*, 54 (6): 609-616.
- Brown-Brandl, T.M. (2018). Understanding heat stress in beef cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47 (e20160414): 1-9.
- Buffington, D.E.; Collazo-Arocho, A.; Canton, G.H.; Pitt, D.; Thatcher, W.W.; Collier, R.J. (1981). Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transactions of the ASAE*, 24 (3): 711-714.
- Cecilian, F.; Ceron, J.J.; Eckersall, P.D.; Sauerwein, H. (2012). Acute phase proteins in ruminants. *Journal of proteomics*, 75 (14): 4207-4231.
- Chowers, I.; Hammel, H.T.; Eisenman, J.; Abrams, R.M.; McCann, S.M. (1966). Comparison of effect of environmental and preoptic heating and pyrogen on plasma cortisol. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, 210 (3): 606-610.
- Collier, R.J.; Beede, D.K.; Thatcher, W.W.; Israel, L.A.; Wilcox, C.J. (1982). Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. *Journal of Dairy Science*, 65 (11): 2213-2227.
- Conrad, J.H. (1985). Feeding of farm animals in hot and cold environments. En: Yousef, M.K. *Stress Physiology in Livestock. Volumen II*. CRC Press, Boca Raton. Capítulo 10: 205-226.

- Cooper, C.A.; Evans, C.O.; Cook, S.; Rawlings, N.C. (1995). Cortisol, progesterone, and β -endorphin response to stress in calves. *Canadian Journal of Animal Science*, 95: 197-201.
- Cunningham, J.G.; Klein, B.G. (2007). B.G. Cunningham's Textbook of Veterinary Physiology. Saunders Elsevier. Missouri. Cuarta edición. 624 páginas.
- Curtis, A.K.; Scharf, B.; Eichen, P.A.; Spiers, D.E. (2017). Relationships between ambient conditions, thermal status, and feed intake of cattle during summer heat stress with access to shade. *Journal of thermal biology*, 63: 104-111.
- DiaSource. (2011). In vitro diagnostic of cortisol. Catálogo KAPDB270, PI 1701223, [https://www.diasource-diagnostics.com/var/ftp_diasource/IFO/KAPDB270.pdf] consultado 12 de febrero de 2015.
- De Rensis, F.; Scaramuzzi, R.J. (2003). Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow-a review. *Theriogenology*, 60 (6): 1139-1151.
- Dikmen, S.; Hansen, P.J. (2009). Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of dairy science*, 92 (1): 109-116.
- Earley, B.; O'Riordan, E.G. (2006) Effects on transporting bulls at different space allowances on physiological, haematological and immunological responses to a 12-h journey by road. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 45: 39-50.
- EFSA. 2012. EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW). Scientific Opinion on the the welfare of cattle kept for beef production and the welfare in intensive calf farming systems. *EFSA Journal* 2012,10 (5): 2669-2834.
- Eigenberg, R.; Brown-Brandl, T.; Nienaber, J. (2010). Shade material evaluation using a cattle response model and meteorological instrumentation. *International Journal of Biometeorology*, 54 (5): 509-515.
- El-Nouty, F.D.; Elbanna, I.M.; Davis, T.P.; Johnson, H.D. (1980). Aldosterone and ADH response to heat and dehydration in cattle. *Journal of Applied Physiology*, 48 (2): 249-255.
- Ferguson, D.M.; Warner, R.D. (2008) Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Science*, 80: 12-19.
- Finch, V.A. (1984). Heat as a stress factor in herbivores under tropical conditions. En: Gilchrist, R.I.; MacKie, F.M.C. *Herbivore Nutrition in the Subtropics and Tropics*. The Science Press, Craighall. Capítulo 7: 89-105.
- García-Sevillano, M.A.; García-Barrera, T.; Navarro-Roldán, F.; Montero-Lobato, Z.; Gómez-Ariza, J.L. (2014). A combination of metallomics and metabolomics studies to evaluate the effects of metal interactions in mammals. Application to

- Mus musculus mice under arsenic/cadmium exposure. *Journal of Proteomics*, 104: 66-79.
- Gaughan, J.B.; Mader, T.L.; Holt, S.M.; Lisle, A. (2008). A new heat load index for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 86 (1): 226-234.
- Gaughan, J.B.; Bonner, S.; Loxton, I.; Mader, T.L.; Lisle, A.; Lawrence, R. (2010). Effect of shade on body temperature and performance of feedlot steers. *Journal of animal science*, 88 (12): 4056-4067.
- Gebremedhin, K.G.; Hillman, P.E.; Lee, C.N.; Collier, R.J.; Willard, S.T.; Arthington, J.D.; Brown-Brandl, T.M. (2008). Sweating rates of dairy cows and beef heifers in hot conditions. *Transactions of the ASABE*, 51 (6): 2167-2178.
- Góngora, A.; Hernández, A. (2010). La reproducción de la vaca se afecta por las altas temperaturas ambientales. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*, 13 (2): 141-151.
- Gonyou, H.W.; Stricklin, W.R. (1984). Diurnal behavior patterns of feedlot bulls during winter and spring in northern latitudes. *Journal of animal science*, 58 (5): 1075-1083.
- Grandin, T. (2016). Evaluation of the welfare of cattle housed in outdoor feedlot pens. *Veterinary and Animal Science*, 1: 23-28.
- Habeeb, A.A.; Marai, I.F.; Kamal, T.H. (1992). Heat stress. En: Phillips, C.; Piggins, M. *Farm Animals and the Environment*. CABI Publishing, Wallingford. Capítulo 2: 27-47.
- Hahn, G.L. (1986). Compensatory performance in Livestock. Limiting the effects of stress on cattle. *Western Regional Research Publication*, 9: 7-10.
- Hahn, G.L.; Nienaber, J.A.; Eigenberg, R.A. (1993). Environmental influences on the dynamics of thermoregulation and feeding behavior in cattle and swine. 4th Livestock Environment International Symposium. Coventry, Inglaterra. 6 al 9 de julio de 1993. *Proceedings of 4th Livestock Environment International Symposium*. Volumen 1: 1106-1116.
- Hales, J.R.S.; Webster, M.E.D. (1967). Respiratory function during thermal tachypnoea in sheep. *The Journal of physiology*, 190 (2): 241-260.
- Hammami, H.; Bormann, J.; M'hamdi, N.; Montaldo., H.H.; Gengler., N. (2013). Evaluation of heat stress effects on production traits and somatic cell score of Holsteins in a temperate environment. *Journal of Dairy Science*, 96: 1844-1855.
- Hettich. (1995). Determinación del valor de hematocrito mediante centrifugación. [http://dbc.hettichlab.com/appc/_upload/hettich/2009_37/M__todo _Diagnosis _Hematocrito.pdf] consultado 12 de febrero de 2015.

- Holt, S.M.; Gaughan, J.B.; Mader, T.L. (2004). Feeding strategies for grain-fed cattle in a hot environment. *Australian journal of agricultural research*, 55 (7): 719-725.
- Hubbard, K.G.; Stooksbury, D.E.; Hahn, G.L.; Mader, T.L. (1999). A climatological perspective on feedlot cattle performance and mortality related to the temperature-humidity index. *Journal of production agriculture*, 12 (4): 650-653.
- İçen, H.; Arserim, N.B.; Işık, N.; Özkan, C.; Kaya, A. (2013). Prevalence of Four Enteropathogens with Immunochromatographic Rapid Test in the Feces of Diarrheic Calves in East and Southeast of Turkey. *Pakistan Veterinary Journal*, 33 (4): 496-499.
- Johnson, H.D.; Hahn, L.; Buffington, D.E. (1975). Animal husbandry. Impacts of climatic change on the biosphere. *CIAP Monograph 5, Part 2, Climatic effects*, 184-190.
- Johnson, H.D. (1987). Bioclimates and livestock. En: Johnson, H.D. *World Animal Science B5 Bioclimatology and the adaptation of Livestock*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. Capítulo 1: 3-16.
- Kadzere, C.T.; Murphy, M.R.; Silanikove, N.; Maltz, E. (2002). Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock production science*, 77 (1): 59-91.
- Kamal, R.; Dutt, T.; Patel, M.; Dey, A.; Bharti, P.K.; Chandran, P.C. (2018). Heat stress and effect of shade materials on hormonal and behavior response of dairy cattle: a review. *Tropical Animal Health and Production*, 50: 701-706.
- Kondo, S.; Kawakami, N.; Kohama, H.; Nishino, S. (1983). Changes in activity, spatial pattern and social behaviour in calves after grouping. *Applied Animal Ethology*, 11: 217-228.
- Krishnan, G.; Bagath, M.; Pragna, P.; Vidya, M.K.; Aleena, J.; Archana, P.R.; Veerasamy, S.; Bhatta, R. (2017). Mitigation of the heat stress impact in livestock reproduction. *Theriogenology*, 8: 8-9.
- Kuchel, O. (1991). Stress and catecholamines. *Methods and Achievements in Experimental Pathology*, 14: 80-103.
- Lehner, P.N. (1996). *Handbook of Ethological Methods*. Cambridge University Press, Cambridge. Segunda edición. 672 páginas.
- Li, S.; Gebremedhin, K.G.; Lee, C.N.; Collier, R.J. (2009). Evaluation of thermal stress indices for cattle. 2009 ASAE Annual Meeting. American Society of Agricultural and Biological Engineers. Reno, Estados Unidos de América. 21 al 24 de junio de 2009. ASABE Meeting Presentation Paper N° 096003: 20 páginas.
- MacDougall-Shackleton, S.A.; Bonier, F.; Romero, L.M.; Moore, I.T. (2019). Glucocorticoids and “stress” are not synonymous. *Integrative Organismal Biology*, 1(1), 1-8.

- Mader, T.L.; Fell, L.R.; McPhee, M.J. (1997). Behavior response of non-Brahman cattle to shade in commercial feedlots. *Livestock Environment*, 5: 795-802.
- Mader, T.L.; Dahlquist, J.M.; Hahn, G.L.; Gaughan, J.B. (1999). Shade and wind barrier effects on summertime feedlot cattle performance. *Journal of Animal Science*, 77(8): 2065-2072.
- Mader, T.L.; Hungerford, L.L.; Nienaber, J.A.; Buhman, M.J.; Davis, M.S.; Hahn, G.L.; Cerconey, W.M.; Holt, S.M. (2001). Heat stress mortality in Midwest feedlots. *Journal of Animal Science*, 79(2): 2.
- Mader, T.L.; Davis, M.S. (2004). Effect of management strategies on reducing heat stress of feedlot cattle: feed and water intake. *Journal of Animal Science*, 82 (10): 3077-3087.
- Mader, T.L.; Davis, M.S.; Kreikemeier, W.M. (2005). Case Study: Tympanic Temperature and Behavior Associated with Moving Feedlot Cattle. *The Professional Animal Scientist*, 21 (4): 339-344.
- Mader, T.L.; Davis, M.S.; Brown-Brandl, T. (2006). Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 84 (3): 712-719.
- Mader, T.L.; Davis, M.S.; Gaughan, J.B. (2007). Effect of sprinkling on feedlot microclimate and cattle behavior. *International Journal of Biometeorology*, 51 (6): 541-551.
- Mader, T.L.; Johnson, L.J.; Gaughan, J.B. (2010). A comprehensive index for assessing environmental stress in animals. *Journal of Animal Science*, 88 (6): 2153-2165.
- Magdub, A.; Johnson, H.D.; Belyea, R.L. (1982). Effect of Environmental Heat and Dietary Fiber on Thyroid Physiology of Lactating Cows. *Journal of Dairy Science*, 65 (12): 2323-2331.
- Marcillac-Embertson, N.M.; Robinson, P.H.; Fadel, J.G.; Mitlöhner, F.M. (2009). Effects of shade and sprinklers on performance, behavior, physiology, and the environment of heifers. *Journal of Dairy Science*, 92 (2): 506-517.
- Martin, P.; Bateson, P.P.G.; Bateson, P. (1993). *Measuring behaviour: an introductory guide*. Cambridge University Press. Cambridge. Segunda edición. 222 páginas.
- Meat and Livestock Australia. (2006). Feedlot shade structures. On farm tips and tools. Feedlot: Meat and Livestock Australia, North Sydney, NSW. 22-26. [<https://futurebeef.com.au/wp-content/uploads/Heat-load-in-feedlot-cattle.pdf>] consultado 6 de septiembre de 2016.
- Meat and Livestock Australia. 2008. Assessment of varying allocations of shade area for feedlot cattle – Part 2 (182 days on feed). Meat and Livestock Australia Limited, North Sydney, Australia.

- Meat and Livestock Australia. (2013). National guidelines of beef cattle feedlots in Australia. North Sydney, New South Wales Australia, Report Number ABN:39-081-678-364.
- Melton, B. A. (2018). Impact of Shade on Performance and Heat Stress of Finishing Cattle and Pooled Analysis of Individually Fed Finishing Trials. Theses and Dissertations in Animal Science, 165: 117 páginas.
- Ministry of Agriculture, Fisheries, and Food. (2000). Consumers attitudes to food labelling. Food Standards Agency. Food Safety Information Bulletin N° 118. Scotland: MAFF. [<http://www.foodstandards.gov.uk>] consultado 9 de noviembre de 2019.
- Mitlöhner, F.M.; Morrow-Tesch, J.L.; Wilson, S.C.; Dailey, J.W.; McGlone, J.J. (2001a). Behavioral sampling techniques for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 79: 1189-1193.
- Mitlöhner, F.M.; Morrow, J.L.; Dailey, J.W.; Wilson, S.C.; Galyean, M.L.; Miller, M.F.; McGlone, J.J. (2001b). Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 79 (9): 2327-2335.
- Mitlöhner, F.M.; Galyean, M.L.; McGlone, J.J. (2002). Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat-stressed feedlot heifers. *Journal of Animal Science*, 80 (8): 2043-2050.
- Mitra, R.; Christison, G.I.; Johnson, H.D. (1972). Effect of Prolonged Thermal Exposure on Growth Hormone (GH) Secretion in Cattle 1. *Journal of animal science*, 34 (5): 776-779.
- Moberg, G.P. (2000). Biological response to stress implications to animal welfare. En: Moberg, G.P.; Mench, J.A. *The biology of animal stress - Basic principles and implications for animal welfare*. CABI Publishing, Oxon. Primera edición. Capítulo 1: 1-22.
- Monty Jr, D.E.; Kelley, L.M.; Rice, W.R. (1991). Acclimatization of St.-Croix, Karakul and Rambouillet sheep to intense and dry summer heat. *Small Ruminant Research*, 4 (4): 379-392.
- Morrow-Tesch, J.; Woollen, N.; Hahn, L. (1996). Response of gamma delta T-lymphocytes to heat stress in *Bos taurus* and *Bos indicus* crossbred cattle. *Journal of Thermal Biology*, 21 (2): 101-108.
- Oyhanart, L., Insaugarat, J. y Yurno, O. (2017). Estrés térmico en bovinos de carne. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. [<https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1300/Oyha>

nart%2C%20Lucas.pdf?sequence=1&isAllowed=y] consultado 2 de febrero de 2019.

- Palladino, P.M.; Del Castillo, L.; Davies, P.; Ceconi, I.; Godaly, M.S.; Sancho, A.M.; Masana, M.O. (2013). Microorganismos indicadores de calidad higiénica de carnes en novillos criados bajo distintos sistemas de producción. *Avances en calidad de carne bovina*, 92: 55-60.
- Parker, A.J.; Hamlin, G.P.; Coleman, C.J.; Fitzpatrick, L.A. (2003). Dehydration in stressed ruminants may be the results of cortisol-induced diuresis. *Journal of Animal Science*, 81: 512–519.
- Peñate, D.D. (2008). Enfermedades del ganado bovino. [http://www.mundopecuario.com/buscador/ganado_bovinos.html] consultado 6 de junio de 2016.
- Polsky, L.; von Keyserlingk, M.A. (2017). Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of dairy science*, 100 (11): 8645-8657.
- Purswell, J.L.; Davis, J.D. (2008). Construction of a low-cost black globe thermometer. *Applied engineering in agriculture*, 24 (3): 379-381.
- Ratnakaran, A.P.; Sejian, V.; Jose, V.S.; Vaswani, S.; Bagath, M.; Krishnan, G.; Beena, V.; Devi, P.I.; Varma, G.; Bhatta, R. (2017). Behavioral Responses to Livestock Adaptation to Heat Stress Challenges. *Asian Journal of Animal Sciences*, 11: 1-13.
- Ray, D.E.; Roubicek, C.B. (1971). Behavior of feedlot cattle during two seasons. *Journal of Animal Science*, 33 (1): 72-76.
- Richards, S.A. (1973). *Temperature regulation*. Wykeham Publications, Londres. Primera edición. 212 páginas.
- Riemerschmid, G. (1943). The amount of solar radiation and its absorption on the hairy coat of cattle under South African and European conditions. *Journal South African Veterinary Association*, 14: 121-141.
- Robinson, N.E. (2002). Acid-base homeostasis. En: Cunningham, J.G. *Textbook of Veterinary Physiology*. WB Saunders Co., Philadelphia. Segunda edición. Capítulo 34: 522-531.
- Renaudeau, D.; Collin, A.; Yahav, S.; De Basilio, V.; Gourdine, J.L.; Collier, R.J. (2012). Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*, 6 (5): 707-728.
- Rovira, P.J. (2012). Diseño e instalación de una estructura de sombra artificial. Programa Nacional de Producción de Carne y Lana. Cartilla INIA N° 12, 1-2. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/instalaciones/71-sombra_artificial.pdf] consultado 7 de julio de 2016.

- Sailo, L.; Gupta, I.D.; Das, R.; Chaudhari, M.V. (2017). Physiological Response to Thermal Stress in Sahiwal and Karan Fries Cows. *International Journal of Livestock Research*, 7 (5): 275-283.
- Schütz, K.E.; Cox, N.R.; Matthews, L.R. (2008). How important is shade to dairy cattle? Choice between shade or lying following different levels of lying deprivation. *Applied animal behaviour science*, 114 (3-4): 307-318.
- Schütz, K.E.; Rogers, A.R.; Cox, N.R.; Webster, J.R.; Tucker, C.B. (2011). Dairy cattle prefer shade over sprinklers: Effects on behavior and physiology. *Journal of Dairy Science*, 94 (1): 273-283.
- Sharma, A.; Mittal, D.; Singh, M. (2015). Mastitis Pathogens and their Antibiogram-A Study of 4387 Bovine Samples. *Intas Polivet*, 16 (2): 252-255.
- Shearer, J.K.; Bray, D. (1995). Manteniendo la salud de la ubre y la calidad de la leche durante periodos calurosos. *Hoard's Dairyman*, 1 (7): 643.
- Schmitt, R.; Pieper, L.; Gonzalez-Grajales, L.; Swinkels, J.; Gelfert, C.; Staufienbiel, R. (2021). Evaluation of different acute-phase proteins for herd health diagnostics in early postpartum Holstein Friesian dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 88 (1): 33-37.
- Silanikove, N. (2000). Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*, 67: 1-18.
- Stockman, C. A. (2006). The physiological and behavioural responses of sheep exposed to heat load within intensive sheep industries. Tesis Doctoral, Universidad de Murdoch, Perth, Australia. [<https://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/437/>] consultado 7 de julio de 2016.
- Spiers, D.E.; Spain, J.N.; Sampson, J.D.; Rhoads, R.P. (2004). Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows. *Journal of Thermal Biology*, 29 (7-8): 759-764.
- Sullivan, M.L.; Cawdell-Smith, A.J.; Mader, T.L.; Gaughan, J.B. (2011). Effect of shade area on performance and welfare of short-fed feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 89 (9): 2911-2925.
- Tadich, N.; Gallo, C.; Echeverria, R.; Van Schaik, G. (2003). Efecto del ayuno durante dos tiempos de confinamiento y de transporte terrestre sobre algunas variables sanguíneas indicadoras de estrés en novillos. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 2: 171-185.
- Tadich, N.; Gallo, C.; Bustamante, H.; Schwerter, M.; van Schaik, G. (2005). Effects of transport and lairage time on some blood constituent of Friesian-cross steers in Chile. *Livestock Production Science*, 93: 223-233.

- Tarrant, P.V.; Kenny, F.J.; Harrington, D.; Murphy, M. (1992). Long distance transportation of steers to slaughter: effect of stocking density on physiology, behavior, and carcass quality. *Livestock Production Science*, 30: 223-238.
- Thom, E.C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, 12: 57-61.
- Thompson, G.E. (1985). Respiratory systems. En: Yousef, M.K. *Stress Physiology in Livestock*. Volume 1: Basic Principles. CRC Press, Florida. Capítulo 13: 155-162.
- Tian, H.; Wang, W.; Zheng, N.; Cheng, J.; Li, S.; Zhang, Y.; Wang, J. (2015). Identification of diagnostic biomarkers and metabolic pathway shifts of heat-stressed lactating dairy cows. *Journal of proteomics*, 125: 17-28.
- Trinder, P. (1969). Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor. *Annals of Clinical Biochemistry*, 6: 24-27.
- Tucker, C.B.; Rogers, A.R.; Schütz, K.E. (2008). Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Applied Animal Behaviour Science*, 109 (2-4): 141-154.
- Tuytens, F.A.M.; Ampe, B.; Sonck, B.; Moons, C.P.H.; Vandaele, L. (2015). Effect of summer conditions and shade on the production and metabolism of Holstein dairy cows on pasture in temperate climate. *Animal*, 9 (9): 1547-1558.
- Van laer, E.; Moons, C.P.H.; Sonck, B.; Tuytens, F.A.M. (2014). Importance of outdoor shelter for cattle in temperate climates. *Livestock Science*, 159: 87-101.
- Van laer, E.; Tuytens, F.A.M.; Ampe, B.; Sonck, B.; Moons, C.P.H.; Vandaele, L. (2015). Effect of summer conditions and shade on the production and metabolism of Holstein dairy cows on pasture in temperate climate. *Animal*, 9: 1547-1558.
- Wang, X.; Bjerg, B.S.; Choi, C.Y.; Zong, C.; Zhang, G. (2018). A review and quantitative assessment of cattle-related thermal indices. *Journal of thermal biology*, 77: 24-37.
- West, J.W. (2003). Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 86 (6): 2131-2144.
- Wettemann, R.P.; Tucker, H.A. (1974). Relationship of ambient temperature to serum prolactin in heifers. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 146 (3): 908-911.
- Yousef, M.K.; Johnson, H.D. (1966a). Blood thyroxine degradation rate of cattle as influenced by temperature and feed intake. *Life sciences*, 5 (15): 1349-1363.
- Yousef, M.K.; Johnson, H.D. (1966b). Calorigenesis of Cattle as Influenced by Growth Hormone and Environmental Temperature 1. *Journal of Animal Science*, 25 (4): 1076-1082.

Yousef, M.K. (1985). Stress Physiology: Definition and terminology. En: Yousef, M.K. Stress physiology in Livestock. Volumen I: Basic Principles. CRC Press, Boca Raton. Primera edición. Capítulo 1: 3-8.

4. CONSIDERACIONES FINALES.

Considerando los resultados obtenidos en la presente tesis y la hipótesis general propuesta, se puede concluir que las condiciones de manejo del ganado en un sistema productivo bovino se reflejan en diversos indicadores comportamentales. Esto se pudo observar en el experimento 1, en el que se evidenció el efecto de la categoría y el de la interacción categoría-raza sobre el temperamento, así como en el experimento 2, en el cual la modificación del microambiente generó cambios en el comportamiento de mantenimiento. A su vez, mediante el estudio realizado, pudo apreciarse el impacto que presentan las variables productivas abordadas sobre parámetros fisiológicos asociados a estrés animal y sobre la calidad y cantidad del producto obtenido, siendo estos dos últimos evidenciados en el experimento 1.

A partir de lo concluido y lo observado en el trabajo realizado, se visualizan diversos horizontes que pueden brindar continuidad en ambas líneas de investigación abordadas en la presente tesis. Consecuentemente, se generará mayor información con base científica analizando el impacto que generan diversos factores intrínsecos y extrínsecos de los sistemas productivos actuales sobre el bienestar animal en bovinos de carne; evaluando la relación existente entre indicadores comportamentales y parámetros fisiológicos y de calidad de producto.

En base a lo concluido en el experimento 1, resultará interesante relacionar los resultados obtenidos en la presente tesis con una evaluación comparativa entre las categorías macho entero joven y novillo, en la cual la castración se lleve a cabo mediante la utilización de anestesia, analgesia y con un manejo que minimice el estrés generado en los terneros, evaluando el impacto sobre el temperamento como respuesta a la relación humano-animal. Por otro lado, también resultará idóneo estudiar las diversas variables asociadas al manejo de los animales durante la etapa perifaena con la finalidad de minimizar los problemas asociados a calidad de carne procedente del macho entero joven, principalmente en términos del pH_f elevado y de la elevada prevalencia de cortes oscuros. Como posibles hipótesis podrían plantearse que la minimización del tiempo de ayuno previo a la faena, el uso de un método de aturdimiento que aumente la efectividad de la insensibilización generada o el manejo en la planta de faena conllevarían a una disminución en los mencionados problemas de calidad de carne.

Adicionalmente, resultará interesante poder continuar con el estudio que correlacione diversos métodos de evaluación del temperamento de los bovinos con la finalidad de identificar la relación existente entre las variables en estudio y la idoneidad de la utilización de cada una de éstas. Como base, resultaría de interés plantear la hipótesis en la que el test de *score* de reactividad ofrece una mayor sensibilidad al momento de evaluar la relación humano-animal mediante la respuesta de los bovinos

ante el manejo del personal. Si bien en el presente trabajo no se ha contemplado incorporar al estudio la historia previa en términos de los procedimientos de manejo que se llevaron a cabo sobre los animales, es de esperar que los mismos hayan sido determinantes en las respuestas del comportamiento teniendo en cuenta lo planteado por Rueda *et al.* (2015), principalmente en los novillos que han sido castrados mediante una técnica que constituye una de las prácticas de manejo más estresantes para el ganado, afectando su bienestar (Dantzer y Mormède, 1983; Fell *et al.*, 1986; Bretschneider, 2005). En adición a esto, y considerando que los bovinos pueden almacenar a largo plazo recuerdos asociados al miedo, las interacciones humano-animal resultan determinantes para las futuras prácticas de manejo, más aún si las mismas fueron realizadas con el mismo personal o en las mismas instalaciones (Parish *et al.*, 2013). Sobre esta base, futuros trabajos plantearán la posibilidad de evaluar el efecto que tienen diversos tipos de manejo peri-faena (carga, el transporte, la descarga en la planta de faena, el tiempo de ayuno, el tipo de arreo dentro de la planta de faena y el método de aturdimiento, entre otros) y métodos de castración, todos realizados por el mismo personal interviniente en la etapa de engorde, sobre el temperamento de los bovinos, así como la relación entre el temperamento y las variables productivas, fisiológicas y de calidad de carne.

Por otra parte, considerando los resultados obtenidos en el experimento que se centró en evaluar el efecto del recurso sombra como estrategia de mitigación del estrés por calor, en futuros ensayos resultará de interés evaluar el efecto que presenta la disponibilidad de dicho recurso sobre el bienestar animal, las variables productivas y de calidad de carne en sistemas de engorde a corral localizados en regiones de mayor riesgo de estrés térmico, en función de la carga calórica acumulada, la intensidad y la duración de los eventos de altas temperaturas efectivas. En este sentido, teniendo en cuenta que son contrapuestos los resultados reportados por diferentes autores (Mader *et al.*, 1999; Mitlöchner *et al.*, 2001b; Gaughan *et al.*, 2010; Sullivan *et al.*, 2011; Melton, 2018), resultará importante identificar, seleccionar y caracterizar condiciones contrastantes en términos de la severidad de riesgo de estrés por calor que presente el lugar de ensayo, la duración de las elevadas temperaturas efectivas, los momentos específicos para realizar los muestreos, las razas involucradas y las condiciones de manejo, entre otras.

Por otro lado, también se considera interesante enfocar la atención en el posible efecto mitigador del estrés térmico que pueden tener recursos tales como la aspersión, la ventilación forzada y la combinación de éstos con el recurso sombra en bovinos de engorde a corral, junto a otras alternativas que posibilitarían minimizar la carga calórica de los animales.

4.1. Referencias bibliográficas

- Bretschneider, G. (2005). Effects of age and method of castration on performance and stress response of beef male cattle: A review. *Livestock Production Science*, 97: 89-100.
- Dantzer, R.; Mormède, P. (1983). Stress in farm animals: a need for reevaluation. *Journal of animal science*, 57(1): 6-18.
- Fell, L.R.; Wells, R.; Shutt, D.A. (1986). Stress in calves castrated surgically or by the application of rubber rings. *Australian Veterinary Journal*, 63 (1): 16-18.
- Gaughan, J.B.; Bonner, S.; Loxton, I.; Mader, T.L.; Lisle, A.; Lawrence, R. (2010). Effect of shade on body temperature and performance of feedlot steers. *Journal of animal science*, 88 (12): 4056-4067.
- Mader, T.L.; Dahlquist, J.M.; Hahn, G.L.; Gaughan, J.B. (1999). Shade and wind barrier effects on summertime feedlot cattle performance. *Journal of Animal Science*, 77 (8): 2065-2072.
- Melton, B. A. (2018). Impact of Shade on Performance and Heat Stress of Finishing Cattle and Pooled Analysis of Individually Fed Finishing Trials. *Theses and Dissertations in Animal Science*, 165: 117 páginas.
- Mitlöhner, F.M.; Morrow, J.L.; Dailey, J.W.; Wilson, S.C.; Galyean, M.L.; Miller, M.F.; McGlone, J.J. (2001). Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 79 (9): 2327-2335.
- Parish, J.A.; Karisch, B.B.; Vann, R.C. (2013). *Beef cattle behavior and handling*. Mississippi State University Extension Service. [<http://extension.msstate.edu/publications/publications/beef-cattle-behavior-and-handling>] consultado 18 de marzo de 2019.
- Sullivan, M.L.; Cawdell-Smith, A.J.; Mader, T.L.; Gaughan, J.B. (2011). Effect of shade area on performance and welfare of short-fed feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 89 (9): 2911-2925.
- Rueda, P.M.; Sant'Anna, A.C.; Valente, T.S.; da Costa, M.J.P. (2015). Impact of the temperament of Nelore cows on the quality of handling and pregnancy rates in fixed-time artificial insemination. *Livestock Science*, 177: 189-195.

ANEXO



UBA
Universidad de Buenos Aires



Comité Institucional
de Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio
(CICUAL)

Buenos Aires, 5 de marzo de 2017

Dr. Alejo Pérez Carrera
Escuela de Graduados
S/D

De nuestra mayor consideración:

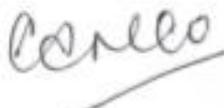
Tenemos el agrado de dirigirnos a Ud. a fin de informarle que el proyecto de tesis doctoral presentado: "Factores productivos y su relación con el bienestar animal en bovinos de carne. Estudio del estrés térmico, la raza y la categoría", dirigido por el Dr. Darío Pighin, del doctorando Leandro E. Langman, identificado con el número de protocolo 2017/8, está **aprobado**.

Recordamos a Ud. que cualquier modificación al protocolo debe ser informada a este Comité antes de su implementación, como así también se deberán informar las fechas previstas para la realización de las experiencias con el fin de planificar las inspecciones necesarias. Esta aprobación tiene vigencia por tres años.

Se deja constancia que los veterinarios propios de los establecimientos donde se realizarán los procedimientos serán responsables del cuidado y bienestar de los animales durante toda la experiencia.

Quedando a su disposición, lo saludamos atentamente.

por CICUAL


Dr. GONZALO MAFESO