

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL
LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL

**BIENESTAR EN ANIMALES LACTANTES DURANTE EL MANEJO ANTE-
MORTEM: RESPUESTAS CONDUCTUALES, EXPRESIONES FACIALES Y
CALIDAD DE LA CARNE**

Prestador Del Servicio Social:

Fabiola Torres Bernal

Matricula: 2163065630

ASESOR INTERNO:

Interno: Dr. Daniel Mota Rojas

Número Económico: 26806

LUGAR DE REALIZACIÓN:

Biblioteca digital de la UAM y Departamento de Producción Agrícola y Animal de la
Universidad Autónoma Metropolitana

(100% en línea – Proyecto emergente UAMX)

Fecha de inicio y término:

28 de febrero, 2021 – 28 de agosto 2021.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. JUSTIFICACIÓN
3. MARCO TEÓRICO
4. OBJETIVO GENERAL
5. OBJETIVOS ESPECIFICOS
6. METODOLOGÍA
7. ACTIVIDADES REALIZADAS
8. OBJETIVOS Y METAS ALCANZADAS
9. RESULTADOS, DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES
10. CONCLUSIONES GENERALES
11. LITERATURA CITADA

1. INTRODUCCIÓN

Las tendencias alimenticias tienen un elevado grado de influencia en los niveles de producción ganadera; y en los últimos años la producción de carne de animales destetados o lactantes de distintas especies se ha convertido en un sector económico relevante tanto en países desarrollados como en desarrollo (MAPA, 2020; FAOSTAT, 2018); sin embargo, el interés por el bienestar animal y la estandarización de los procesos previos y durante el sacrificio a través de legislaciones estrictas, comienzan a formar parte de las prioridades del público en general (Grandin, 2010), ya que el consumidor posee información científica respecto a su importancia.

En la actualidad, la normativa vigente en gran parte del mundo menciona directrices que regulan el manejo previo al sacrificio; por ejemplo, a nivel internacional organizaciones como la OIE, publica actualizaciones contantes enfocadas cada vez más en garantizar los métodos de sacrificio sin dolor; no obstante, a pesar del avance evidente en el campo del bienestar animal, siguen existiendo brechas en el conocimiento, y en este sentido, con respecto a los animales lactantes o destetados la información se vuelve ambigua o escasa, ya que las legislaciones dedicadas al bienestar animal durante el sacrificio mencionan lineamientos en su mayoría enfocados a animales adultos (OIE, 2019b).

Así mismo, en materia de manejo *ante mortem*, factores como el transporte se convierten en aspectos de interés elevado debido a el nivel de modificaciones ambientales a las que se someten los animales, las cuales en conjunto contribuyen con alteraciones fisiológicas que ocasionan cambios inevitables (Sutherland *et al.*, 2016); sin embargo, el desarrollo de lineamientos estandarizados podría disminuir la amplitud de los efectos generados durante los procesos.

Entonces, es necesario adquirir conocimiento entorno a los efectos del manejo previo al sacrificio y la calidad de los métodos de aturdimiento en animales con edades disminuidas como lactantes o destetados; así mismo, las investigaciones requieren enfocarse en el desarrollo de métodos específicos, no invasivos y eficientes para evaluar el bienestar de animales lactantes o destetados a través de

los signos del retorno a la sensibilidad o diversos indicadores de sensibilidad motora y neurológica como las expresiones faciales; con el objetivo de armonizar los parámetros relacionados con el bienestar animal durante el sacrificio y desvanecer la abrupta omisión o falta de lineamientos para este sector en crecimiento y tendencia. Por lo anteriormente señalado, el objetivo del presente servicio social es evaluar el bienestar en animales lactantes durante el manejo *antemortem*, discutir el efecto del transporte en las modificaciones conductuales, así como las expresiones faciales y signos de sensibilidad durante la muerte y su efecto en la calidad de la carne.

2. JUSTIFICACIÓN

Es evidente la falta de normativas o legislaciones enfocadas a garantizar el bienestar en animales lactantes o destetados durante el manejo *ante mortem*, específicamente hacia factores de gran importancia como el transporte y la calidad de la muerte; de igual forma la amplitud generada en los últimos años dentro del sector económico relacionado con la tendencia de consumo de carne proveniente de terneros, cabritos, corderos, entre otros (OIE, 2019; FAOSTAT, 2018); contribuye a evidenciar la necesidad de enfoque científico y social entorno a este sector; en este sentido, se requiere instalar un interés en el público en general pero también en el gobierno y el campo científico para exponer la importancia del ajuste en las directrices dedicadas únicamente a los animales de edades tempranas y el establecimiento de métodos de valoración, no invasivos y eficientes, de la calidad de la muerte ajustados a las dimensiones y tiempo de vida de estos animales.

3. MARCO TEÓRICO

El aumento poblacional mundial trajo consigo una demanda alimenticia exponencial, que obliga a los productores a adaptarse para suplirla; sin embargo, la adaptación no solo implica incremento en tasas de producción, sino también el ajuste a las

demandas cualitativas impuestas por el gobierno y el consumidor (Hendrixson and Hartmann, 2019). Dentro de estas imposiciones, las dedicadas a garantizar el bienestar animal en todos los procesos del ciclo productivo y hasta el sacrificio se han vuelto las más frecuentes y relevantes, debido a que los consumidores exigen liberar a los animales de procesos que impliquen sufrimientos innecesarios (Gallo, Tarumán and Larrondo, 2018).

Con respecto a el manejo previo al sacrificio, uno de los factores que tienen mayor impacto en el bienestar del animal es el transporte; ya que la exposición a alteraciones térmicas, visuales y auditivas en conjunto con el manejo y la sujeción generan modificaciones fisiológicas y conductuales asociadas con el estrés; además de que evidencia científica ha demostrado que las deficiencias o negligencias durante este proceso puede repercutir directamente con la calidad fisicoquímica de la carne; y es por esto que en el marco de factores ante mortem, a partir del traslado es necesario implementar estándares que integren la evasión del sufrimiento en el mayor grado posible (Ekiz *et al.*, 2019; Najafi *et al.*, 2020).

De igual forma se deben considerar factores implícitos previos, durante y después del transporte como la manipulación, la disminución de libertad de movimiento y consumo de agua y alimento; así como el periodo de estabulación desde el embarque hasta su sacrificio; ya que la acumulación de deficiencias en estos aspectos ocasiona impactos negativos directamente en el bienestar del animal (Sutherland *et al.*, 2016).

Por otra parte, el dolor se define como un estímulo sensorial y emocional repulsivo relacionado con el daño físico por una lesión; además de que involucra factores internos y externos en el organismo y tiene efectos directos en el estado fisiológico y conductual del individuo (Mota – Rojas *et al.*, 2016); en este sentido, los métodos de contención y aturdimiento para el sacrificio se consideran como los aspectos de mayor asociación con la producción de dolor y sufrimiento; sin embargo, en la mayoría de las legislaciones actuales; no existe mucha diferencia entre los animales adultos y lactantes o jóvenes (OIE, 2019). El aturdimiento tiene como objetivo insensibilizar al animal para evitar la producción de dolor durante el sacrificio; en

animales jóvenes como corderos, cabritos y terneros se han reportado métodos como la electronarcosis y distintas concentraciones de CO₂, aunque debido a la escasa información continua el desarrollo de estudios para determinar el grado de eficacia específicamente en estos individuos (Linares and Vergara, 2012; P. Llonch *et al.*, 2015).

Desde épocas remotas se ha demostrado desde un punto fisiológico que los estímulos dolorosos originan una serie de reacciones dinámicas en el organismo encargadas de provocar modificaciones sistémicas a través de la sinergia de sistemas íntimamente relacionados como el nervioso y endocrino; en general el cuerpo busca regresar a su estado homeostático aun en presencia del estímulo repulsivo, aunque para lograrlo compromete el estado fisiológico y conductual del animal; por lo que es posible valorar el grado de bienestar en un animal a través de los signos manifestados por efecto de dolor (de Grauw and van Loon, 2016); en específico se ha reportado que los métodos de aturdimiento generan un amplio incremento de la secreción de adrenalina en el organismo (Mota – Rojas *et al.*, 2016). En la actualidad se han desarrollado métodos de evaluación del bienestar animal durante la contención y el aturdimiento que tienen como base las modificaciones por efecto del estímulo doloroso; ejemplos de estos son el conjunto de alteraciones ocasionadas por el sistema simpático- adrenomedular y el sistema hipotálamo – hipófisis- adrenocortical que se manifiestan como aumentos en las variables fisiológicas, cambios en las concentraciones de analitos y modificaciones conductuales (Lefaucheur, 2019); sin embargo los avances científicos han permitido el desarrollo de herramientas de evaluación eficientes y menos invasivas como las escalas de dolor que implementan indicadores relacionados con cambios en la postura de las orejas, cola y cuello y en los últimos años se ha desarrollado la codificación de escalas de expresiones faciales para su implementación futura como una herramienta fiable para la evaluación del bienestar animal (Guesgen *et al.*, 2016); sin mencionar las ventajas que otorga este tipo de métodos al ser menos invasivo y reducir el riesgo de incidentes al mínimo.

También se ha observado un creciente interés del efecto del manejo previo al sacrificio en la calidad de la carne, ya que los últimos reportes confirman la frecuencia en las alteraciones enzimáticas y fisicoquímicas ocasionadas por los factores extrínsecos y que generan un impacto económico relevante; así mismo, se menciona que la exposición a estímulos estresantes como el transporte, la manipulación y otros, genera modificaciones en el pH asociadas al agotamiento de reservas energéticas en el organismo, lo cual se refleja directamente en propiedades organolépticas y fisicoquímicas de la carne como el color, la capacidad de retención de agua, entre otras (Karaca *et al.*, 2016).

Por lo que el desarrollo de investigaciones en torno al sector productivo y económico de la carne de animales de escasa edad requiere la generación de normativas con lineamientos específicos que eviten el sufrimiento de estos y anulen las negligencias o deficiencias en los sistemas de producción actual.

4. OBJETIVO GENERAL

Evaluación del bienestar en animales lactantes durante el manejo *ante mortem*, discutir el efecto del transporte en las modificaciones conductuales, así como las expresiones faciales y signos de sensibilidad durante la muerte y su efecto en la calidad de la carne.

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 5.1. Valoración las respuestas fisiológicas y conductuales durante el traslado previo al sacrificio (rumiante y lactante)
- 5.2. Análisis los avances científicos entorno a la calidad de los métodos de aturdimiento para animales lactantes por medio de los signos de retorno a la sensibilidad; con el fin de asegurar una muerte sin dolor.
- 5.3. Evaluación las modificaciones en las expresiones faciales relacionadas con la respuesta al dolor durante el sacrificio de animales lactantes.

5.4. Análisis la asociación entre los factores *antemortem* y las reacciones enzimáticas postmortem, a través de las propiedades fisicoquímicas de la carne.

6. METODOLOGÍA

Durante la realización de este proyecto documental se utilizaron bases de datos como ScienceDirect Freedom Collection 2020, Scopus, PubMed, Springer Journals, Wiley Publisher Science, entre otras para recopilar información relevante; además de normativas o bases de datos relacionados con la producción ganadera mundial.

7. ACTIVIDADES REALIZADAS

8. Etapas	Duración					
	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
ACTIVIDADES MARZO 2021- AGOSTO 2021						
Búsqueda y análisis de información bibliográfica	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	✓	✓				
			✓	✓		
				✓	✓	

					✓	✓
Objetivos	Valoración de las respuestas fisiológicas y conductuales durante el traslado previo al sacrificio	Análisis de los avances científicos entorno a la calidad de los métodos de aturdimiento para animales lactantes por medio de los signos de retorno a la sensibilidad	Evaluación de las modificaciones en las expresiones faciales relacionadas con la respuesta al dolor durante el sacrificio de animales	Análisis de la asociación entre los factores <i>ante mortem</i> y las reacciones enzimáticas <i>post mortem</i> a través de propiedades fisicoquímicas de la carne	Análisis de la asociación entre los factores <i>ante mortem</i> y las reacciones enzimáticas <i>post mortem</i> a través de propiedades fisicoquímicas de la carne	Realización de ajustes sugeridos.

9. OBJETIVOS Y METAS ALCANZADAS

- 9.1. Se genero un análisis completo sobre las bases fisiológicas y conductuales de los factores previos al sacrificio en animales lactantes o destetados
- 9.2. Realización de una comparación de los métodos de aturdimiento y sacrificio en los animales adultos y jóvenes; pero considerando los aspectos fisiopatológicos, técnicos y de calidad de cada uno.
- 9.3. Se obtuvo información actual sobre los avances científicos en el desarrollo de herramientas fiables y eficientes para la evaluación del bienestar animal durante el manejo previo al sacrificio
- 9.4. Se determinaron las diferencias significativas entre los efectos del manejo ante mortem entre animales adultos y de edad disminuida, en la calidad de la carne desde un punto de vista fisiológico

10. RESULTADOS

10.1 Evaluación de las respuestas fisiológicas y conductuales observadas durante el traslado previo a la matanza para el abasto de especies rumiantes en etapa de lactancia

Resumen

El transporte en rumiantes de edades lactantes se considera uno de los eventos más estresantes durante su vida productiva. Durante esta etapa, se suman múltiples factores como el manejo abusivo, privación de alimento y agua, mantenerlos bajo condiciones climáticas, físicas y mecánicas hostiles, entre otros. Adicionalmente debido a su estado fisiológico estos animales carecen de un sistema inmunológico bien desarrollado, y en algunas ocasiones es casi ausente según el estado fisiológico del rumiante, por lo que, al combinarse con estados de estrés, en muchos

casos crónico, se genera una supresión inmunológica mediada por las hormonas de adrenales, y finalmente esto contribuye al detrimento del nivel de bienestar del rumiante lactante durante su transporte. Entonces, se considera que el conjunto de los factores a los que son sometidos los animales durante el transporte y las condiciones particulares de los animales lactantes ocasionan tasas de mortalidad más elevadas y por lo tanto estados de bienestar inadecuados. Por ello, el objetivo de esta revisión es determinar las respuestas fisiológicas y conductuales a evaluar durante el traslado previo a la matanza para el abasto de especies ruminantes en etapa de lactancia.

Introducción

La población mundial ha generado un impulso en el desarrollo de investigaciones y legislaciones en torno al bienestar de los animales (Miranda-de la Lama *et al.*, 2017), especialmente durante eventos previos a la matanza para el abasto; por lo cual, en diversos países desarrollados se han construido normativas que buscan estandarizar las condiciones y manejos en situaciones *antemortem* y durante el propio proceso de muerte, con la finalidad de garantizar el bienestar de los animales. Estos lineamientos en general, especifican límites entorno a la duración del transporte, densidad de carga, edad óptima para la transportación, periodo de ayuno y descanso (OIE, 2019a); sin embargo, particularmente en países de Latinoamérica se evidencia la rusticidad en instalaciones o protocolos empleados para el manejo previo al faenado, lo cual deteriora significativamente los niveles de bienestar en los animales, y, en el peor de los casos, se incrementan los porcentajes de mortalidad y con ello también agravar el estado económico de los productores (Gallo, Tarumán and Larrondo, 2018).

El manejo *antemortem* es considerado una serie de eventos que ocasionan los mayores niveles de estrés en los animales (Kurt D.Vogel *et al.*, 2019). Es en estas etapas en donde se involucran múltiples factores externos y desconocidos como el aumento de la interacción humano - animal, la exposición a situaciones u objetos novedosos, los cambios de temperatura, humedad, contaminación y otros factores

ambientales (Miranda-de la Lama *et al.*, 2018); sumado a factores de riesgo particulares en animales jóvenes como reestructuración social, deshidratación, la prolongación del periodo de ayuno, inmunidad calostrual deficiente, condiciones que proporcionan comodidad insuficientes y densidad poblacional incrementada; las cuales aumentan de forma exponencial el deterioro del bienestar (Natalie Roadknight *et al.*, 2021).

De forma concreta, la transportación de animales es un proceso esencial requerido en los sistemas de producción mundial e incluye desde el manejo en la unidad productiva de origen hasta el desembarque en la ubicación final según sea el caso, que puede ser otra unidad para la engorda y finalización de animales o bien para su faenado en una planta de matanza. Adicionalmente, se sabe que este proceso puede repetirse múltiples veces antes del punto final de vida de los animales, y es más común en países de Latinoamérica, donde se emplea con mayor frecuencia la distribución con intermediarios o en distintos puntos de venta (Tadich *et al.*, 2009).

Aparentemente en el transporte, la presencia de un estado negativo se potencializa por efecto de aspectos como la distancia recorrida, las condiciones del vehículo y del camino durante el transporte, así como de los periodos de descanso y el nivel de capacitación que tiene la persona encargada de conducir el vehículo. En este último punto, se involucran además factores físicos como la vibración o aceleración con el consiguiente estrés y compromiso en el bienestar de los animales (Miranda-de la Lama *et al.*, 2018). La movilización de animales implica en mayor frecuencia a los rumiantes; sin embargo, durante esta revisión se analizará el impacto de dichos factores sobre las respuestas fisiológicas y conductuales en los corderos.

Modificaciones sistémicas ocasionadas por el estrés

Los estímulos negativos o aversivos generan de forma automática un estado de estrés a nivel sistémico, que puede manifestarse a través de múltiples modificaciones en el organismo. Todos estos cambios buscan aumentar la posibilidad de supervivencia o la adaptación del animal tratando de compensar las

las alteraciones presentadas. Bajo este contexto, se puede decir que en general, los estresores ocasionan dos tipos de respuestas conductuales en los animales, lucha o huida o, en el peor de los casos, de congelamiento. Sin importar el conjunto de conductas que se manifiesten, a nivel sistémico el organismo desencadena una serie de reacciones neurológicas, fisiológicas y endócrinas que son las causantes de la reacción del animal. En cuanto al estrés, esta condición que le permite la sobrevivencia del animal, se puede dividir en tres fases, que dependen del periodo de exposición al estresor, éstas son: respuesta de lucha y huida, que se caracteriza por ser inmediata o aguda; reacción de resistencia, en donde los actores principales son de origen hormonal, y finalmente la respuesta de agotamiento, donde se observan efectos adversos en el organismo tanto fisiológicos como conductuales e incluso puede llevar a la muerte del animal (Tortora and Derrickson, 2013).

2.1 Respuesta de lucha y huida

En cuanto a la respuesta interna del organismo, a nivel cerebral el hipotálamo funge como centro integrador que es el encargado de recibir, transcribir y transferir el estímulo a través del sistema nervioso autónomo el cual se encarga de modular el inicio y final de las reacciones utilizando para ello, la modificación de mecanismos térmicos, sanguíneos, hormonales, metabólicos, entre otros; sin embargo, se ha mencionado que dependiendo del periodo de duración del estado de estrés, inclusive e pueden involucrar distintas redes neuronales que implican la actuación de otras regiones o centros cerebrales (Sousa, 2016).

Con el fin de ejemplificar la respuesta de lucha e huida en situaciones cotidianas durante el embarque, los productores suelen emplear el apoyo de perros ovejeros para organizar y arrear a los corderos (Sutherland *et al.*, 2016). La presencia de estos caninos, son un estímulo aversivo o estresor, que desencadena una respuesta neurológica, la cual se incrementa con la detección del olor y ladridos de los depredadores (perros) por los corderos, desencadenando una cascada de respuestas. En primera instancia se ocasiona una dinámica aumentada del músculo esquelético, se incrementa el flujo sanguíneo, con el fin de preparar al aparato

locomotor para el movimiento brusco y repentino, esto es, la respuesta de huida. En esta situación, el cordero intenta evadir el estímulo representado por el depredador. Esto a su vez, genera un aumento en el gasto metabólico a nivel muscular, transformando el glucógeno almacenado en energía para el movimiento; sin embargo y con el fin de suplir la demanda energética elevada, la actividad celular incrementada comienza a incrementar la energía calórica a nivel celular. Este exceso de calor producido, hipertermia local, se puede acumular a tal grado, hasta ocasionar la elevación de la temperatura corporal (Mota-Rojas, Titto, *et al.*, 2021). Por otra parte, además de incrementar la dinámica muscular, las demandas de oxígeno y nutrientes se elevan exponencialmente, exigiendo una velocidad y presión de flujo sanguíneo aumentado, lo cual ocasiona un mayor gasto cardíaco, hay incremento en las contracciones del músculo cardíaco, con el fin de cubrir la demanda de flujo sanguíneo a nivel muscular (Tortora and Derrickson, 2013). Adicionalmente, y de forma contraria, los sistemas no esenciales durante este periodo: digestivo, urinario, entre otros, sufren una reducción significativa en su actividad para destinar el flujo sanguíneo y su posible gasto energético disponible a los sistemas que lo requieren. Por esta razón, se observa que ante situaciones de estrés los animales muestren conductas de eliminación (orinar o defecar).

Con respecto a la conducta de congelamiento, los animales se caracterizan por la inmovilización del organismo por algunos segundos, con el objetivo de prepararse para comenzar con la fase de lucha y huida (Hsieh and Chang, 2020). Lo cual hace que los animales en esta condición sean una presa fácil para los depredadores.

2.2 Fase de resistencia. El eje Hipotálamo-Hipófisis-Adrenal (HHA) funge como el soporte central durante los mecanismos mediados por estrés. Particularmente la actuación del HHA es evidente en la fase de resistencia, donde el organismo se mantuvo bajo el estímulo estresor por un periodo de tiempo prolongado, el aporte energético disminuye y el sistema HHA tiende a buscar nuevas fuentes de energía a través de la degradación de proteínas y lípidos.

Al igual que la fase anterior, el inicio es orquestado por el Sistema Nervioso Autónomo (SNA). El SNA da la pauta para una secreción aumentada de diversas

hormonas involucradas en el metabolismo tales como Hormona liberadora de corticotropina (CRH), hormona liberadora de hormona de crecimiento (GHRH), y hormona liberadora de tirotrina (TRH). A grandes rasgos, estas hormonas aceleran o activan ciertas vías del sistema metabólico, pero empleando fuentes distintas; por ejemplo, se ocasiona la gluconeogénesis mediante procesos bioquímicos catabólicos, como la lipólisis o proteólisis. Con estas nuevas fuentes energéticas el organismo continúa tratando de contrarrestar las alteraciones generadas por el estresor (Tortora and Derrickson, 2013; Fogelman and Canli, 2018), aun en contra de su propio estado fisiológico y en el caso de animales destinados al abasto, en contra del mantenimiento de la condición corporal (masas musculares).

2.3 Fase de agotamiento

En la fase de agotamiento se observan efectos adversos en los sistemas que se activaron. El fundamento se basa en el impacto de la respuesta fisiológica exacerbada de forma prolongada en la que generalmente se observa desgaste muscular e inmunosupresión (Tortora and Derrickson, 2013).

Además de las modificaciones a nivel fisiológico, en la actualidad evidencia científica ha demostrado que los animales manifiestan a través de conductas aberrantes, descritas como expresiones faciales también denominadas micro conductas (Guesgen *et al.*, 2016; Mogil *et al.*, 2020; Mota-rojas *et al.*, 2020), posturas corporales o macro conductas, reactividad o inmovilidad (Reefmann *et al.*, 2009; Marcet Rius *et al.*, 2018), entre otras. Además estas conductas son la expresión externa de los estados emocionales que experimenta el animal ante situaciones de estrés que se traducen en el pobre nivel de bienestar animal (De Waal, 2011). Al respecto, en recientes fechas se han desarrollado diversas estrategias que permiten evaluar estados internos negativos, como el estrés, en los animales de forma eficiente y objetiva, como un elemento imprescindible en el bienestar físico y sobre todo emocional de los animales.

Factores de riesgo en Rumiantes lactantes transportados

Uno de los factores estresantes, considerado como un punto crítico que compromete el bienestar de los animales es la transportación. El transporte de animales jóvenes o lactantes se considera, particularmente un factor de riesgo que aumenta el nivel de vulnerabilidad y la tasa de mortalidad en animales adultos. Dichas condiciones se ven incrementadas en animales jóvenes y están directamente influenciadas por factores específicos como: el ayuno prolongado, la deshidratación e inmunidad calostrual, entre otros; que podrían considerarse de menor impacto en animales adultos.

Ayuno prolongado o balance energético negativo

En los animales, la duración o extensión del viaje prolonga el periodo de tiempo sin que sean alimentados y esto obedece a razones sanitarias, fisiológicas y comerciales. Ya que como estrategia en reducción de costos, los productores retiran el alimento horas antes del inicio del traslado, con el fin de reducir el grado de contenido intestinal y con ello, el riesgo de contaminación fecal de la canal (Roadknight *et al.*, 2021).

Dicha privación en el consumo de alimento, en conjunto con la demanda de gasto energético como resultado del proceso estresante, ocasionan una disminución en la disponibilidad de reservas energéticas del animal en principio por carbohidratos, lo que genera un balance energético negativo agudo. En estas condiciones, el organismo está gastando más energía de la que consume. El animal activa procesos metabólicos de tipo catabólico que emplean otras fuentes de energía para cubrir dicha demanda y lo hace a partir de proteínas y lípidos. Sin embargo, en animales lactantes, específicamente rumiantes, las reservas de carbohidratos y de grasa corporal son limitadas y se manifiestan con mayor velocidad estados de hipoglucemia o el aumento en la concentración plasmática de indicadores relacionados con el catabolismo lipídico acelerado como: ácidos grasos no

esterificados (NEFA) y β -hidroxibutirato (BHB), respectivamente. En cuanto a las reservas de carbohidratos, se ha demostrado que la glucosa en animales lactantes comienza a agotarse paulatinamente a partir de las 14 h de ayuno hasta encontrarse por debajo de los niveles basales, reduciendo hasta 1.61 mmol / L posterior a 6 h de traslado. Asimismo, en relación con lípidos, se ha observado incrementos significativos en analitos como NEFA (aproximadamente 251 μ mol/L) y BHB (73 mmol/L). Ante este panorama fisiológico detrimental, se ha sugerido no reducir la disponibilidad de alimento previo al transporte e incluso aumentar la ración durante esta etapa (Marcato *et al.*, 2020). Adicionalmente, se ha sugerido el empleo de dietas a base de leche bronca, previas al embarque, que podrían reducir las alteraciones metabólicas y por lo tanto, sobre animales lactantes, tratar de minimizar el impacto de ciertos factores como el tipo de vehículo y la duración del viaje.

Predisposición a la deshidratación

Dentro del ganado, los rumiantes jóvenes presentan una menor capacidad para hacer frente a los cambios bruscos de temperatura corporal y osmolaridad interna debido a la reducción del volumen de agua corporal total. Ahora bien, un hecho de gran relevancia en rumiantes lactantes es la dieta en animales jóvenes previo a la faena en las plantas de matanza. En una alta proporción, son animales que se alimentan por leche de origen materno natural o por mamila, por lo que desconocen la forma de uso de bebederos, sin importar el diseño o modelo, lo que conlleva a la reducción de la ingesta de agua (Roadknight *et al.*, 2021).

Dicha reducción del consumo de agua tiene repercusiones a nivel sistémica, ya que genera un menor volumen circulante o estados hipovolémicos graves. En cuanto a este punto, la valoración se hace a través de indicadores como la concentración de proteínas totales, hematocrito y algunos otros indicadores hematológicos. Cabe señalar que, hasta el día de hoy, en las unidades de producción, el nivel de deshidratación se subestima en todos los animales adultos transportados, y específicamente en animales lactantes puede representar uno de los factores que aumentan la tasa de mortalidad por transportación. Por ello, el transporte de

animales, se ha considerado un punto crítico que compromete el bienestar (Kells *et al.*, 2020). Bajo este contexto, se ha demostrado que en periodos cortos de transporte incluso la administración de electrolitos o la proporción de una dieta a base de leche bronca previa al transporte, reduce los niveles de deshidratación. De igual manera, se observan modificaciones en la valoración de analitos sanguíneos relacionados con deshidratación como: proteínas totales (no más de 7 g/l), hematocrito (alrededor de 68 – 77 %), entre otros (Marcato *et al.*, 2020). Ante este panorama se ha sugerido la implementación de dietas o suplementos minerales previos al embarque e incluso durante el viaje o en los periodos de descanso con el objeto de evitar la manifestación de estados de deshidratación.

Inmunidad calostrala

Naturalmente, la inmunidad de un animal recién nacido depende completamente de la exitosa transferencia pasiva de anticuerpos por parte de la madre. En esta inmunidad, el rumiante debe ingerir el volumen y la calidad idónea del calostro, con concentraciones apropiadas de inmunoglobulinas, pero bajo estos fundamentos, la inmunidad se transfiere o tiene una duración de periodos de tiempo reducidos. Sin embargo, la ingestión de calostro no siempre está presente en las unidades pecuarias, ya sea por influencias externas o manejo incorrecto, por lo que la capacidad de los animales jóvenes para enfrentarse a eventos infecciosos adversos durante el transporte se encuentra limitada (Tortora and Derrickson, 2013). Asimismo, y de forma aditiva los estados de estrés por efecto del transporte producen un aumento en las concentraciones de glucocorticoides, como consecuencia de estrés crónico, los cuales se caracterizan por actuar como inmunosupresores y, por lo tanto, potencializan la incapacidad de protección inmunológica de los animales lactantes.

Adicionalmente, las tasas de mortalidad durante y posterior a su transportación son más altas en animales jóvenes y se asocian principalmente con la manifestación de trastornos digestivos, inflamatorios o lesiones graves que reflejan la ineficiencia de

prácticas pecuarias en lo relativo a la administración de calostro o durante el manejo en el transporte (Thomas and Jordaan, 2013).

Bajo este contexto, se ha demostrado que la alteración en la concentración de indicadores como la inmunoglobulina G sérica, proteína sérica y γ -glutamyl transferasa reflejan el nivel de transferencia pasiva de anticuerpos en los terneros lactantes, además de que se asocia directamente con la tasa de mortalidad y morbilidad antes, durante y al finalizar el transporte (Pardon *et al.*, 2015; Roadknight *et al.*, 2021). De hecho, los reportes sugieren que los animales menores de 3 semanas de edad tienden a ser más vulnerables a contraer infecciones por deficiencia inmunidad calostrual posterior a la transportación.

Edad para el transporte

Evidentemente, en animales jóvenes, la edad representa un factor de riesgo que influye potencialmente en la tasa de supervivencia. Al ser animales jóvenes, no han desarrollado el comportamiento adquirido de dinámica grupal por lo cual su manejo se dificulta y resulta en estrés adicional o lesiones de mayor gravedad. Aunque, no siempre la edad está relacionada con la edad, ya que el tamaño del animal, también puede influenciar la tasa de mortalidad o morbilidad por efecto de factores como la nutrición, diferencias de razas y susceptibilidad a enfermedades (Winder, Kelton and Duffield, 2016; Roadknight *et al.*, 2021).

Factores de riesgo relacionados con características del transporte en especies de rumiantes lactantes

Distancia o duración del viaje

En términos de distancia recorrida por el transporte, en la actualidad en diversos países se ha observado un incremento en la distancia que se debe recorrer entre las unidades productivas y los mataderos. En este sentido, ciertos países pueden

llegar a comercializar animales por vía terrestre a través de sus estados fronterizos, tal es el caso de los estados del norte de la República Mexicana cercanos a la frontera con los EEUU, los cuales en las últimas décadas han registrado un incremento exponencial en la demanda, particularmente de la carne de cordero entre los países de Norteamérica que conforman el tratado de libre comercio y el centro de México. Otro ejemplo se muestra en la comercialización de Chile con el continente europeo, que reporta que alrededor del 40% de su producción ovina es exportada a diversos países (Gallo, Tarumán and Larrondo, 2018). Bajo este contexto, recientemente Miranda-de la Lama et al., 2018 evaluaron el impacto del transporte de larga distancia y el tipo de vehículo empleado sobre el bienestar de 120 corderos machos de pelo los cuales fueron transportados en vehículo tipo remolque de 4 pisos durante de 20 h para recorrer una distancia de 1.252 km. Sus hallazgos reportaron que, los indicadores asociados a estados de estrés como la temperatura corporal, cortisol en sangre, glucosa, creatinina cinasa (CK) y los relacionados con el estado inmunitario como conteo de neutrófilos/linfocitos, se mostraron con valores significativamente más altos durante la transportación propiamente dicha, en comparación con eventos como el embarque y desembarque. Asimismo, se observó un rasgo evidente marcado por la localización de los corderos en el tráiler; esto es, los corderos que viajaron en el piso más cercano al nivel del suelo y el compartimiento más cercano al motor tuvieron indicadores significativamente más altos con aumentos de 9 ng/ml en cortisol, 200 U/l en CK y hasta 0.5°C en temperatura en comparación con los valores que presentaron los corderos que no se ubicaron en dichos sitios.

En otros estudios, Knowles et al., (1994, 1995) determinaron el impacto de los viajes a larga distancia o de duración prolongada en el estado fisiológico y conductual de 1000 ovejas divididas en dos grupos. Las ovejas fueron transportadas desde el Reino Unido hacia distintas regiones del sur de Francia. El viaje del grupo 1 tenía una duración de 18 h y el grupo 2, una duración de 24 h; y se tomaron muestras sanguíneas antes e inmediatamente después de finalizado el viaje. Sus hallazgos demostraron que en las ovejas transportadas por 24 h se presentó un incremento significativo en las concentraciones séricas de ácidos

grasos libres, urea, proteína y albumina total plasmática, osmolalidad plasmática y β -hidroxibutirato. Se argumenta que los cambios de osmolalidad y concentración de proteínas en sangre se deben al estado de deshidratación de las ovejas. Por otro lado, los indicadores como β -hidroxibutirato y ácidos grasos libres se asocian a un estado catabólico originado por el estrés crónico y la falta de alimentación durante el viaje, lo cual podría sugerir el impacto de factores físicos como el movimiento, aceleración o vibración del vehículo (Ekiz *et al.*, 2019). De igual forma, Tadich *et al.*, (2009) identificaron variaciones en la concentración plasmática en otros indicadores asociados con el ayuno y estrés crónico, como: cortisol (2.7 μ g a 3.9 μ g/dl), glucosa (4.5 mmol/L a 3.7 mmol/L), lactato (4.8 a 3.3 mmol/L), volumen de células empaquetadas (43.3% a 43.1%), haptoglobina (incremento de 0.9 g/L) y creatinina quinasa (CK) incrementada de 263 U/L). Cabe mencionar que tanto las concentraciones de cortisol, haptoglobina y células empaquetadas se mantuvieron elevados aun después de terminado el viaje, lo cual relacionó con el estado de resistencia ocasionado por el estresor. De lo contrario, Knowles *et al.*, (1995) reportó que en viajes con duración que oscilaba entre 3-24 h, los niveles de cortisol en plasma en ovejas mostraron un aumento significativo solamente al inicio de los viajes y después de 9 h, las concentraciones de cortisol se redujeron a niveles basales. Este hallazgo puede explicarse como un periodo de adaptación al estresor por parte del animal. Se concluye que las distancias incrementadas durante los traslados de los animales consumen parcial o totalmente las reservas energéticas de los corderos por efecto de un estado de estrés constante (Gallo *et al.*, 2018) y por lo tanto se compromete el bienestar del animal durante el transporte.

Por otro lado, en términos conductuales, durante embarque y transporte, los animales manifiestan comportamientos asociados a estados de alerta como mantenerse de pie y jadeando (Sutherland *et al.*, 2016). Además, al finalizar la transportación y después del desembarque los corderos aumentan su actividad y conductas asociadas con la búsqueda de alimento y agua, lo que confirmaría los estados fisiológicos de hambre y deshidratación (Knowles *et al.*, 1995) y en algunos casos, casi de forma inmediata, previo al embarque se incrementan las conductas

orales anormales y vocalización que se asocian con el destete temprano en animales lactantes o de edades reducidas (Ekiz *et al.*, 2019).

Periodos de descanso

En países europeos, la normatividad ha establecido múltiples periodos máximos de transporte según la especie animal, así como periodos y condiciones mínimas de descanso, que en general oscilan entre las 12 y 24 h en recintos donde se les ofrezca agua y alimento *ad libitum* (Europea, 2005), tal como se muestra en el Cuadro 1. En este sentido, diversos autores han intentado esclarecer el fundamento científico del periodo de descanso reglamentado. Marti *et al.*, (2017) por ejemplo, decidieron valorar el impacto de distintos periodos de descanso sobre los indicadores fisiológicos asociados con el bienestar animal. Para ello, dividieron 40 terneros recién destetados en 3 grupos, mantenidos durante 5, 10 y 15 h de descanso posterior a 15 horas de viaje. A los terneros se les tomaban muestras de saliva y sangre previo al traslado, a la llegada al corral de descanso e inmediatamente después de terminado el viaje. Sus resultados muestran que en general, los indicadores asociados a estados de estrés como cortisol salival (0.10 nmol/L más bajo), estados catabólicos como haptoglobina (=0.07 g/L) y ácidos grasos libres (0.03 nmol/L) y de estado inmunológico como recuento de linfocitos (48.8% a 64% aproximadamente) fueron significativamente más altos en los terneros que solo recibieron 5 horas de descanso, en comparación con los terneros que se mantuvieron 10 y 15 h de descanso. Se concluyó que los periodos de reposo menores a 10 h no contribuyen con la estabilización sistémica del organismo ante el estrés del transporte. Igualmente en estudios similares se reporta que los viajes mayores a 24 h contrarrestados con descansos menores a 10 horas no muestran efectos significativos sobre el retorno de los valores de los indicadores de bienestar animal a niveles basales (Knowles *et al.*, 1996).

Cuadro 1. Normativas estandarizadas en países desarrollados
--

País	Edad	Duración del traslado	Periodo de ayuno	Condiciones adicionales	Referencia
Estados Unidos	-	No más de 28 hrs		-	(United States Government, 2011)
Unión Europea	14 semanas	9 horas	19 horas	Cama obligatoria	(Europea, 2004)
Nueva Zelanda	4 semanas	12 horas	24 horas	-	(Office, 2018)
Canadá	5 semanas	12 horas		Cama obligatoria	(Government of Canada, 2021)
Australia	-	12 horas	-	-	(Australia, 2012).

Por el contrario, en el estudio de Messori *et al.*, (2017) donde se pretendía evaluar el impacto de periodos de descanso de 8, 16 y 24 horas en el bienestar de los ovejas, demostraron que sin importar el tiempo de descanso no se observaron diferencias significativas en el cortisol salival; sin embargo, los investigadores mencionan que animales que se encuentran bajo periodos de descanso menores a 10 horas, muestran un aumento importante en indicadores asociados al daño o estrés muscular tales como creatinina quinasa (CK; >93 IU/l), lactato deshidrogenasa (LDH; aproximadamente de 108 IU/l) y aspartato aminotransferasa (AST;) (alrededor de 11 IU/l). Además se presenta un nivel de deshidratación más severo mediado por un aumento en proteínas totales (0,1 g/dl) y hematocrito (3%) (Messori *et al.*, 2017). Se concluye que animales lactantes sometidos a viajes de más de 12 horas, los periodos de descanso menores a 10 horas podrían contribuir con el deterioro en el bienestar durante en manejo previo al sacrificio.

Por otro lado, en otras investigaciones, se ha mencionado la importancia de proporcionar una cama durante el transporte, debido a que los animales jóvenes presentan con mayor frecuencia conductas asociadas al descanso, para evitar lesiones por pérdida de equilibrio y debilidad en la conformación física del animal (Roadknight *et al.*, 2021). lo cual podría contribuir a disminuir el impacto en el bienestar del rumiante por efecto de los periodos de descanso.

Condiciones del viaje

Dentro de los factores que potencializan el estrés durante el transporte, se incluyen los factores de aceleración, ruido y vibración. En particular, se menciona que la vibración puede ser provocada por circunstancias independientes como el diseño del vehículo y la frecuencia de impactos causada por las condiciones del camino; en este sentido, evidencia científica demuestra que las condiciones del camino durante el transporte tienen un impacto relevante sobre el nivel de bienestar en corderos. En este contexto, Miranda-de la Lama *et al.* (2017) evaluaron el impacto de dos tipos de caminos, una pavimentada o más uniforme y otra no pavimentada o rural, sobre 48 corderos raza Argonesa con aproximadamente 100 días de edad. Se dividió a los animales en 4 grupos, 2 experimentaban caminos hostiles y 2 más idóneos; las condiciones ambientales externas fueron similares para todos los grupos. Sus hallazgos demostraron que los corderos transportados a través del camino irregular presentaron respuestas fisiológicas alteradas asociadas al estrés con incrementos significativos en las concentraciones de cortisol (4 mg/ml), lactato (9 mg/ml), glucosa (34 mg/ml), creatinina quinasa (441 UI/l), hematocrito (.81%), en comparación con los corderos transportados por carreteras pavimentadas. Resultados similares encontraron, Pascual-Alonso *et al.* (2017), quienes reportaron incremento en las concentraciones de cortisol, glucosa y ácidos grasos no esterificados plasmáticos independientemente de la duración del transporte.

En contraste, cuando los animales son transportados por vía marítima, se observa que los movimientos de oscilación, levantamiento y cabeceo ocasionados por el barco no causan tanto impacto en el estado fisiológico del animal, tal como lo

demonstraron Santurtun et al., (2015)., donde 4 corderos se encontraron bajo un simulador de estos movimientos de forma constante durante 30 días. Sus resultados mostraron que las conductas afiliativas eran más frecuentes de presentarse y las alteraciones a nivel fisiológico durante movimientos como sacudidas o balanceos tuvieron un ligero aumento (Santurtun *et al.*, 2015).

Aparentemente, de acuerdo con la información reportada, las condiciones físicas y dinámicas del viaje, ocasionan alteraciones fisiológicas en el organismo de los animales lactantes, originando alteraciones en los indicadores fisiológicos asociados con estados catabólicos, estrés o daño muscular relevante.

Diseño del vehículo o método de transporte

Los productores pecuarios buscan reducir costos en la medida de lo posible, y una de sus estrategias involucra el uso de tráileres tipo remolque, los cuales tienen gran capacidad en volumen; sin embargo, en este tipo de vehículos es evidente que comprometen el bienestar de los animales transportados, sumado a la ambigüedad en la legislación. Hasta ahora, se han señalado que factores como la vibración, el movimiento, la aceleración, tipo de vehículo y la densidad de carga actúan como puntos críticos en la transportación de los animales transportados. Esto se pone de manifiesto cuando los aspectos físicos o dependientes del diseño del vehículo o capacidad del piloto pueden conferir comodidad, incremento en la seguridad en los animales; sin embargo, se ha reportado que a pesar de la disponibilidad de agua, los animales evitan los movimientos durante el traslado, lo que contribuye con los estados de deshidratación y desbalance metabólico (Gallo, et al., 2018).

Para ejemplificar el impacto del diseño del vehículo, Leme et al. (2012), propusieron evaluar el efecto del transporte en un vehículo cerrado y abierto previo al sacrificio en 86 corderos. Se tomaron muestras sanguíneas antes y después de ser trasladados; Sus resultados reportan que traslados mayores a 3 horas en vehículos abiertos ocasionaba un aumento significativo de cortisol sérico, en comparación con los individuos transportados en compartimentos cerrados. Se concluye que el medio

externo actúa como un factor estresante significativo y se sugiere reducir su impacto mediante un diseño funcional del vehículo.

Como se mencionó anteriormente, también hay un impacto significativo en los indicadores fisiológicos según la ubicación del cordero en el remolque; es decir, los corderos más cercanos a las zonas de mayor temperatura o vibración, como cercanos al motor, manifiestan alteraciones fisiológicas más marcadas en comparación con los corderos de las otras zonas del transporte (Miranda-de la Lama *et al.*, 2018).

Densidad de carga

El grado de concentración poblacional durante el transporte representa uno de los mayores desafíos en animales jóvenes, ya que, a mayor hacinamiento, se asocia con fatiga o daño muscular debido a que los animales permanecen más tiempo de pie. Por ello, las normativas establecen estándares de espacio durante el transporte (Cuadro 1) para permitir libertad de movimiento y expresión de conductas en los animales, como la de reposo principalmente en animales jóvenes donde se considera un factor crítico esencial (Roadknight *et al.*, 2021). No obstante, en algunos estudios se ha reportado que a nivel fisiológico no se observan diferencias significativas por impacto de la densidad poblacional (Akin, Yilmaz and Ekiz, 2018).

Conclusión

Los factores como la edad, las experiencias previas, el nivel de privación tanto de alimento como de agua y el estado físico del animal tienen efectos directos sobre el bienestar del rumiante lactante durante el transporte.

La transportación en sí misma es un punto crítico, por las condiciones físicas o mecánicas tanto del vehículo como del ambiente contribuyen que compromete el bienestar de animales lactantes, ya que se producen alteraciones a nivel fisiológico y conductual. Se observan variaciones significativas en indicadores relacionados

con estrés, daño muscular y estados catabólicos que favorecen el detrimento del bienestar en el animal.

Además, rumiantes lactantes que cuentan con un sistema inmune incompetente frente a eventos hostiles o novedosos que favorecen los estados de estrés, los cuales se suman a la supresión del estado inmunológico.

Para contrarrestar el efecto negativo del transporte, es esencial un periodo de descanso coherente según el periodo de transporte y la implementación de dietas previas a su movilización, ya que reducen significativamente el impacto en la salud y bienestar del animal.

Finalmente, se debe implementar un plan de transportación integral que incluya la forma de mitigar todos los factores críticos que comprometen el bienestar de los animales lactantes.

10.2 Análisis de los avances científicos entorno a la calidad de los métodos de aturdimiento empleados en animales de etapas lactantes por medio de los signos de retorno a la sensibilidad; con el fin de asegurar una muerte sin dolor.

Resumen

La valoración del nivel de inconsciencia durante el faenado de los animales es relevante para la ciencia del bienestar animal y para cumplir las exigencias del público en general. Con mayor frecuencia se emplean los signos de retorno a la sensibilidad para detectar el grado de inconsciencia en el animal y por lo tanto, disminuir su sufrimiento al favorecer la pérdida de conciencia. Los signos de retorno a la sensibilidad tienen diferentes fundamentos fisiológicos en el rumiante en la etapa lactante. Se emplea con mayor frecuencia el reflejo corneal y palpebral, debido a que se consideran lo más eficientes para determinar el estado de conciencia del rumiante. Así también, se debe mencionar la eficiencia de los métodos de aturdimiento puede estar influyendo el grado de conciencia del animal. Por ello, el objetivo de la revisión es determinar cuál es el mejor método de aturdimiento para los corderos lactantes.

Introducción

Los profesionales del bienestar animal, así como el público en general, están enfrascados en las discusiones en torno a la ausencia de estados negativos durante el faenado en los animales de abasto, como el dolor, estrés, miedo, entre otros. De forma generalizada, un protocolo de sacrificio exitoso se refleja por la constitución de dos factores esenciales: una técnica de aturdimiento eficiente, en conjunto con una muerte rápida por hipovolemia. Aunado con factores indirectos como las instalaciones o mano de obra, entre otros, que deben estar acordes a las características propias de cada especie y su edad o tamaño.

Bajo este contexto, la importancia de una buena técnica de aturdimiento reside en la pérdida de conciencia de un animal con el fin de evitar la sensación de dolor durante el sacrificio. Si el diseño del método es correcto, a grandes rasgos, ocasionara la pérdida de la capacidad cerebral del organismo para percibir estímulos sensoriales del ambiente y con ello limitar el sufrimiento innecesario del animal. De esta manera, la calidad de la muerte del animal, se mide dependiendo de la percepción de dolor; en este sentido, existen diversos indicadores

conductuales y fisiológicos que permiten identificar el nivel de inconciencia del individuo (Mota-Rojas *et al.*, 2016; Mota-Rojas, Ghezzi, *et al.*, 2021).

Neurobiología del dolor

Cualquier método de aturdimiento pretende evitar el sufrimiento innecesario, eliminar por tanto el dolor. En este contexto, el dolor se define como una experiencia sensorial o emocional desagradable asociada con el daño tisular potencial (International Association for the Study of Pain, 2020).

La neurofisiología del dolor implica un ciclo de etapas neuronales constituido por la transducción, transmisión, modulación, proyección y percepción del estímulo doloroso con el fin de transferir y regular el mecanismo del dolor (Hernandez-Avalos *et al.*, 2019; Mota-Rojas, Ghezzi, *et al.*, 2021).

La primera fase de transducción involucra modificaciones a nivel molecular que permiten la conversión del estímulo doloroso a un impulso eléctrico. De esta manera, se facilita su transporte hasta la espina dorsal. Sin importar el origen del estímulo doloroso o la región donde sea percibido, el organismo actuará de forma indistinta respondiendo con una modificación de la permeabilidad a nivel postsináptico neuronal, lo cual alterará el estado de las terminaciones nerviosas ocasionando potenciales de acción que transfieren la información recopilada. Asimismo, se originan modificaciones en la concentración de diversas sustancias químicas que actúan como una red de mensajeros o transmisores con el objetivo de activar estructuras nerviosas encargadas de potencializar el mecanismo de dolor (Hernandez-Avalos *et al.*, 2019).

Por otra parte, la segunda fase denominada de transmisión está marcada por la participación de la espina dorsal como estructura central que recibe y conduce las señales eléctricas provenientes de dos tipos de terminaciones nerviosas específicas, que son: Fibras C polimodales o Fibras A δ , que perciben estímulos de diversos orígenes e intensidades. Particularmente, en esta fase se observa la conducción de los impulsos nerviosos a través de las neuronas de segundo orden,

las cuales fueron previamente activadas a nivel sináptico (Mota-Rojas, Napolitano, *et al.*, 2021).

En tercer lugar, la fase de modulación está constituida por una serie de mecanismos de retroalimentación que regulan las modificaciones moleculares para inhibir o excitar los estados neuronales. En estas circunstancias, se resalta la participación de diversos neurotransmisores, que según sea el caso, son liberados a nivel sináptico como respuesta los cambios en la permeabilidad de la membrana celular neuronal, y por consiguiente son percibidos por receptores específicos ubicados en los axones, que se encargan de perpetuar la conducción de los potenciales de acción. Los receptores más destacados son los glutamatérgicos, que se dividen en 3 tres principales denominados *N*-metil-D-aspartate (NMDA), Alpha- amino-3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazolepropionate (AMPA) y finalmente los metabotrópicos (Nakanishi, 1992).

Cabe señalar que diversas regiones de la espina dorsal proyectan prolongaciones neuronales que desembocan en los centros encefálicos como el tálamo, hipotálamo, médula oblongada, amígdala, entre otros. Dichas estructuras son las encargadas de traducir la información recopilada; y en términos de estímulos dolorosos, estos neurocircuitos pueden atravesar la ruta espinotalámica lateral o medial, lo cual es modulado por el periodo de duración u origen del estímulo (Tortora and Derrickson, 2013; Claudia Terlouw, Cécile Bourguet and Véronique Deiss, 2016).

En la fase de percepción, se culmina la integración de los impulsos nerviosos con la llegada a centros cerebrales superiores que traducen esta información para responder mediante modificaciones fisiológicas o conductuales, las cuales bajo contextos de sacrificio animal, se denominan signos de retorno a la sensibilidad (Mota-Rojas, Ghezzi, *et al.*, 2021; Mota-Rojas, Napolitano, *et al.*, 2021). En particular, se ha mencionado que en las áreas lateral y/o basolateral de la amígdala converge la información procesada proveniente del tálamo y el hipocampo, que también forman parte del sistema límbico, así como de la corteza o en sus áreas específicas como la corteza sensorial primaria y corteza perirrinal (Fendt and

Fanselow, 1999); por lo que aun dentro del cerebro continúa la organización funcional para obtener una base informática pulida y discriminada.

A manera de ejemplo, en esa última fase, la información recibida puede transferirse a nivel cerebral mediante dos vías distintas: una directa que atraviesa el núcleo parabranchial y desemboca en la amígdala central, o una vía indirecta que transfiere la información a través de sinapsis en diversos núcleos talámicos que proyectan hacia el complejo lateral/basolateral de la amígdala. Adicionalmente se menciona una tercera red que involucra la contribución de la espina dorsal como vía directa ya que al hacer sinapsis con el núcleo intralaminar posterior, desemboca el estímulo de forma directa en la amígdala lateral/basolateral (Fendt and Fanselow, 1999).

En situaciones de muerte para el abasto, cuando el método de aturdimiento es ineficiente origina la percepción de estímulos intensos de dolor y en consecuencia la disminución potencial del grado de bienestar durante la matanza. En este contexto, la muerte de un animal se logra a través de una disminución significativa del volumen sanguíneo que ocasiona un choque hipovolémico a nivel sistémico, el cual comúnmente es provocado por el corte de los vasos sanguíneos principales o de mayor calibre a nivel del cuello (Imlan *et al.*, 2020). Desde una perspectiva patológica, el choque hipovolémico, se considera una hemorragia con pérdida de volumen sanguíneo exacerbado e insostenible, que causan una reducción paulatina de la presión sanguínea en la circulación general, hasta ocasionar un retorno insuficiente como para sostener las contracciones cardíacas. Además, los órganos restantes, entre ellos el cerebro, hígado, riñón, sufren muerte por falta de irrigación y oxigenación (Fernandez *et al.*, 2014). Aunque también hay técnicas de muerte que provocan directamente el paro cardíaco mediante choques eléctricos u otros métodos físicos (Mota-Rojas, Ghezzi, *et al.*, 2021)

No obstante, el organismo animal está constituido por un sinnúmero de receptores que permiten su comunicación con el medio externo, uno de ellos son los receptores denominados nociceptores que se encargan de percibir los estímulos dolorosos, como el corte en el cuello durante el sacrificio (Tortora and Derrickson, 2013). Si el aturdimiento es inadecuado, el cerebro mantendrá la capacidad de

comunicación con el ambiente, por lo que percibirá el estímulo doloroso a través de los nociceptores ubicados en diversas estructuras del cuello (Mellor, Gibson and Johnson, 2009) y por lo tanto, se demeritara el nivel de bienestar del animal.

Valoración de la inconsciencia

La conciencia tiene múltiples definiciones; sin embargo, de forma generalizada se observa como un estado de alerta del animal y una capacidad estable de percibir e interactuar con el medio externo. Desde un punto de vista neurofisiológico, está constituido por múltiples componentes principales que son la atención, memoria, cognición y la vigilia, los cuales están modulados por distintas estructuras cerebrales, como la corteza cerebral y el tálamo, sin embargo, también pueden verse alterados por sucesos en el medio. Bajo este contexto, durante el sacrificio se requiere lesionar estas regiones cerebrales para ocasionar una pérdida de conciencia eficiente (Young and Pigott, 1999).

En contraste, la inconsciencia o aturdimiento, se define como un estado de alerta ausente debido a la pérdida de funcionalidad cerebral parcial o total, por lo que el animal es incapaz de responder a cualquier estímulo o sensación, incluidos los desagradables o potenciales como el dolor. De este modo, durante el sacrificio, el nivel de conciencia de un animal es de gran relevancia en el campo del bienestar animal y los mecanismos que pueden provocar un nivel de inconsciencia adecuado están mediados por los métodos de aturdimiento y la exanguinación o shock hipovolémico (Mota-Rojas, Napolitano, *et al.*, 2021).

Por lo que, durante el sacrificio, se hace imprescindible la valoración de signos de no retorno a la sensibilidad para identificar el grado de inconsciencia del animal.

En este sentido, en las plantas de sacrificio, los signos de conciencia e inconsciencia, en general se valoran visualmente. La manifestación de los signos de conciencia depende de la estructura nerviosa que los desencadena, aunque también se pueden clasificar de acuerdo con el método de aturdimiento o grado de daño cerebral que se genere. Entonces, en el caso de los signos de inconsciencia, cuando el origen

proviene del tronco encefálico se asocian signos relacionados con reflejos oculares y cuando proviene de la médula espinal, se manifiestan reflejos podales, respiración rítmica, vocalizaciones aumentadas o pérdida de la postura. Esto es debido a que, a nivel cerebral la formación reticular actúa como centro integrador que recibe los impulsos nerviosos, que provienen de las regiones como la corteza, el tálamo y la médula espinal-.Además el centro integrador regula de forma activa los estados de alerta o vigilia del animal; por lo que si esta región falla a consecuencia de un daño permanente, que interrumpa completamente la actividad eléctrica cerebral, el sistema nervioso central no podrá reactivar su nivel de conciencia o reaccionar mediante la expresión o mecanización de cualquier reflejo o función vital (Terlouw, et al., 2016).

Asimismo, cuando el método de aturdimiento no ocasiona un daño significativo a nivel cerebral y tampoco la profundidad de inconsciencia deseada, se manifiestan signos de retorno a la sensibilidad por que el animal está consciente, que se puede corroborar al presentarse el reflejo de enderezamiento, parpadeo, respiración sincrónica, vocalizaciones o enfoque ocular (MTW Verhoeven *et al.*, 2015; Terlouw, et al., 2016).

También es importante mencionar, que en la actualidad se ha propuesto el uso de tecnologías novedosas como el monitoreo de la actividad cerebral mediante electroencefalografía (EEG); sin embargo, hasta la fecha solo se ha empleado en estudios científicos en torno a la efectividad de los métodos de aturdimiento (MTW Verhoeven *et al.*, 2015; Mota-Rojas, *et al.*, 2021).

Signos de retorno a la sensibilidad en animales jóvenes

Durante el proceso de sacrificio, es esencial monitorear los signos que nos indican el grado de conciencia del animal. De este modo se sugiere que durante la valoración del grado de bienestar en animales sacrificados se debe emplear el monitoreo de múltiples signos de retorno a la sensibilidad para garantizar una

muerte sin dolor; además de determinar la duración y grado de inconsciencia conferido según el método empleado (MTW Verhoeven *et al.*, 2015, 2016).

Reflejos

Se describen como movimientos involuntarios o inevitables modulados por el sistema nervioso central en respuesta a los estímulos externos. Cabe señalar que el cerebro regula los reflejos mediante los 12 pares craneales que actúan como comunicadores al transferir la información del exterior al interior (NR, 2007). Por lo que la presentación de ciertos reflejos indica actividad cerebral o grado de conciencia.

Durante el sacrificio, los reflejos utilizados como signos de retorno a la sensibilidad son corneales, palpebrales, pupilares y de amenaza, los cuales pueden ser modulados por distintos circuitos cerebrales y se manifiestan en respuesta a los estímulos de diversos orígenes (MTW Verhoeven *et al.*, 2015) (Figura 1).

En orden de precisión, el reflejo corneal es uno de los últimos en perderse, seguido por el reflejo palpebral. Asimismo, el reflejo pupilar no puede ser considerado un indicador preciso durante el proceso postexanguinación debido a que aun con la pérdida exacerbada de sangre, la retina continúa recibiendo volúmenes adecuados de este fluido (Dugdale, 2010).

En sentido amplio, existen reflejos directos del sistema nervioso como los reflejos espinales, los cuales se asocian con el control de las posturas y sensaciones de dolor, que, al presentarse, reflejan directamente la actividad cerebral persistente.

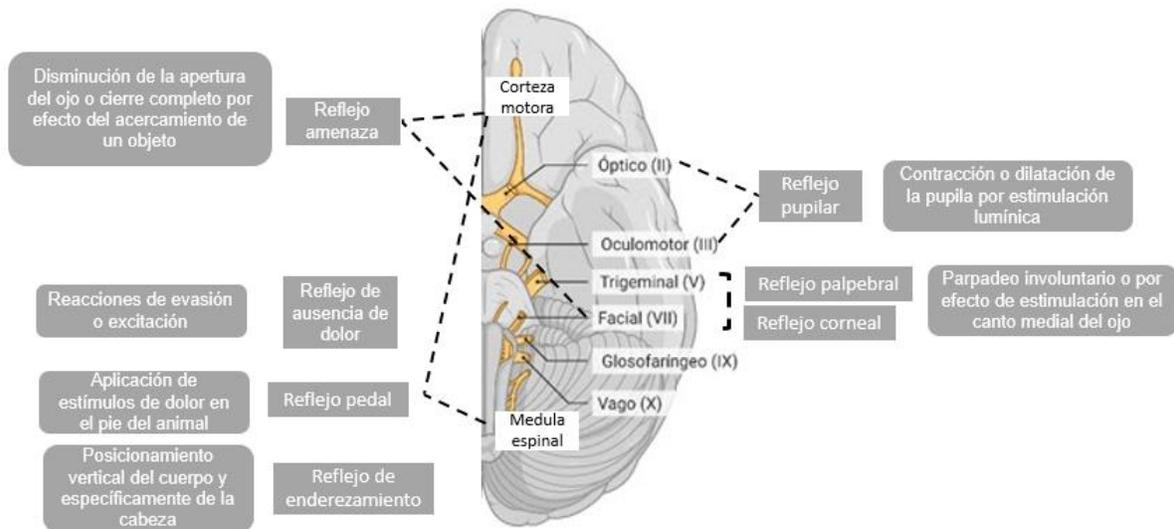


Figura 1. **Reflejos monitoreados en animales durante la matanza.** Se esquematiza el origen neurológico de los signos de retorno a la sensibilidad valorados con mayor frecuencia.

Indicadores conductuales

En este caso, se han considerado indicadores como el nistagmo, pérdida de la postura, vocalizaciones, nivel de tensión en la mandíbula, lengua, cabeza o cuello, convulsiones, emesis o jadeo (Cuadro 2) (MTW Verhoeven *et al.*, 2015).

Aunque el nistagmo no es un indicador frecuente, se ha mencionado que puede estar relacionado con el ritmo respiratorio, el cual indica actividad cerebral y por lo tanto, refleja la calidad del método de aturdimiento (NR, 2007).

Con respecto al nivel de tensión o relajación de estructuras como la mandíbula o la lengua, no son ampliamente utilizados como indicadores de retorno a la sensibilidad, aunque se ha demostrado que están asociados con la muerte seguida de la exanguinación (Gregory and Grandin, 1998)

Cuadro 2. Indicadores conductuales de retorno a la sensibilidad durante la matanza para el abasto (Gregory and Grandin, 1998; MTW Verhoeven et al., 2015, 2016)			
Conducta	Descripción	Indica:	Origen
Pérdida de la postura	Imposibilidad por mantener la postura inicial o de pie	Inconciencia	Lesión en corteza cerebral; por lo que se observa un colapso inmediato
Nistagmo	Movimiento involuntario rápido, bidireccional y en direcciones horizontal del ojo	Inconciencia	Daño en sistema nervioso vestibular y central
Vocalización	El tránsito inevitable de aire por las cuerdas vocales que origina la emisión de un sonido	Conciencia	Lóbulo frontal y corteza motora primaria
Enfoque del movimiento ocular	El ojo mantiene un acomodo o enfoque natural hacia un objeto	Conciencia	Corteza cerebral y nervio óptico (II) y oculomotor (III)
Tensión en lengua	Relajación excesiva de la lengua, al grado de sobresalir o colgar del hocico	Inconciencia	Control por nervio hipogloso (XII)
Relajación de mandíbula	Mandíbula sin tensión	Inconciencia	Nervio craneal trigémino (V) y control de los músculos de la mandíbula
Tensión en postura de cuello o cabeza	Debe observarse una relajación en la postura de estas estructuras	Inconciencia	Nervio craneal espinal (XI) y control de los músculos del cuello
Respiración rítmica	Inhalación y exhalación en frecuencias constantes	Conciencia	Región corticoespinal, ventral y lateral de la medula espinal

Convulsiones	Movimiento involuntario e incontrolado del cuerpo	Inconsciencia	Corteza motora
Reflejo de emesis	Inhalación en bajas frecuencias, pero con una posición del cuello y los miembros anteriores hacia adelante y vocalización de ronquidos	Inconsciencia	Nervio craneal glossofaríngeo (IX) y vago (X) y músculos de la faringe
Jadeo	Respiración profunda con una apertura amplia del hocico	Conciencia	Medula espinal y centros respiratorios

En animales lactantes se ha planteado que los indicadores de retorno a la sensibilidad más eficientes son el reflejo corneal, palpebral y de amenaza, ya que se ha valorado su efectividad contrastada con monitoreo de EEG. Estos reflejos se reportan como indicadores que mantienen la inconsciencia tanto en terneros previamente aturdidos como los sacrificados sin métodos de aturdimiento previo (MTW Verhoeven *et al.*, 2016).

Evaluación de los métodos de aturdimiento en animales jóvenes

Alrededor de la década de los 90's, en países europeos se implementaron normativas que establecen como obligatorio el empleo de métodos de aturdimiento previos al sacrificio, exceptuando los que se realicen bajo preceptos religiosos (Gregory and Grandin, 1998; ANON, 2009).

Los métodos de aturdimiento se desarrollaron bajo principios neurofisiológicos que buscan modificar el funcionamiento o actividad del cerebro; por lo que las técnicas que utilizan ondas de choque, reducción exacerbada del volumen sanguíneo, campos eléctricos, diferentes concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) u oxígeno (O₂) y por destrucción mecánica, contribuyen a la pérdida de conciencia.

De esta manera, la mayoría de dichos métodos involucra la destrucción mecánica, acidificación o despolarización de neuronas en conjunto con eventos subyacentes e intrínsecos del sistema (Terlouw, et al., 2016). En la actualidad, las técnicas de aturdimiento empleadas con mayor frecuencia son aturdimiento mecánico o perno cautivo, campos eléctricos o aplicando descargas eléctricas en regiones específicas del animal e inmersión en mezcla de gases como oxígeno (O₂), dióxido de carbono (CO₂), Argón (Ar)/ Nitrógeno (N₂) (MTW Verhoeven *et al.*, 2015).

Es importante determinar el grado de eficiencia de los métodos de aturdimiento empleados para garantizar el nivel de bienestar en los animales jóvenes destinados al sacrificio; considerando que la técnica debe ser indolora e inmediata, además de proporcionar un intervalo de inconciencia o insensibilidad suficiente como para evitar el sufrimiento durante la exanguinación.

Electronarcosis

Este método se posiciona como uno de los más utilizados en animales de dimensiones corporales reducidas como lo animales lactantes o toda la gama de pequeños rumiantes (Llonch P *et al.*, 2012). Su fundamento consiste en aplicar la corriente eléctrica en la cabeza y el cuerpo provocando una alteración de la actividad neuronal que resulta en un fallo de la capacidad eléctrica y un grado de inconsciencia inmediato.

Para la aplicación del método eléctrico, se emplean tenazas o electrodos, colocados sobre la piel húmeda de la región transcraneal de la cabeza o la región caudal de la cola. Asimismo, el animal debe ser sujetado para evitar corrientes eléctricas incorrectas (Gregory and Grandin, 1998). Generalmente los equipos tienen alto grado de complejidad y avance tecnológico, por lo que es posible controlar el voltaje, frecuencia y duración del paso de la corriente eléctrica, por lo que si se utiliza de forma correcta este método puede conferir un buen grado de bienestar al sacrificio (HSA, 2021)

Específicamente, con respecto al método eléctrico, la UE ha reglamentado que es obligatorio inducir la inconsciencia mediante el uso de corrientes no menores a 1.0 A (ANON, 2009); no obstante, cuando se aplica una intensidad de mayor nivel, se induce un aumento exponencial en la presión arterial que resulta en el estallamiento de los vasos sanguíneos y la presencia de hemorragias petequiales y equimosis, en conjunto con contracciones musculares exageradas (Gregory, 2004). Al respecto, se ha discutido que la intensidad de corriente en animales prepúberes o jóvenes, debe reducirse para evitar la manifestación de estos signos indeseables en la canal y el deterioro del bienestar del animal. Diversos autores han sugerido que en animales jóvenes o lactantes se pueden utilizar corrientes de 0.6 A con el mismo nivel de eficacia e inclusive en países como Nueva Zelanda y Australia se ha implementado como un estándar para el aturdimiento eléctrico en animales jóvenes (HSA, 2021).

Por otra parte, también existe la variante del aturdimiento eléctrico en la cabeza o aturdimiento eléctrico en cabeza y cuerpo. Particularmente, la discusión reside en la fluctuación de la corriente y la intensidad del daño. En estas circunstancias se menciona que aplicar el método exclusivamente en la región de la cabeza, se observa un mecanismo similar al de intensidades altas, aunque los efectos se manifiestan en el cuerpo completo por el impacto de la fuerte actividad muscular; sin embargo, la técnica de cabeza y cuerpo permite un paso de la corriente por toda la médula espinal, desde la cabeza hasta la cola, generando así la fluctuación eléctrica en órganos internos como el corazón. Entonces se ocasiona una fibrilación cardíaca aumentada y un subsecuente paro cardíaco, lo cual garantiza la muerte del animal, además de que se acompaña con una sobre-estimulación de estructuras nerviosas, que reduce las contracciones musculares exageradas (Gregory and Grandin, 1998; P. Llonch *et al.*, 2015).

Al respecto, Llonch P *et al.* (2015) propusieron valorar la eficiencia del aturdimiento eléctrico en diversas regiones corporales e intensidades de la corriente eléctrica, sobre 360 corderos y cabritos divididos en 3 grupos. Los grupos fueron sometidos a aturdimiento eléctrico de cabeza y cuerpo y solo de cabeza, bajo corrientes con

intensidades de 0.3, 0.5, 0.7 A. Se reportó que en todos los experimentos hubo un grado de inconsciencia evidente, por lo que los aturdimientos fueron calificados como efectivos; no obstante, el grupo que recibió descargas sólo en la región de la cabeza mostró una recuperación de signos de retorno a la sensibilidad como reflejo corneal, respiración rítmica y sensibilidad al dolor más lenta o ausente en comparación con los que recibieron descargas en la cabeza y el cuerpo. Concluyeron que, en animales jóvenes, las intensidades menores a 1.0 A continúan mostrando un buen nivel de efectividad e incluso aportan beneficios al bienestar de animal.

Inmersión en mezcla de gases

En cuanto a aturdimiento con gases. El dióxido de carbono (CO₂) es el más utilizado, bajo diferentes concentraciones y periodos de exposición. Generalmente, se menciona que el método se desarrolló como una alternativa que brinda una mejor calidad de la carne, seguridad para el personal por disminución del manejo y mayores niveles de bienestar debido al control de periodos de exposición y concentraciones del gas. Su fundamento reside en la exposición prolongada a un ambiente hipóxico que ocasiona la reducción del nivel de oxígeno en la sangre. En estas condiciones se desencadena una despolarización del sistema nervioso central y el fallo en la actividad neuronal (Gregory and Grandin, 1998; Llonch P *et al.*, 2012).

Ante la controversia generada por el método, existen estándares gubernamentales que exigen una concentración de CO₂ de al menos 70%, para ser utilizada en el cerdo (ANON, 2009). No obstante, las concentraciones menores al 100% tienen menor grado de efectividad y ocasionan sufrimiento porque el periodo de insensibilidad se prolonga. De tal modo, se sugiere que es importante desarrollar estudios que permitan identificar la concentración y los periodos de exposición idóneos en otras especies y en animales de menores dimensiones o edades. Al respecto, Bórnez *et al.*, (2009) analizaron el impacto de las concentraciones de CO₂ y los periodos de exposición y su efecto sobre los indicadores fisiológicos, hematológicos y bioquímicos con el fin de determinar su efectividad en corderos y

el nivel de bienestar que brinda en rumiantes jóvenes. Los animales se dividieron en 5 grupos recibiendo diferentes concentraciones de CO₂/tiempos de exposición (min): concentración de 80% por 90min, 2: 90% por 90min, 3: 90% por 60', 4: 80% por 60' y un control con aturdimiento eléctrico. Se observó que los animales del grupo de menor concentración del gas (80%) y el periodo más largo de exposición (90 min), obtuvo valores más elevados de cortisol (279 nmol/l de diferencia), adrenalina (1377 nmol/l) y lactato (2.22 mmol/l), en comparación con los demás grupos, lo cual refleja un deterioro del bienestar por la reducción de velocidad en perder la conciencia; y por el contrario, el tratamiento con la mayor concentración y de menor tiempo, fue posicionado como el que mostró una tasa de aturdimiento del 100%, mientras que los demás registraron tasas del 50% y en el tratamiento 4 tasas del 30%.

Con respecto al gas inerte Argón, su uso es reducido por los costos elevados e impactos negativos en el ambiente, en conjunto con factores como periodos prolongados de inducción y reducidos de inconciencia (Raj *et al.*, 1997); por lo que se ha propuesto que el gas Nitrógeno podría suplir el uso del Argón, ya que tiene efectos similares, además de que su uso y extracción es de un costo significativamente más bajo.

Aturdimiento mecánico

Los métodos de aturdimiento mecánico son los menos utilizados en animales jóvenes o de dimensión corporal reducida; no obstante, existen reportes de su uso. En este caso, se ha reportado su nivel de eficiencia para inducir un estado de inconciencia inmediato; aunque existen discusiones en torno a su empleo individual o combinado con otro método para aumentar su efectividad (Collins* *et al.*, 2014).

En términos anatómicos, es relevante considerar las diferencias marcadas, incluso entre especies similares, que obligan al desarrollo de métodos mecánicos especializados para mejorar el impacto y la inducción de la pérdida de conciencia (Meichtry *et al.*, 2018); entonces, se sugiere que los aturridores mecánicos estándar

podrían no inducir un estado de inconsciencia adecuado debido a las diferencias anatómicas evidentes entre animales jóvenes y adultos; en conjunto con la necesidad de personal muy capacitado para lograr un disparo efectivo en organismos con longitudes craneales reducidas por efecto del corto desarrollo; por lo que podría ser necesario construir una herramienta especializada para animales jóvenes o lactantes.

Conclusión

El diseño específico de un método de aturdimiento de acuerdo con características únicas de las especies, considerando sus dimensiones y variaciones morfofuncionales representa un factor de éxito trascendental para conseguir una muerte sin dolor; y los signos de retorno a la conciencia representan la eficiencia de un método, que además sea no invasivo para el monitoreo de la inconsciencia durante el sacrificio.

En los animales lactantes, la evaluación de los signos de retorno a la conciencia más eficientes son el reflejo corneal, palpebral y el de amenaza.

Adicionalmente, en los rumiantes lactantes los métodos más adecuados son aquellos en donde se puede controlar el ambiente como la cámara de gas; sin embargo, continúa la investigación sobre la cantidad y el periodo de exposición a los gases, aunque hasta ahora se reporta que en concentraciones más altas y en menor tiempo se observa menor impacto en los indicadores de estrés o sufrimiento. Por el contrario, el método menos apto para animales lactantes es el método mecánico debido a la ausencia de diseño en los equipos que consideren las variaciones en el tamaño de los animales en esta etapa, por lo que existe una mayor posibilidad de realizar un aturdimiento inadecuado y ocasionar la percepción del dolor en los rumiantes lactantes.

10.3 Evaluar la modificación en las expresiones faciales relacionadas con la respuesta al dolor durante el sacrificio de animales lactantes.

Resumen

Las expresiones faciales se consideran una herramienta que permite estudiar los estados internos de los animales, particularmente durante eventos dolorosos como la matanza; por lo tanto, se sugiere su empleo durante estas circunstancias. Los rumiantes lactantes requieren la evaluación de escalas de expresiones faciales particulares, debido a las peculiaridades en la conformación anatómica por efecto de su desarrollo inconcluso. Bajo este contexto, las investigaciones enfocadas en el estudio de la modificación en las expresiones faciales durante el sacrificio en animales en etapas lactantes son pocos, por lo que el análisis presentado se limita a los escasos estudios publicados y se evidencia la necesidad de generar estudios dirigidos a los animales en esta etapa y en la etapa de la matanza para el abasto.

Introducción

A lo largo del avance científico en el área del bienestar animal se han identificado diversas herramientas con diferentes características que contribuyen con el estudio del comportamiento animal.

Las expresiones faciales representan una de estas herramientas, ya que permiten al animal exteriorizar su estado interno mediante modificaciones dinámicas en estructuras musculares del rostro (Lezama-García *et al.*, 2019); por lo que se pueden definir como una vía de comunicación desarrollada en los animales no humanos a lo largo de la evolución (Burrows *et al.*, 2011; Kaminski *et al.*, 2019). Se ha comprobado que en ciertas especies animales hay diferencias en su conformación anatómica, incluso entre especies del mismo género, pero con

distintos grados de domesticación o evolución (Kaminski *et al.*, 2019). Sin embargo, existe controversia respecto a considerar esta herramienta como un método de comunicación entre conespecíficos, debido a que se sabe que las expresiones faciales son una respuesta involuntaria que podría no formar parte de la comunicación. Hasta la fecha, se ha demostrado que la valoración de las expresiones faciales en diversas especies resulta una forma bastante eficiente de identificar el nivel de bienestar animal bajo contextos relacionados con el dolor (van Loon and Van Dierendonck, 2019; Marcantonio Coneglian *et al.*, 2020; Mota-rojas *et al.*, 2020), los estados emocionales (Bennett, Gourkow and Mills, 2017) e inclusive cierto grado de cognición; por lo que se ha desarrollado una amplia gama de estudios que buscan discernir la información faltante entorno a las escalas de muecas faciales.

En especies rumiantes jóvenes o de etapa lactante, existe escasez de estudios asociados con la evaluación de dolor o valencias emocionales, empleando esta herramienta; por lo que se evidencia la falta de información en este campo y la necesidad de enfoque para su avance bajo este contexto. Por ello el objetivo de esta revisión es analizar el grado de aplicación que hay en la evaluación de las expresiones faciales de animales lactantes durante la matanza para el abasto.

¿Cómo evaluar las expresiones faciales en animales?

En un principio, se desarrollaron escalas de expresiones faciales de acuerdo con los hallazgos científicos; sin embargo, se observó una gran limitante, debido a que estas escalas se construían bajo situaciones y condiciones específicas como la valoración del dolor; por lo que era complicado emplear estas escalas bajo contextos distintos tales como el estudio de las emociones o cognición animal. Al respecto, alrededor de la década de los 70's a partir de la construcción de una escala de expresiones faciales estandarizada en humanos y su empleo para valorar el nivel de dolor años después, los profesionales del campo veterinario propusieron codificar las expresiones faciales de diversas especies animales para crear escalas de expresiones faciales estandarizadas, con el fin de homogeneizar los estudios y

crear una ventana de oportunidades para generar las investigaciones científicas (*Animal FACS*, no date).

En la actualidad existen alrededor de 7 adaptaciones en el sistema de codificación de acción facial animal (AnimalFACS). De forma generalizada, estos sistemas tienen la capacidad de identificar los movimientos realizados por los músculos faciales o también denominados miméticos, con el fin de clasificar acciones faciales. Con esta premisa, es preciso mencionar que las acciones faciales en cada especie e incluso entre individuos tienen peculiaridades marcadas por las diferencias anatómicas a nivel facial. Bajo estos términos, dentro de las especies que cuentan con escalas de muecas estandarizadas, se encuentra el gato con alrededor de 21 acciones faciales, el perro con 16 y el caballo con 17 (Wathan *et al.*, 2015). Esta actividad facial está determinada por las características como la longitud y complejidad de los músculos miméticos presentes en su rostro. No obstante, la amplitud de las unidades de acción facial en estas especies refleja una complicación al utilizar esta herramienta, específicamente en personal no experimentado, ya que se existe un nivel alto de subjetividad.

Por lo que, en la última década se han desarrollado métodos de valoración de las expresiones faciales en animales, denominados “escala de muecas”, las cuales generalmente se enfocan al estudio de situaciones asociadas con la exposición a estímulos aversivos o dolorosos. Estas muecas representan una variación de las escalas codificadas, que se caracterizan por enfocarse en alrededor de 3 a 5 regiones faciales particulares y registrar solamente una variedad del 0 al 2, donde comúnmente 0 significa la ausencia de dolor y 2 significa la presencia o el nivel más alto de manifestación de dolor. Hasta la fecha se han desarrollado escalas en caballos (Dalla Costa *et al.*, 2014), animales de laboratorio (Mota-rojas *et al.*, 2020), en conejos, ovejas (Häger *et al.*, 2017), cerdos (di Giminiani *et al.*, 2016) y gatos (Holden *et al.*, 2014).

Aunque es importante mencionar, que aun en la actualidad no se han estandarizado escalas de muecas específicas para rumiantes de etapas lactantes o jóvenes. Y esto podría llegar a tener cierto nivel de significancia por las diferencias de

conformación anatómicas por su propio grado de desarrollo. Bajo este contexto, se observó, desde el proceso de validación de las escalas de expresiones faciales en humanos, que existía un sesgo muy amplio marcado por diferencias en grupos de edad y algunos otros factores como la subjetividad en la valoración, lo cual originaba un grado de inconsistencia significativo (Schiavenato *et al.*, 2008).

Neurobiología de las expresiones faciales en animales

En la mecanización de las expresiones faciales se ha descrito la actuación de diversas estructuras, que incrementan o disminuyen su actividad de acuerdo con el origen del estímulo que desencadene la expresión facial (Mota-Rojas *et al.*, 2020). Particularmente, los circuitos neuronales de entrada actúan en función del tipo de estímulo percibido; y de esta manera, modulan el inicio y final del estado provocado.

Bajo este contexto, se podría describir que las estructuras involucradas en los mecanismos cerebrales del dolor (Muir, 2009; Youn, Kim and Cho, 2017; Bell, 2018; Flores-Peinado *et al.*, 2020; Mota-Rojas, Ghezzi, *et al.*, 2021), forman parte de la neurobiología de las expresiones faciales. De forma resumida, estos circuitos neuronales periféricos permiten la transmisión de información entre estructuras lejanas en el interior del organismo, por lo que se convierten en una de las rutas principales. Además, durante los procesos de matanza, el dolor es uno de los estímulos probablemente más frecuentes, por lo que podrían evidenciarse en animales jóvenes las muecas faciales (Fendt and Fanselow, 1999; Bell, 2018).

Aunque también, los animales destinados a sacrificio son sometidos a una amplia gama de estímulos que desencadenan modificaciones constantes en sus estados internos; un ejemplo sería la presencia de estados emocionales negativos o positivos durante el manejo *pre-mortem*. En términos de la neurociencia afectiva, se describe la existencia de estudios que demuestran la contribución de otras estructuras como la corteza orbitofrontal (OFC) (Agustín-Pavón *et al.*, 2012; Rudebeck and Rich, 2018), la corteza cingulada anterior (ACC) (Berridge, 2003; Bian *et al.*, 2021), el núcleo accumbens, entre otros, que a grandes rasgos, tienen

funciones específicas que promueven la transferencia de impulsos nerviosos a otros centros cerebrales, con el objetivo de ocasionar una respuesta dinámica, fisiológica, conductual o cognitiva, que permita al organismo intentar sobrevivir al estímulo.

Desde una perspectiva neurobiológica, cuando un animal destinado al sacrificio se somete constantemente a la visualización de objetos, personas o conoespecíficos desconocidos, los estímulos son trasportados hasta el complejo amígdala lateral/basolateral por medio de una red que inicia recibiendo el estímulo nervioso en la retina para transmitirlo al núcleo geniculado lateral dorsal y a través de la corteza perirrinal desemboca la información directamente en la amígdala (Elizabeth A. Phelps and Joseph E. LeDoux, 2005).

No obstante, evidencia científica menciona la participación de estructuras centrales que, al parecer, tienen una funcionalidad universal e indiscriminada como la amígdala, el hipotálamo, el tálamo, el hipocampo y la corteza cerebral; las cuales contribuyen con la integración, traducción y transferencia de los estímulos positivos o negativos del ambiente (Fendt and Fanselow, 1999; Elizabeth A. Phelps and Joseph E. LeDoux, 2005; Gafford, Parsons and Helmstetter, 2013; Hsieh and Chang, 2020).

En este sentido, sin importar la naturaleza del estímulo o la emoción que se produzca, se ha demostrado que el sistema límbico tiene un papel regulador trascendental, ya que algunas de sus estructuras funcionan como centro integrador que recibe la información para traducirla en modificaciones fisiológicas, conductuales e incluso cognitivas; específicamente las regiones basolateral (BLA) y central (CeA) de la amígdala, siendo una región del sistema límbico que desarrolla un papel esencial, ya que recibe los estímulos sensoriales provenientes del medio externo para integrarlos y expresar una respuesta específica mediante él envió de la información a estructuras motoras y autónomas del organismo (Elizabeth A. Phelps and Joseph E. LeDoux, 2005).

Asimismo, el hipocampo, otra de las regiones que constituyen el sistema límbico, participa de forma activa en los mecanismos asociados con la memoria episódica o a largo plazo; específicamente, la región dorsal (DH) proyecta rutas neuronales

hacia la amígdala, la corteza prefrontal e incluso la corteza cingulada (Gafford, Parsons and Helmstetter, 2013; Xing *et al.*, 2021).

Por otra parte, aunque de forma similar, la corteza prefrontal se ha descubierto que en el área infralímbica funciona como regulador de la extinción del miedo por lo que podría contar con rutas neurogénicas hacia regiones asociadas con la memoria, y por otro lado, el área prelímbica está implicada en la producción de las respuestas expresadas ante cualquier emoción codificada (Hsieh and Chang, 2020).

La corteza cingulada anterior (ACC) se considera parte de la corteza prelímbica; y se ha descrito como uno de los sitios encargados de regular la expresión de respuestas a estímulos aversivos y placenteros; es decir, cuando ésta sufre un daño irreversible o intencional, se observan respuestas emocionales indiscriminadas, esto es, sin importar el origen del estímulo o la codificación de la emoción (Berridge, 2003).

En el caso de la corteza orbitofrontal (OFC), que se describe como un sitio ubicado centralmente entre los lóbulos frontales del cerebro sugieren que funcionan como modulador de las respuestas al miedo o al placer, ya que tiene proyecciones directas hacia las tres subregiones de la amígdala y de la corteza prefrontal.

De modo que, una vez que los centros cerebrales hayan procesado la información, ocasionarán, a manera de respuesta, una expresión facial mediante el envío de impulsos nerviosos a través de las ramificaciones del nervio facial (VII); los cuales desencadenarán la contracción de los músculos miméticos para finalmente manifestar una expresión facial. La actividad aumentada de los músculos miméticos origina la expresión de muecas debido a la amplia conexión existente entre los músculos faciales y las estructuras superficiales como la piel, fascias, entre otras (Wathan *et al.*, 2015).

Expresiones faciales asociadas con el dolor en animales lactantes

Como se mencionó anteriormente, los estudios que valoran las expresiones faciales relacionadas con el dolor durante el faenado en rumiantes lactantes son escasos;

no obstante, existe una variedad de investigaciones que emplean diversas escalas de muecas para valorar el dolor causado por ciertos factores en animales jóvenes, los cuales podrían ser el fundamento para esta área aun desconocida.

En este sentido, en un estudio reciente, cuantificaron y codificaron las expresiones faciales identificadas en corderos sometidos a un estímulo doloroso como el corte de cola. Se utilizaron 40 corderos, de entre 3-5 semanas de edad, divididos en dos grupos: el grupo que fue sometido al procedimiento y el grupo control. Se videograbaron las caras de los animales para identificar las modificaciones faciales antes y después del procedimiento de corte de cola. Los evaluadores fueron personas que desconocían el método de expresiones faciales y un grupo de profesionales del área. Se usó una escala de muecas constituida por 5 acciones faciales: estiramiento orbital, rasgos de la boca y la nariz, aplanamiento de las mejillas y postura de las orejas. En general, se reportó que durante la grabación posterior al corte de cola hubo un aumento significativo de la puntuación en los dos grupos de evaluadores que describían la identificación de muecas faciales asociadas al dolor, incluso antes de comenzar el procedimiento, lo cual podría deberse a la sujeción del miembro. Las modificaciones más evidentes en este grupo fueron estiramiento orbital, apertura ocular más pronunciada y modificaciones a nivel del ángulo del hocico; en las cuales su relación con el procedimiento doloroso se corroboró al identificar otras alteraciones en indicadores hematológicos (Guesgen *et al.*, 2016). identificarse concluye que la sujeción y el corte de la cola son procedimientos probablemente homólogos en animales destinados al sacrificio; por lo que la escala descrita podría adaptarse y actuar de forma integral. Hasta este punto, evidencia científica ha demostrado que las modificaciones faciales como la apertura de los ojos, el aplanamiento de las mejillas y la posición de las orejas están estrechamente relacionadas con estados dolorosos en diversas especies (Marcantonio Coneglian *et al.*, 2020; Navarro, Mainau and Manteca, 2020). Incluso, en especies de mamíferos marinos como las crías de focas comunes, se ha demostrado que los estímulos dolorosos como la colocación del microchip ocasiona modificaciones faciales específicamente en estructuras que rodean el ojo; como el

endurecimiento orbital y aumento del parpadeo (MacRae, Joanna Makowska and Fraser, 2018).

Además de que, las expresiones faciales son una herramienta que permite identificar las modificaciones inmediatas en los estados internos de los animales provocadas por los estímulos dolorosos (Dalla Costa *et al.*, 2014), aunque es evidente la necesidad de construir escalas alrededor de contextos específicos en animales como las etapas de desarrollo, diferencias fenotípicas, entre otras (Schiavenato *et al.*, 2008).

También, durante el desarrollo y validación de escalas de muecas bajo contextos de dolor, se ha inferido que esta herramienta podría valorar el dolor en tiempo real, ya que sin importar la longitud de la métrica grabada o si el método implica solo la toma de fotografías instantáneas, se pueden obtener resultados similares (Dalla Costa *et al.*, 2014). Aunque se sugiere el empleo de herramientas tecnológicas de alta gama y una longitud de la métrica o toma de fotografías suficientes para obtener resultados más confiables.

Asimismo, se ha remarcado el posible sesgo en los resultados originado por la diferencia del tipo de dolor; es decir, se menciona que cuando un animal sufre de dolor crónico se muestra una expresión facial relacionada con el dolor, pero de forma constante o permanente; por lo que cuando se presenta un estímulo doloroso de carácter agudo, como el corte del cuello, puede existir una manifestación más sutil sesgada previa existente o incluso la variación de nivel de dolor ocasionada por el este estímulo aversivo constante puede inferir en los resultados obtenidos, ya que se modifica el umbral del dolor en el individuo (di Giminiani *et al.*, 2016).

En términos de evaluación de la herramienta, se menciona que ha mostrado un nivel de confiabilidad y repetibilidad altos; por lo que puede ser utilizada en situaciones como el sacrificio en personal con poca experiencia; sin embargo, se sugiere siempre que la capacitación origina valoraciones más objetivas; así también, con respecto a la validación, este aspecto en específico, ha representado un obstáculo para el uso de esta técnica, ya que en la actualidad existen muy pocas escalas

validadas, por lo que la disponibilidad de escalas confiables se reduce exponencialmente (Krista M. McLennana *et al.*, 2019).

Expresiones faciales asociadas con los estados emocionales negativos

Durante el manejo previo al sacrificio, los animales son sometidos a una diversidad muy amplia de estímulos aversivos, novedosos y dolorosos; por lo que es relevante discernir el impacto de los estados emocionales generados por el manejo previo al sacrificio y el evento propiamente dicho mediante el uso de herramientas de estudio como las escalas faciales.

Cabe señalar que una emoción se define como una serie de reacciones integradas y mecanizadas en el sistema nervioso central (SNC) que originan cambios a nivel fisiológico y conductual con el fin de superar la adversidad percibida en el medio externo (Lezama-García *et al.*, 2019). En este sentido, las expresiones faciales son mediadas por neurocircuitos conectados que permiten la expresión de modificaciones a nivel rostral como respuesta a estados emocionales negativos o positivos (Berridge, 2003; Dolensek *et al.*, 2020).

No existen estudios que empleen el método de expresiones faciales para valorar los estados emocionales previo o durante el sacrificio en animales adultos o jóvenes; no obstante, se ha demostrado la capacidad de esta herramienta para identificar cambios ocasionados por los estados emocionales (Bennett, Gourkow and Mills, 2017; Lansade *et al.*, 2018; Lezama-García *et al.*, 2019; Dolensek *et al.*, 2020), en donde generalmente emplean estímulos aversivos como los sonidos agudos, estímulos gustativos, entre otros; y los reportes también indican modificaciones marcadas como la apertura de los ojos, la posición de las orejas, la tensión en el músculo macetero y en los labios o belfos (Trösch *et al.*, 2020; Lundblad *et al.*, 2021; Sofia Pereira, Laura Teresa Hernandez Salazar and Matthias Laska, 2021).

Conclusiones

Se concluye que, en la asociación de escala de muecas con la manifestación de dolor durante el sacrificio en rumiantes lactantes, se observa con mayor frecuencia el estiramiento orbital, apertura ocular y modificaciones en el ángulo de las comisuras de los labios.

A pesar de la falta de estudios, se infiere la posible factibilidad del empleo de esta herramienta en la valoración del estado de inconsciencia de los animales durante el sacrificio, que al final podría identificar la posibilidad de que un animal sufra dolor durante la matanza.

También, las diferencias marcadas por la etapa de desarrollo pueden representar un sesgo relevante, considerando la evidente diferencia anatómica; por lo que además se requiere la construcción de escalas con especificidad aun mayor, para continuar reduciendo los errores de diagnóstico o identificación de dolor o estados internos emocionales negativos en rumiantes lactantes.

10.4 Análisis la asociación entre los factores *antemortem* y las reacciones enzimáticas *postmortem*, a través de las propiedades fisicoquímicas de la carne, en rumiantes lactantes.

Resumen

La tendencia al consumo de carne proveniente de animales jóvenes o de etapas lactantes en el mundo ha descubierto áreas de interés para el bienestar animal y sobre todo, la integración de los requisitos en la legislación en el manejo previo a la matanza para el abasto. En este sentido, el conjunto de eventos críticos *antemortem*, como el embarque, transporte, desembarque y aturdimiento, provocan modificaciones orgánicas y funcionales en los animales. Desde un punto de vista fisiológico, existe una asociación estrecha entre las alteraciones generadas por estos factores *antemortem* y las reacciones enzimáticas *postmortem* que repercute en la calidad de la carne. Particularmente en rumiantes lactantes estos eventos se potencializan y sumados con aquellos aspectos como la inexperiencia, el cambio de alimentación, la inmunidad calostrual insuficiente y la mayor frecuencia de estados emocionales negativos por el desapego, originan efectos posiblemente más evidentes tanto en el bienestar animal como en la calidad de la carne. Por lo que, en este texto se analizarán los eventos que comprometen el bienestar y su impacto en la calidad de la carne proveniente de animales lactantes.

Introducción

El índice productivo de la carne de animales lactantes representa un porcentaje significativo en países desarrollados como los que forman parte de la Unión Europea, entre otros, ya que, en las últimas décadas se han observado registros que denotan que dentro de los animales sacrificados alrededor de un 20% o más está representado por los animales lactantes; y aparentemente estos niveles productivos son justificados por el rol que guarda la regulación en los mercados

lácteos, ya que disminuye las pérdidas por el nacimiento de machos de las producciones lácteas (Sans, 2009).

Por otra parte, en la actualidad el término calidad de la carne refleja una serie de factores extrínsecos e intrínsecos relacionados con la vida del animal; y representa un factor trascendental tanto para el consumidor como para el productor, que puede relacionarse incluso, con aspectos comerciales y de inocuidad. La calidad de la carne depende en su mayoría de la propia perspectiva de la sociedad, es decir, el nivel de aceptación particular de un producto como la carne, depende de contextos relacionados con la composición y su procesamiento; aunque es evidente que la búsqueda de la calidad que favorece la decisión de la compra varía en función del contexto en que se evalúe y por lo tanto, el enfoque es distinto para el consumidor y el productor. También es necesario mencionar que la evaluación de la calidad de la carne ha evolucionado en conjunto con las normativas que la regulan, por lo que actualmente la calidad se relaciona con aspectos de bienestar animal, salud pública y protección al ambiente.

De manera generalizada, la calidad se define como un conjunto de cualidades anatómicas, sensoriales, higiénicas y bioquímicas que aumentan el valor de aceptación por el consumidor; aunque dentro de estas cualidades, para el consumidor promedio las características organolépticas como: color, olor, textura, sabor, entre otros, son las más buscadas e inclusive justifican el precio de mercado.

En lo que concierne a los efectos del manejo previo al sacrificio, evidencia científica ha demostrado que, una amplia variedad de factores *antemortem* y *postmortem* están asociados directamente con la calidad de la carne (Sepúlveda Wilmer S, Maza María T and Pardos Luis, 2011); por lo que tienen un gran impacto en la calidad del producto.

Calidad de la carne

A lo largo de la evolución alimentaria del consumidor promedio en el mundo, la carne siempre ha sido uno de los alimentos más consumidos y esencial en la dieta del ser

humano, debido a su aporte nutricional, especialmente por la concentración y calidad de las proteínas que integran aminoácidos esenciales. Sin embargo, su propia composición química tal como su contenido de humedad y biomoléculas convierten a la carne en un producto susceptible a los cambios ambientales, debido a que se se considera un alimento perecedero, por lo que la velocidad del deterioro puede aumentar incluso por aspectos previos a la conversión de músculo a carne (Khaled, Parrish and Adedeji, 2021).

Desde la década de los 90's y bajo la perspectiva del consumidor, la calidad incluye aspectos de composición química, higiénicos, sensoriales y tecnológicos, los cuales pueden varían según diversos factores intrínsecos (edad, raza y sexo), extrínsecos o independientes (sistema de producción, dieta y manejo), aunque los factores *antemortem* (transporte, alojamiento y aturdimiento) y de inocuidad (enfriamiento, empaque, higiene, eentre otros) tienen repercusión en las cualidades de este alimento (Sañudo, Muela and Del Mar Campo, 2013).

Para el consumidor, se valora de forma inconsciente o consciente cualidades asociadas con los sentidos, como las organolépticas y las fisicoquímicas. En este sentido, las más relevantes en la industria son: el color, la capacidad de retención de agua (CRA) y el pH. En función de estas características se ha clasificado a la carne en tres rubros principales, que van de carnes de buena calidad o de producto con defectos son: RFN (Roja, firme y no-oxidativa). PSE (Pálida, suave y exudativa) y DFD (Oscura, firme y seca).

De forma similar, una misma característica puede englobarse en diferentes criterios, por ejemplo, los atributos de la carne se pueden medir según sus cualidades sensoriales como color, sabor y olor; cualidades físicas como la capacidad de retención de agua (WHC), pruebas de fuerza de corte (WBSF) que evalúan la textura o frescura de la carne; así también, cualidades químicas como contenido proteico, lipídico, entre otros y finalmente cualidades microbiológicas como el contenido viable total (TVC) y contaminación bacteriana (Khaled, Parrish and Adedeji, 2021).

Por otra parte, los aspectos sensoriales como la coloración de la carne representan los indicadores más relevantes para los consumidores y depende de este atributo la decisión de compra. Se sabe que la coloración en la carne es el resultado de los pigmentos presentes en el músculo de forma natural como la mioglobina o los carotenoides, entre otros; los cuales pueden modificarse a consecuencia del manejo previo a la matanza en el que se producen una serie de reacciones enzimáticas *ante* y *postmortem* como la fosforilación protéica y lipídica que puede modificar sus concentraciones horas posteriores al sacrificio.

Asimismo, el color actúa como la cualidad de mayor importancia desde la perspectiva productiva, ya que puede desencadenar la posibilidad de rechazo cuando el color incumple los estándares, aunque ninguna otra cualidad haya sido valorada.

Adicionalmente, las propiedades tecnológicas de la carne como la CRA y el pH, también son relevantes para el consumidor. Estos atributos, están estrechamente relacionadas en un contexto fisiológico; es decir, cuando el pH último a las 24 h es más elevado del estándar, ocasiona una retención aumentada de agua por efecto de la inestabilidad proteica, que a su vez origina una retención mínima por igualdad de cargas o punto isoeléctrico. En este sentido, la CRA permite mantener la característica visual de jugosidad en la carne, por lo que impacta en el aspecto general del consumidor.

En la actualidad, existen diversos métodos para la evaluación de los indicadores fisicoquímicos; como evaluación sensorial humana (HSE), análisis químicos y pruebas de instrumentación; de los cuales, los últimos dos, son considerados los más confiables y precisos en contraste con las evaluaciones sensoriales (Khaled, Parrish and Adedeji, 2021).

Reacciones enzimáticas post-mortem

Para comprender el efecto de un manejo *antemortem* inadecuado en la calidad de la carne es necesario explicarlo desde un punto de vista fisiológico.

Durante la manifestación orgánica del estrés, ciertas regiones pertenecientes al sistema endocrino se activan ocasionando una secreción aumentada de moléculas relacionadas con el metabolismo a nivel muscular; igualmente, por efecto de la sinergia funcional del organismo durante un evento estresante, el sistema nervioso simpático tiene una actuación relevante en esta elevada secreción endocrina.

Aparentemente, el estrés crónico previo al sacrificio ocasiona cambios fisiológicos y conductuales en el animal; en este sentido, cuando el organismo afronta un estímulo externo percibido como estresante, desencadena dos mecanismos principales: a nivel neurológico y endocrinológico.

En primera instancia, el sistema nervioso simpático (SNS) se encarga de liberar catecolaminas (Epinefrina y norepinefrina), las cuales modulan el consumo de energía metabólica de reserva durante eventos excitantes; y por otra parte, si el estímulo estresante persiste, el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (HPA) controla mecanismos de retroalimentación mediante la liberación de hormonas que también se encargan de regular el equilibrio energético, como 17-hidrocorticosterona y 11-desoxicorticosterona; bajo este contexto, el organismo traduce la situación estresante en un elevado gasto energético. En un inicio y por la necesidad de mantener un estado de alerta constante, lo cual origina la liberación de moléculas como la epinefrina, la cual a grandes rasgos ocasiona la catalización de la enzima adenilato-ciclasa y la reacción en cascada de AMP cíclico a nivel muscular, ocasiona una degradación de glucógeno por efecto del consumo de adenosintrifosfato (ATP) y una inhibición de síntesis de glucógeno. Naturalmente, el organismo conserva la reserva energética suficiente para suplir la demanda durante un tiempo limitado, y a partir de ahí emplea rutas metabólicas alternas, como la respiración celular anaeróbica, la cual se caracteriza por una elevada transformación del glucógeno y liberación de ácido láctico. En seguida, cuando el organismo permanece en estado de estrés crónico, las reservas de glucógeno en el músculo son escasas y posterior al sacrificio se originan modificaciones que

impactan con la calidad; es decir, originalmente el pH del músculo esquelético mantiene un equilibrio en valores alrededor de pH 7.0. Bajo esta condición el valor de pH *epostmortem* se reduce debido a las concentraciones de ácido láctico por efecto de la transición metabólica por la falta de oxígeno, sustituyendo la ruta aeróbica por anaeróbica. Entonces, en un organismo con reservas agotadas, la ruta anaeróbica es obstruida ocasionando una menor reducción de pH o acidificación, lo cual repercute debido a que el ácido láctico cumple funciones bacteriostáticas por lo que impacta directamente la conservación del producto y otras características organolépticas (Tortora and Derrickson, 2013). Dicho de otra forma, la hiperventilación origina un estado metabólico de acidosis en el organismo por compensación del sistema urinario al añadir HCO^{-3} en sangre y una exacerbada producción de especies reactiva de oxígeno (ROS); lo cual contribuye a la dependencia de rutas metabólicas anaeróbicas que aumentan los contenidos de lactato en carne posterior al sacrificio originando una carne pálida, suave y exudativa (PSE).

Por otro lado, en rumiantes, las evidencias científicas han demostrado que como puntos críticos *antemortem* el efecto de la elevación de expresión de proteínas de choque térmico son consecuencia al estrés calórico durante el transporte. Estas proteínas son esenciales en el músculo esquelético ya que desempeñan funciones como la modulación y mantenimiento del citoesqueleto a nivel celular; no obstante, cuando se altera la modulación de la expresión durante eventos estresantes, se modifica la regulación de mecanismos como la polimerización, añadidura de microtúbulos y el plegamiento de proteínas en la membrana celular; ocasionando un retraso de la muerte celular durante el proceso de conversión de músculo a carne y por lo tanto un detrimento de la calidad de la misma (Gonzalez-Rivas *et al.*, 2020).

Asimismo, cuando el animal sufre estrés crónico o agudo se activa el eje HPA, que ocasiona una elevación sustancial en las concentraciones de glucocorticoides en plasma, los cuales actúan generando, entre otras funciones, una dilatación de los vasos sanguíneos como estrategia de termorregulación; este evento ocasiona el incremento del catabolismo de proteínas y lípidos; en este sentido, una de las

consecuencias de la degradación proteica es el aumento de la tasa de degradación de las proteínas microfibrilares en el músculo esquelético, además de un consumo elevado de otros reguladores anabólicos como el factor de crecimiento insulinoide; el cual deteriora aún más la musculatura (Gonzalez-Rivas *et al.*, 2020). Adicionalmente, se suman a esta condición aspectos externos tales como la reducción de la ingesta de alimento y agua contribuyendo al detrimento del peso y alterando aún más la función del organismo (Natalie Roadknight *et al.*, 2021).

Y particularmente, bajo estrés crónico, se reporta que está acidificación inadecuada posterior al sacrificio, incrementa la frecuencia de presentación de carne oscura, firme y seca (DFD); las cuales son características indeseables para el consumidor (Gonzalez-Rivas *et al.*, 2020).

De manera similar, es importante mencionar el rol de otro componente estrechamente relacionado con el daño muscular; en este caso las enzimas creatinina quinasa (CK) y lactato deshidrogenasa (LDH), que son liberadas a nivel sanguíneo cuando existe un daño muscular latente; en otros términos, estas enzimas aumentan sus concentraciones cuando el consumo de ATP es elevado, ya que modulan el gasto energético en regiones donde se detectan concentraciones altas de ATP (Chulayo and Muchenje, 2013). Por esta razón, se han utilizado con valor diagnóstico las biomoléculas como el lactato y la creatinina quinasa, ya que sus concentraciones se elevan significativamente en animales que cursan por condiciones adversas y podrían contribuir con la producción de productos cárnicos de mayor calidad; aunque se debe considerar que las características de valor en la carne también son influenciadas por factores intrínsecos, como la edad, la raza, el sexo, la alimentación, entre otros.

Finalmente, se sabe que los analitos metabólicos de estrés están estrechamente relacionados con el nivel de pH en la carne; ya que se ha demostrado que en muestras tomadas durante la exanguinación, las altas variaciones en los niveles plasmáticos de cortisol, glucosa, lactato y creatinina quinasa reflejan distintos niveles de pH (Lu *et al.*, 2018).

Transporte

Dentro del manejo previo al sacrificio, el transporte representa un conjunto de etapas críticas para los animales como el embarque, el traslado, arreo, desembarque y estabulación, los cuales representan los factores con mayor impacto tanto en la calidad de la carne como del bienestar, ya que aspectos como el embarque, la vibración, el tipo de remolque, las modificaciones ambientales bruscas, entre otras mantienen un estado de estrés constante.

Bajo este contexto, es relevante mencionar que incluso aspectos relevantes como la calidad de la carne se ven más influenciados por el transporte de animales jóvenes o lactantes. Como ejemplo Zhong *et al.* (2011) desarrollaron un estudio donde evaluaron el efecto del transporte en carretera por 8 horas en ovinos de 6, 12 y 24 meses de edad. Sus hallazgos refieren que en los corderos de etapas lactantes (6 meses) también se pueden observar impactos significativos en pérdida de peso, disminución del pH de la carne 24 horas *postmortem*, mayor concentración de hemo pigmentos en el producto, entre otros. Por lo que a pesar de no haber observado una diferencia marcada como se esperaba, se continuó sugiriendo que los animales de edades tempranas sufren mayor impacto que aquellos en etapas adultas; en este sentido, los autores explican que pudo ser debido a su capacidad reducida de recuperación. Aunque en rumiantes lactantes se suma un evento estresante de impacto en el bienestar del animal, que es la inmunidad calostrual insuficiente y el cambio brusco de alimentación; lo cual podría contribuir a la vulnerabilidad de los animales y a la rápida disminución de reservas de glucógeno en músculo, lo que llevaría a la acidificación o la desviación a las rutas metabólicas alternas con implicaciones para la calidad de la carne, como la oxidación proteica y lipídica (Roadknight *et al.*, 2021).

Por lo que el objetivo de esta revisión es abordar los efectos del transporte en la carne de rumiantes lactantes, de acuerdo con los eventos de mayor impacto durante el manejo previo al sacrificio.

Estímulos estresantes durante el embarque y distancia de traslado

La duración del viaje durante el transporte a la planta de matanza representa uno de los factores de mayor impacto tanto en el bienestar del animal como en la calidad de la carne. Estudios como el desarrollado por Sutherland et al., (2016) dan cuenta de ello. Con el objetivo de demostrar el efecto del manejo previo al sacrificio en la calidad de la carne y el bienestar del animal; transportaron corderos a distancia corta y con ningún estresor externo, y otro grupo de corderos fue transportado por distancias largas, ante la presencia de un canido y bajo vibraciones constantes y bruscas. Se evaluaron biomarcadores relacionados con la calidad de la carne por efecto de factores *antemortem* y *postmortem* como el lactato, cortisol, pH y retención de agua en carne. Se determinó que los indicadores de los corderos que estuvieron bajo condiciones estresantes y durante un periodo más prolongado de viaje mostraron valores sustancialmente más elevados en sus concentraciones. Incremento del 35% en cortisol plasmático (4.6 nmol/l) y lactato (0.7 mmol/l); ácidos grasos de cadena larga (NEFA) en sangre donde se observó un aumento de hasta 0.6 mmol/l. Se destacó la importancia de este último indicador como reflejo de una actividad alta en rutas metabólicas catabólicas como la lipólisis y la oxidación proteica, con el fin de cubrir la energía metabólica a través de la gluconeogénesis. Estos hallazgos concuerdan con lo reportado en las alteraciones en NEFA y β -hidroxibutirato (BHOB), que son indicadores metabólicos de la activación de rutas catabólicas, aunque, cabe señalar que Stewart et al., (2019) evaluaron el impacto de la privación de alimento durante el transporte en corderos (Stewart et al., 2019).

Adicionalmente Sutherland et al.,(2016) reportaron que al valorar la disminución de pH en la carne, se detectó un declive más pronunciado y veloz en la carne de los animales del segundo grupo en el músculo *longissimus lumborum*; así como una disminución en la terneza de la carne, lo cual se asoció con la acidificación; aunque en otros estudios se ha reportado que atributos de la carne como la terneza están relacionados con el aumento sérico de las concentraciones de glucosa, NEFA, cortisol, CK y AST en pequeños rumiantes (Stewart et al., 2018).

Privación de alimento

Otro factor de gran relevancia durante el transporte es la privación de alimento; la cual tiene una actuación trascendental en los rumiantes lactantes; ya que al ser recién destetados se enfrentan a un cambio brusco en la alimentación en conjunto con todos los demás estímulos estresantes. Si a esto se le agrega que la inmunidad calostrual parcial en este tipo de animales afecta directamente el estado inmunológico del animal y contribuye con el detrimento en la calidad (Natalie Roadknight *et al.*, 2021). Bajo este contexto, se ha evidenciado la asociación del periodo de lactancia sobre los indicadores de estrés y su repercusión en las características de la calidad de la carne; debido a que los reportes reflejan que un periodo de lactancia reducido (menor a 45 días) ocasiona carne con valores alterados de terneza, fuerza de corte (0.74% KgF mayor) , capacidad de retención de agua (0.66 % menos) e indicadores sensoriales como intensidad de olor, jugosidad y sabor (Ekiz *et al.*, 2012).

En otro estudio similar, Thompson *et al.*, (1987), evaluaron la influencia de tres factores de impacto sobre el bienestar en corderos durante el transporte previo al sacrificio como: la privación de alimento, el ejercicio físico exacerbado y estados emocionales negativos como el miedo. Su investigación consistió en la simulación de cada uno de estos eventos de forma independiente y controlada para obtener resultados aislados; para lo cual, el evento de privación de alimento se simuló con un ayuno prolongado hasta 24 horas, el evento de ejercicio físico se sustituyó por una caminata de 3 Km/ 30 minutos, y finalmente el estado de miedo se ocasionó al enfrentar a los corderos al ladrido de un perro durante 5 minutos. Se reportaron resultados similares con respecto a los indicadores de estrés: una elevación sustancial en las concentraciones de cortisol de 6.8 µg/dl hasta 10.44 µg/dl en eventos como el ayuno prolongado y el estrés por miedo (Thompson *et al.*, 1987). Adicionalmente, al evaluar el impacto en indicadores de calidad de carne como retención de agua, terneza y parámetros de color, no se encontró ningún resultado estadísticamente significativo en comparación con el grupo control; no obstante,

concluyen que el conjunto de los tres eventos durante el transporte si pudiera mostrar alteraciones de impacto en la calidad de la carne (Zimmerman *et al.*, 2013).

A pesar de los diversos estudios reportados, existe una discusión en torno al verdadero impacto de la privación de alimento durante el transporte en la calidad de la carne de animales lactantes; ya que, se observan efectos directos en el contenido de glucógeno hepático *postmortem* debido a la fosforilación de glucógeno activada por el ayuno; no obstante, se sugiere que el contenido del glucógeno muscular esquelético se ve menos influenciado por este factor y podrían tener mayor impacto las demandas energéticas debido a la contracción muscular exacerbada. Al respecto, Stewart *et al.*, (2019) evaluaron el efecto de la privación (48 horas previas al sacrificio). Sus hallazgos reportan un efecto negativo sobre el pH y el peso de la canal aun en corderos no transportados; no obstante, también se evidenció que el factor raza tiene una influencia significativa. Además, los corderos con un peso menor a 30 kg previo al sacrificio producen un detrimento en la calidad de carne (Abdullah and Qudsieh, 2009).

Dinámica del vehículo y condiciones de la carretera

Durante el transporte, un factor de impacto en el nivel de bienestar de los rumiantes lactantes es el movimiento del vehículo y las vibraciones ya que, son percibidos como estímulos novedosos y estresantes; por lo tanto, repercute en la calidad de la carne. En este sentido, Ruiz-De-La-Torre *et al.* (2001) determinaron el impacto del movimiento en los indicadores de estrés y la calidad de la carne. Sus hallazgos mostraron que los corderos transportados por caminos más accidentados o de terracerías mostraron elevación más marcada en indicadores como cortisol (3.29 mmol/l), frecuencia cardiaca, CK (3.03 mmol/l), LDH (1.22 nmol/l). Asimismo, se añadió el factor de aceleración como condición de manejo del vehículo y variación en los que también se observaron correlaciones significativas entre el camino accidentado y la velocidad más alta. Sin embargo, en este caso, con respecto a los indicadores de calidad de la carne, por lo menos en el color de la carne se detectó un enrojecimiento menor en corderos transportados a través de carreteras lisas.

Periodos de descanso y estabulación

Por otra parte, un evento de gran relevancia, que incluso ha sido regulado por la legislación alrededor del mundo ya que representa un gran impacto en el bienestar del animal de etapa lactante durante su manejo previo al sacrificio son los periodos de reposo. En términos de la calidad de la carne, existe una variedad de estudios que declaran la importancia de la estandarización de estos periodos debido a su impacto en la calidad de la carne; específicamente en las reservas de glucógeno muscular. Al respecto se han analizado los indicadores de calidad de la carne en corderos transportados con distintos periodos de reposo: transporte durante 3 horas y sin reposo y transporte durante 3 horas con 12 horas de reposo previo al sacrificio. Se encontró que los cortes de lomo de los corderos que no tuvieron reposo mostraron valores sustancialmente distintos a los que tuvieron el reposo. Se observó una acidificación evidente a las 24 e incluso 48 horas *postmortem* (pH de 5.65). Además, se correlacionó con la concentración de glucógeno a nivel muscular hasta las 4 horas; sin embargo, no se encontró diferencia significativa en cuanto los indicadores de calidad como coloración (hemo pigmentos), terneza. Jugosidad. No obstante, se mostró una diferencia significativa, con incremento en la capacidad de retención de agua en la carne de los corderos que se mantuvieron en condiciones de reposo y fue asociado a las estrategias de alimentación previas al transporte. Se concluye que el periodo de estabulación de 12 horas permite una recuperación muscular suficiente para no mostrar impacto en los indicadores valorados. Estos hallazgos con similares a los encontrados en un estudio previo donde también constataron el efecto negativo de un reposo menor a 3 horas en corderos lactantes; no obstante, en este caso particular sugirieron que el método de menor impacto en animales jóvenes susceptibles , era el sacrificio inmediatamente al desembarcar, debido a que se generan menores pérdidas en los valores de los indicadores como concentración de glucógeno en hígado y músculo y la disminución en la acidificación, entre otros (Díaz *et al.*, 2014).

Debido a la importancia del contenido de glucógeno en el organismo de rumiante en etapa lactante al sacrificio, se han desarrollado estudios donde se enfocan en la valoración de los cambios en la concentración de glucógeno en músculo durante el transporte con distintos periodos de descanso para determinar la distribución de estas reservas y su repercusión en el grado de acidificación en la carne. Se ha concluido que los mayores valores de acidificación fueron observados en los corderos de menor edad; es decir, cercana al destete o entre 3 o 6 meses de vida, además de que se reitera que los traslados con mayor distancia y periodo de viaje reflejaron una disminución sustancial en las concentraciones de glucógeno (1g/100g) (Jacob, Pethick, *et al.*, 2005).

Bajo este contexto, hay clara evidencia de la influencia que ejerce el factor tiempo durante el transporte, sobre la evaluación sensorial en el músculo *longissimus thoracis y lumborum* en corderos de etapa lactante; ya que se ha demostrado que al comparar tres distintos periodos de descanso (sin estabulación, 24 y 48 horas) se presentan diferencias en los atributos como la terneza, debido a que en la carne de los corderos procedentes del periodo de estabulación de 24 horas, muestra un incremento en la puntuación de terneza, en comparación con los demás escenarios. Sin embargo, se concluye que no existieron diferencias significativas al final de las evaluaciones sensoriales (Jacob, Walker, *et al.*, 2005; LI *et al.*, 2018).

Adicionalmente, las discusiones en cuanto a la calidad de la carne en cortes como el lomo en asociación con indicadores plasmáticos de estrés, evidencia una dificultad para predecir la calidad de la carne, según el bienestar del animal; ya que se ha reportado que la terneza del lomo en corderos no está asociada a la terneza de la carne (Stewart *et al.*, 2018).

Método de aturdimiento

El método empleado durante el aturdimiento representa un aspecto de gran importancia ligado al evento más estresante del animal. Como se sabe, un correcto

aturdimiento mejora la calidad de la muerte del animal y en etapas lactantes se utilizan principalmente los métodos de electronarcosis e inmersión en mezclas de gases. Bajo términos de calidad, se ha mencionado que de acuerdo con el método empleado y su correcta aplicación se pueden observar variaciones sustanciales en la calidad de la carne.

Inmersión en cámara de gases contra electronarcosis

El método más recomendado en rumiantes de etapas lactantes es la cámara de gas, debido a que es un método menos invasivo para el animal al reducir sustancialmente el manejo. Además, se ha demostrado que tiene efectos positivos en la calidad de la carne al reducir las incidencias de lesiones aparentes como las equimosis y fracturas de huesos (Channon, Payne and Warner, 2000); pero a pesar de los reportes, el aturdimiento eléctrico continúa siendo el más empleado en pequeños rumiantes. En este contexto, en la legislación europea, el aturdimiento por inmersión en cámara de gases aun no es considerado y está presente la alternativa de aturdimiento eléctrico (Regulation (EU) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council).

Aunque continúa la controversia con respecto a las condiciones óptimas en las que se debe realizar el aturdimiento por gas en cuanto a la concentración, el periodo de inhalación y la mezcla de gases idónea para el rumiante lactante y sus efectos sobre la calidad de la canal. Con el fin de aportar información, Bórnez, et al., (2009), evaluaron 5 tratamientos de aturdimiento con distintas concentraciones y periodos de exposición en corderos lactantes y lo compararon con un aturdimiento eléctrico. Sus hallazgos reportan una menor frecuencia de presentación de lesiones aparentes en la canal de los corderos aturdidos en cámara de gases, con respecto a los corderos aturdidos con electronarcosis. Y aunque no reportaron diferencias significativas en indicadores de la calidad de la carne como color, capacidad de retención de agua y fuerza de corte a las 24 horas *postmortem*, enfatizaron una diferencia relevante en cuanto al nivel de pH a los 7 días *postmortem* ya que, de forma contradictoria, los corderos aturdidos con 80% CO₂ durante 60 segundos

tuvieron niveles más altos de pH, en comparación con los aturdidos con electronarcosis. En el estudio se concluye que usar concentraciones de 90% de CO₂ por periodos de entre 60 a 90 segundos como recomendación para corderos lactantes, que además muestran menor impacto en la calidad de la carne. Estos reportes concuerdan con lo observado por Linares and Vergara (2012), quienes desarrollaron un estudio similar en corderos lactantes, poniendo énfasis en el efecto negativo de los tratamientos con menores concentraciones de CO₂ y con mayor prolongación en el tiempo. Esos investigadores confirman la recomendación del empleo de tratamientos con concentraciones de 90% o mayor de CO₂ durante un periodo variable que no reduzca de los 60 segundos. No obstante, en este caso, los autores si reportaron diferencias significantes en los atributos de calidad de la carne como la capacidad de retención de agua (WHC) en el tratamiento de mayor concentración y tiempo (90% - 90s) y los asociaron a factores externos relacionados con la pérdida de agua durante el periodo de maduración de la carne, ya que emplearon atmosferas modificadas para conservar la canal. Adicionalmente, en este mismo estudio se menciona el efecto en el color de la carne como resultado de la carboxihemoglobina, la cual se considera químicamente más estable; por lo que contribuye con el color rojo cereza en la carne, mejorando su aspecto al consumidor. Esto contradice los reportes sobre la reducción de la frecuencia cardiaca como respuesta a la inhalación de los gases.

En este sentido, existen reportes que sugieren que el empleo de monóxido de carbono dentro de la mezcla de gases promueve la estabilización del color en la carne y valores más altos de terneza (Linares and Vergara, 2009).

Así también, otra variable a considerar en el aturdimiento de los animales lactantes es el impacto que tiene el alto voltaje, y su efecto sobre la acidificación *postmortem* de la carne. Ya que ante la presentación de estímulos estresantes se potencializa el empleo de voltajes eléctricos para inmovilizar o aturdir al animal (Geesink *et al.*, 2001), y de forma contradictoria, con respecto a eventos *postmortem*, se menciona que la la carne de animales aturdidos con electronarcosis madura con mayor velocidad, en comparación con la mezcla de gases. En este contexto, se continúan

sumando ventajas en el método de electronarcosis sobre el aturdimiento con gases, tales como el aumento de la frecuencia y presión cardíaca que permiten conservar un mejor contenido de sangre en la carne y por lo tanto su calidad, en contraste con la electronarcosis que ocasiona hemorragias o pérdidas exacerbadas de sangre (Vergara and Gallego, 2000).

Derivado de dicha controversia, Linares, et al., (2007) evaluaron tres tipos de aturdimiento en corderos lactantes de la raza española manchega con el objeto de determinar qué tipo de aturdimiento impacta más en la calidad de la carne; por lo que contrastaron el método de electronarcosis, el método de inmersión en mezcla de gases y sacrificio sin previo aturdimiento. A grandes rasgos, solamente reportaron significancia estadística en los indicadores sensoriales como el color a los 7 días *postmortem*, detectando menores valores en el aturdimiento con gas, lo cual se contradice con estudios previos, que mencionan el efecto positivo de la carboxihemoglobina. C con respecto al sacrificio sin aturdimiento los valores más altos fueron los de capacidad de retención de agua (16.63 %) , pH (disminución de valor de hasta 1.30) y fuerza de corte (82.51 N/cm²); por lo que se concluye que el sacrificio sin aturdimiento además de repercutir directamente en el bienestar del animal, ocasiona efectos negativos en la calidad de la carne (Linares, Bó Rnez and Vergara, 2007).

Aunado a lo anterior, hallazgos científicos han demostrado que el sacrificio bajo contextos religiosos o culturales, que no pasan por aturdimiento previo, ocasiona una reducción brusca de la presión sanguínea al instante del corte en el cuello; además de que se reporta mayor frecuencia de presentación de hemorragias como equimosis en múltiples estructuras musculares, en conjunto con aspectos como la decoloración de la piel, fracturas, entre otros; por lo que bajo términos de bienestar animal y calidad de la carne se considera el método menos recomendado (Farouk *et al.*, 2014).

Conclusión

Durante el transporte factores como la distancia y tiempo del viaje, la privación de alimento, dinámica del vehículo y los periodos de estabulación, tienen un impacto negativo significativo en los indicadores de la calidad de la carne. Sin embargo, se sugiere que la privación del alimento podría no tener influencias significativas en el contenido de glucógeno final de la carne (acidificación final) y podría más bien estar alterado por las contracciones musculares exacerbadas del animal con respuesta al intento por mantener una estabilidad durante el transporte, aunque el cambio de alimentación ocasiona una reducción del consumo en animales de etapa lactante y repercute negativamente en el peso del animal, contribuyendo al detrimento de la calidad de la carne. Con respecto al periodo de estabulación, se recomienda un periodo de recuperación de más de 24 horas o el sacrificio inmediato al llegar a la planta de matanza.

El método de aturdimiento de inmersión en gases es el más recomendado en comparación con la electronarcosis o el sacrificio sin aturdimiento, debido a que compromete menos el bienestar del animal, así como los indicadores de calidad de la carne: pH final, WHC, fuerza de corte, entre otros; aunque se sugieren concentraciones elevadas durante periodos cortos (90% durante 60-90s) y la mezcla de dióxido de carbono con monóxido de carbono para evitar la reducción de coloración roja y amarilla en la carne. Sin embargo, con respecto al aturdimiento mecánico, no existen reportes sobre su impacto en la calidad de la carne de rumiantes de etapas lactantes. El método menos recomendado es sacrificio sin aturdimiento debido a las lesiones aparentes manifestadas en la canal y el detrimento obvio de la calidad de la carne. Particularmente se evidencia la necesidad del desarrollo de estudios relativos a los beneficios del aturdimiento por inmersión en cámara de gases, tanto para el animal como para el operador, con el objeto de lograr la visibilidad y presencia en las próximas actualizaciones de la legislación mundial para rumiantes lactantes.

11. CONCLUSIONES GENERALES

A pesar de la legislación desarrollada en países de primer mundo, se evidencia la posibilidad de sufrir estados negativos relacionados con fatiga, estrés, lesiones y enfermedades en animales lactantes, en los cuales existen factores adicionales que reducen exponencialmente las tasas de supervivencia y deterioran su nivel de bienestar durante el manejo previo al sacrificio. Actualmente, en países de primer mundo se ha reportado que la implementación de normativas enfocadas en garantizar el bienestar de animales jóvenes bajo fundamentos científicos y verídicos, origina una reducción notable de la mortalidad que supera el 50% (Government, 2018) ; en este sentido, es trascendental continuar el desarrollo de estudios que logren establecer legislaciones fundamentadas y eficientes, además de integrar los múltiples factores intrínsecos de cada proceso en las etapas de producción y en este caso específico en el manejo previo al sacrificio.

Hasta la fecha existe muy poca información enfocado en la valoración del nivel de bienestar específicamente en animales lactantes, aunque los métodos utilizados universalmente reportan niveles altos de eficiencia bajo peculiaridades individuales; no obstante, continua siendo necesario el desarrollo de estudio entorno a animales lactantes ya que las diferencias anatómicas e incluso fisiológicas podrían marcar un deterioro significativo del bienestar; asimismo, es evidente la falta de instalaciones adecuadas para animales jóvenes, lo cual entorpece los métodos de aturdimiento y por tanto el nivel de inconciencia conferido en los animales.

Con el paso del tiempo y el impulso creciente en el avance científico de diversas áreas del bienestar animal, es evidente la mayor aceptación entorno a la capacidad de los animales por mecanizar estados internos homólogos a los humanos pero bajo términos de cognición disminuida; y con ello el desarrollo y validación de nuevas herramientas que permitan identificar objetivamente las manifestaciones fisiológicas y conductuales de estos estados; por lo que las expresiones faciales representan una herramienta de bajo costo y alta disponibilidad, que además implica solamente la capacitación del personal involucrado; en este sentido, se requiere el desarrollo

de escalas de muecas o estudio de valoración de expresiones faciales entorno a procesos como el sacrificio para determinar un estándar en las unidades de acción.

12 LITERATURA CITADA

Abdullah, A. Y. and Qudsieh, R. I. (2009) 'Effect of slaughter weight and aging time on the quality of meat from Awassi ram lambs', *Meat science*, 82(3), pp. 309–316. doi: 10.1016/J.MEATSCI.2009.01.027.

Agustín-Pavón, C. *et al.* (2012) 'Lesions of ventrolateral prefrontal or anterior orbitofrontal cortex in primates heighten negative emotion', *Biological Psychiatry*, 72(4), pp. 266–272. doi: 10.1016/j.biopsych.2012.03.007.

Akin, P. D., Yilmaz, A. and Ekiz, B. (2018) 'Effects of stocking density on stress responses and meat quality characteristics of lambs transported for 45 minutes or 3 hours', *Small Ruminant Research*, 169, pp. 134–139. doi: 10.1016/j.smallrumres.2018.08.009.

Animal FACS (no date). Available at: <https://animalfacs.com/> (Accessed: 27 June 2021).

ANON (2009) 'Council Regulation (EC) No 1099/2009'. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:303:0001:0030:EN:PDF> (Accessed: 25 June 2021).

Australia, A. H. (2012) *LAND TRANSPORT OF LIVESTOCK AUSTRALIAN ANIMAL WELFARE STANDARDS AND GUIDELINES Edition One Version 1.1 Standing Council on Primary Industries*. Available at: <http://www.animalwelfarestandards.net.au> (Accessed: 22 June 2021).

Bell, A. (2018) 'The neurobiology of acute pain', *Veterinary Journal*. Bailliere Tindall Ltd, pp. 55–62. doi: 10.1016/j.tvjl.2018.05.004.

Bennett, V., Gourkow, N. and Mills, D. S. (2017) 'Facial correlates of emotional

behaviour in the domestic cat (*Felis catus*)', *Behavioural Processes*, 141, pp. 342–350. doi: 10.1016/j.beproc.2017.03.011.

Berridge, K. C. (2003) 'Pleasures of the brain', *Brain and Cognition*. Academic Press Inc., pp. 106–128. doi: 10.1016/S0278-2626(03)00014-9.

Bian, X. L. *et al.* (2021) 'Anterior cingulate cortex to ventral hippocampus circuit mediates contextual fear generalization', *Journal of Neuroscience*, 39(29), pp. 5728–5739. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2739-18.2019.

Bórnez, R., Linares, M. B. and Vergara, H. (2009) 'Effects of stunning with different carbon dioxide concentrations and exposure times on suckling lamb meat quality', *Meat science*, 81(3), pp. 493–498. doi: 10.1016/J.MEATSCI.2008.10.004.

Bórnez, Rocío, Linares, M. B. and Vergara, H. (2009) 'Systems stunning with CO₂ gas on Manchego light lambs: Physiologic responses and stunning effectiveness', *Meat Science*, 82(1), pp. 133–138. doi: 10.1016/j.meatsci.2009.01.003.

Burrows, A. M. *et al.* (2011) 'Evolution of the Muscles of Facial Expression in a Monogamous Ape: Evaluating the Relative Influences of Ecological and Phylogenetic Factors in Hylobatids', *Anatomical Record*, 294(4), pp. 645–663. doi: 10.1002/ar.21355.

Channon, H. A., Payne, A. M. and Warner, R. D. (2000) 'Halothane genotype, pre-slaughter handling and stunning method all influence pork quality', *Meat science*, 56(3), pp. 291–299. doi: 10.1016/S0309-1740(00)00056-5.

Chulayo, A. Y. and Muchenje, V. (2013) 'The Effects of Pre-slaughter Stress and Season on the Activity of Plasma Creatine Kinase and Mutton Quality from Different Sheep Breeds Slaughtered at a Smallholder Abattoir', *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(12), p. 1762. doi: 10.5713/AJAS.2013.13141.

Claudia Terlouw, Cécile Bourguet and Véronique Deiss (2016) 'Consciousness, unconsciousness and death in the context of slaughter. Part II. Evaluation methods - ScienceDirect', *Meat Science*, 118, pp. 147–156. Available at: <https://sciencedirect.uam.elogim.com/science/article/pii/S0309174016300717>

(Accessed: 24 June 2021).

Collins*, M. *et al.* (2014) 'Assessment of non-penetrating captive bolt stunning followed by electrical induction of cardiac arrest in veal calves', *Meat Science*, 96(1), p. 442. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.07.041.

Dalla Costa, E. *et al.* (2014) 'Development of the Horse Grimace Scale (HGS) as a Pain Assessment Tool in Horses Undergoing Routine Castration', *PLoS ONE*. Edited by E. Hillman, 9(3), p. e92281. doi: 10.1371/journal.pone.0092281.

Díaz, M. T. *et al.* (2014) 'Effect of lairage time (0 h, 3 h, 6 h or 12 h) on glycogen content and meat quality parameters in suckling lambs', *Meat Science*, 96(2), pp. 653–660. doi: 10.1016/J.MEATSCI.2013.10.013.

Dolensek, N. *et al.* (2020) 'Facial expressions of emotion states and their neuronal correlates in mice', *Science*, 368(6486), pp. 89–94. doi: 10.1126/science.aaz9468.

Dugdale, A. (2010) *Veterinary anesthesia: principles to practice*. Oxford, UK.: lackwellPublishing Ltd.

Ekiz, B. *et al.* (2012) 'Effects of suckling length (45, 75 and 120 d) and rearing type on cortisol level, carcass and meat quality characteristics in Kivircik lambs', *Meat science*, 92(1), pp. 53–61. doi: 10.1016/J.MEATSCI.2012.04.006.

Ekiz, E. E. *et al.* (2019) 'The effects of weaning status and transport duration on some physiological and behavioural responses to transportation in Kivircik lambs', *Small Ruminant Research*, 181, pp. 51–56. doi: 10.1016/j.smallrumres.2019.10.007.

Elizabeth A. Phelps and Joseph E. LeDoux (2005) 'Contributions of the Amygdala to Emotion Processing: From Animal Models to Human Behavior', *Neuron*, 48(2), pp. 175–187. Available at:

<https://sciedirect.uam.elogim.com/science/article/pii/S0896627305008238>

(Accessed: 9 May 2021).

Europea, C. de la U. (2004) *Reglamento (CE) número 1/2005 del Consejo sobre la protección de los animales durante el transporte y operaciones relacionadas y que modifica las directivas 64/432 / CEE y 93/119 / CE y el Reglamento (CE) no 1255/97.*

Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005R0001&from=en>.

Europea, D. oficial de la unión (2005) *Reglamento (CE) No 1/2005 Bienestar animal en el Transporte | Agricultura y Ganadería | Junta de Castilla y León*. Available at: <http://www.jcyl.es/web/jcyl/AgriculturaGanaderia/es/Plantilla100DetalleFeed/1246464862173/Normativa/1210842371906/Redaccion> (Accessed: 18 June 2021).

Farouk, M. M. *et al.* (2014) 'Halal and kosher slaughter methods and meat quality: a review', *Meat science*, 98(3), pp. 505–519. doi: 10.1016/J.MEATSCI.2014.05.021.

Fendt, M. and Fanselow, M. S. (1999) 'The neuroanatomical and neurochemical basis of conditioned fear', *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 23(5), pp. 743–760. doi: [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(99\)00016-0](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(99)00016-0).

Fernandez, E. M. A. *et al.* (2014) *Patología General Veterinaria*. 5ta edn. UNAM.

Flores-Peinado, S. *et al.* (2020) 'Physiological responses of pigs to preslaughter handling: infrared and thermal imaging applications', *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 8(1), pp. 71–84. doi: 10.1080/23144599.2020.1821574.

Fogelman, N. and Canli, T. (2018) 'Early life stress and cortisol: A meta-analysis', *Hormones and Behavior*. Academic Press Inc., pp. 63–76. doi: 10.1016/j.yhbeh.2017.12.014.

Gafford, G. M., Parsons, R. G. and Helmstetter, F. J. (2013) 'Memory accuracy predicts hippocampal mTOR pathway activation following retrieval of contextual fear memory', *Hippocampus*, 23(9), pp. 842–847. doi: 10.1002/hipo.22140.

Gallo, C., Tarumán, J. and Larrondo, C. (2018) 'Main factors affecting animal welfare and meat quality in lambs for slaughter in Chile', *Animals*. MDPI AG. doi: 10.3390/ani8100165.

Geesink, G. H. *et al.* (2001) 'Effects of stress and high voltage electrical stimulation on tenderness of lamb m. longissimus', *Meat Science*, 57(3), pp. 265–271. doi: 10.1016/S0309-1740(00)00101-7.

di Giminiani, P. *et al.* (2016) 'The assessment of facial expressions in piglets undergoing tail docking and castration: Toward the development of the Piglet Grimace Scale', *Frontiers in Veterinary Science*, 3(NOV), p. 14. doi: 10.3389/fvets.2016.00100.

Gonzalez-Rivas, P. A. *et al.* (2020) 'Effects of heat stress on animal physiology, metabolism, and meat quality: A review', *Meat science*, 162. doi: 10.1016/J.MEATSCI.2019.108025.

Government of Canada (2021) *Reglamento de salud de los animales*. Available at: https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/c.r.c.,_c._296/ (Accessed: 22 June 2021).

Government, N. Z. (2018) *Mortality rate in young calves in the 2017 spring calving season Prepared for the Ministry for Primary Industries Disclaimer*. Available at: <http://www.mpi.govt.nz/news-and-resources/publications/> (Accessed: 22 June 2021).

Grandin, T. (2010) 'Auditing animal welfare at slaughter plants', *Meat Science*. Elsevier, pp. 56–65. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.04.022.

de Grauw, J. C. and van Loon, J. P. A. M. (2016) 'Systematic pain assessment in horses', *Veterinary Journal*, 209(December 2014), pp. 14–22. doi: 10.1016/j.tvjl.2015.07.030.

Gregory, N. (2004) *Physiology and Behaviour of Animal Suffering*. Edited by N. G. Gregory. Oxford, UK: Blackwell Publishing. doi: 10.1002/9780470752494.

Gregory, N. G. and Grandin, T. (1998) *Animal Welfare and Meat Science*. New York: CABI publishing.

Guesgen, M. J. *et al.* (2016) 'Coding and quantification of a facial expression for pain in lambs', *Behavioural Processes*, 132, pp. 49–56. doi: 10.1016/j.beproc.2016.09.010.

Häger, C. *et al.* (2017) 'The Sheep Grimace Scale as an indicator of post-operative distress and pain in laboratory sheep', *PLoS ONE*, 12(4), p. e0175839. doi:

10.1371/journal.pone.0175839.

Hendrixson, A. and Hartmann, B. (2019) 'Threats and burdens: Challenging scarcity-driven narratives of "overpopulation"', *Geoforum*, 101, pp. 250–259. doi: 10.1016/j.geoforum.2018.08.009.

Hernandez-Avalos, I. *et al.* (2019) 'Review of different methods used for clinical recognition and assessment of pain in dogs and cats', *International Journal of Veterinary Science and Medicine*. Taylor and Francis Ltd., pp. 43–54. doi: 10.1080/23144599.2019.1680044.

Holden, E. *et al.* (2014) 'Evaluation of facial expression in acute pain in cats', *Journal of Small Animal Practice*, 55(12), pp. 615–621. doi: 10.1111/jsap.12283.

HSA (2021) *Asociación de sacrificio humanitario*. Available at: <https://www.hsa.org.uk/electrical-stunning-of-red-meat-animals-introduction/introduction-1> (Accessed: 25 June 2021).

Hsieh, H. T. and Chang, C. hui (2020) 'Activation of medial orbitofrontal cortex abolishes fear extinction and interferes with fear expression in rats', *Neurobiology of Learning and Memory*, 169. doi: 10.1016/j.nlm.2020.107170.

Imlan, J. C. *et al.* (2020) 'Effects of slaughter knife sharpness on blood biochemical and electroencephalogram changes in cattle', *Animals*, 10(4). doi: 10.3390/ani10040579.

International Association for the Study of Pain (2020) *IASP anuncia una definición revisada de dolor*. Available at: [https://www.iasp-pain.org/PublicationsNews/NewsDetail.aspx?ItemNumber=10475#:~%7B%7D:text=Jul 16%2C 2020&text=The definition is%3A "An unpleasant,pain for further valuable context](https://www.iasp-pain.org/PublicationsNews/NewsDetail.aspx?ItemNumber=10475#:~%7B%7D:text=Jul%202020&text=The%20definition%20is%3A%20%22An%20unpleasant,pain%20for%20further%20valuable%20context%22) (Accessed: 23 June 2021).

Jacob, R. H., Pethick, D. W., *et al.* (2005) 'Muscle glycogen concentrations in commercial consignments of Australian lamb measured on farm and post-slaughter after three different lairage periods', *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45(5), pp. 543–552. doi: 10.1071/EA03216.

Jacob, R. H., Walker, P. J., *et al.* (2005) 'The effect of lairage time on consumer sensory scores of the M. longissimus thoracis et lumborum from lambs and lactating ewes', *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45(5), pp. 535–542. doi: 10.1071/EA03215.

Kaminski, J. *et al.* (2019) 'Evolution of facial muscle anatomy in dogs', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(29), pp. 14677–14681. doi: 10.1073/pnas.1820653116.

Karaca, S. *et al.* (2016) 'Effects of pre-slaughter diet/management system and fasting period on physiological indicators and meat quality traits of lambs', *Meat Science*, 116, pp. 67–77. doi: 10.1016/j.meatsci.2016.01.014.

Kells, N. J. *et al.* (2020) 'Indicators of dehydration in healthy 4- to 5-day-old dairy calves deprived of feed and water for 24 hours', *Journal of Dairy Science*, 103(12), pp. 11820–11832. doi: 10.3168/jds.2020-18743.

Khaled, A. Y., Parrish, C. A. and Adedeji, A. (2021) 'Emerging nondestructive approaches for meat quality and safety evaluation—A review', *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(4), pp. 3438–3463. doi: 10.1111/1541-4337.12781.

Knowles, T. G. *et al.* (1994) 'Long distance transport of export lambs.', *The Veterinary record*, 134(5), pp. 107–110. doi: 10.1136/vr.134.5.107.

Knowles, T. G. *et al.* (1995) 'Effects on sheep of transport by road for up to 24 hours.', *The Veterinary record*, 136(17), pp. 431–438. doi: 10.1136/vr.136.17.431.

Knowles, T. G. *et al.* (1996) 'Effects of feeding, watering and resting intervals on lambs transported by road and ferry to France', *Veterinary Record*, 139(14), pp. 335–339. doi: 10.1136/vr.139.14.335.

Krista M. McLennana *et al.* (2019) 'Conceptual and methodological issues relating to pain assessment in mammals: The development and utilisation of pain facial expression scales', *Applied Animal Behaviour Science*, 217, pp. 1–15. Available at: <https://sciedirect.uam.elogim.com/science/article/pii/S0168159118305240#bib0>

320 (Accessed: 30 June 2021).

Kurt D. Vogel *et al.* (eds) (2019) 'Livestock Handling and Transport', in *Livestock Handling and Transport*. 5th Ed. CABI, pp. 30–31. Available at: https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=GMe-DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA30&ots=vKEvOMWz1q&sig=b-hlwJInflj7SHs9RQvdvf-SQBk&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (Accessed: 25 June 2021).

Lansade, L. *et al.* (2018) 'Facial expression and oxytocin as possible markers of positive emotions in horses', *Scientific Reports*, 8(1). doi: 10.1038/s41598-018-32993-z.

Lefaucheur, J. P. (2019) 'Clinical neurophysiology of pain', in *Handbook of Clinical Neurology*. Elsevier B.V., pp. 121–148. doi: 10.1016/B978-0-444-64142-7.00045-X.

Leme, T. M. da C. *et al.* (2012) 'Influence of transportation methods and pre-slaughter rest periods on cortisol level in lambs', *Small Ruminant Research*, 107(1), pp. 8–11. doi: 10.1016/j.smallrumres.2012.05.010.

Lezama-García, K. *et al.* (2019) 'Facial expressions and emotions in domestic animals', *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 14(028). doi: 10.1079/PAVSNNR201914028.

LI, X. *et al.* (2018) 'Effects of lairage after transport on post mortem muscle glycolysis, protein phosphorylation and lamb meat quality', *Journal of Integrative Agriculture*, 17(10), pp. 2336–2344. doi: 10.1016/S2095-3119(18)61922-7.

Linares, M. B., Bó Rnez, R. and Vergara, H. (2007) 'Effect of different stunning systems on meat quality of light lamb', *Meat Science*, 76. doi: 10.1016/j.meatsci.2007.02.007.

Linares, M. B. and Vergara, H. (2009) 'Light lamb meat quality packed under modified atmospheres: effect of stunning systems (electrically v. gas)', *Animal*, 3(12), pp. 1763–1771. doi: 10.1017/S1751731109990711.

Linares, M. B. and Vergara, H. (2012) 'Effect of gas stunning and modified-atmosphere packaging on the quality of meat from Spanish Manchego light lamb',

Small Ruminant Research, 108(1–3), pp. 87–94. doi: 10.1016/j.smallrumres.2012.06.015.

Llonch *et al.* (2015) 'Electrical stunning effectiveness with current levels lower than 1 A in lambs and kid goats', *Research in Veterinary Science*, 98, pp. 154–161. Available at: <https://sciencedirect.uam.elogim.com/science/article/pii/S0034528814003506> (Accessed: 24 June 2021).

Llonch, P. *et al.* (2015) 'Electrical stunning effectiveness with current levels lower than 1 A in lambs and kid goats', *Research in Veterinary Science*, 98, pp. 154–161. doi: 10.1016/j.rvsc.2014.12.009.

Llonch P *et al.* (2012) 'Stunning pigs with nitrogen and carbon dioxide mixtures: effects on animal welfare and meat quality', *Animal*, 6(4), pp. 668–675.

van Loon, J. P. A. M. and Van Dierendonck, M. C. (2019) 'Pain assessment in horses after orthopaedic surgery and with orthopaedic trauma', *Veterinary Journal*, 246, pp. 85–91. doi: 10.1016/j.tvjl.2019.02.001.

Lu, X. *et al.* (2018) 'Association of ultimate pH and stress-related blood variables in cattle', *Meat Science*, 139, pp. 228–230. doi: 10.1016/J.MEATSCI.2018.02.004.

Lundblad, J. *et al.* (2021) 'Effect of transportation and social isolation on facial expressions of healthy horses', *PLOS ONE*. Edited by E. Palagi, 16(6), p. e0241532. doi: 10.1371/journal.pone.0241532.

MacRae, A. M., Joanna Makowska, I. and Fraser, D. (2018) 'Initial evaluation of facial expressions and behaviours of harbour seal pups (*Phoca vitulina*) in response to tagging and microchipping', *Applied Animal Behaviour Science*, 205, pp. 167–174. doi: 10.1016/j.applanim.2018.05.001.

Marcantonio Coneglian, M. *et al.* (2020) 'Use of the horse grimace scale to identify and quantify pain due to dental disorders in horses', *Applied Animal Behaviour Science*, 225, p. 104970. doi: 10.1016/j.applanim.2020.104970.

Marcato, F. *et al.* (2020) 'Effects of pretransport diet, transport duration, and type of

vehicle on physiological status of young veal calves', *Journal of Dairy Science*, 103(4), pp. 3505–3520. doi: 10.3168/jds.2019-17445.

Marcet Rius, M. *et al.* (2018) 'Tail and ear movements as possible indicators of emotions in pigs', *Applied Animal Behaviour Science*, 205, pp. 14–18. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.05.012>.

Marti, S. *et al.* (2017) 'Effect of rest stop duration during long-distance transport on welfare indicators in recently weaned beef calves¹', *Journal of Animal Science*, 95(2), pp. 636–644. doi: 10.2527/jas.2016.0739.

Meichtry, C. *et al.* (2018) 'Assessment of a specifically developed bullet casing gun for the stunning of water buffaloes', *Meat Science*, 135, pp. 74–78. doi: 10.1016/j.meatsci.2017.09.004.

Mellor, D. J., Gibson, T. J. and Johnson, C. B. (2009) 'A re-evaluation of the need to stun calves prior to slaughter by ventral-neck incision: An introductory review', *New Zealand Veterinary Journal*, 57(2), pp. 74–76. doi: 10.1080/00480169.2009.36881.

Messori, S. *et al.* (2017) 'Effetto dei diversi tempi di sosta al posto di controllo durante il lungo viaggio sul benessere delle pecore', *Veterinaria Italiana*, 53(2), pp. 121–129. doi: 10.12834/VetIt.316.1483.3.

Miranda-de la Lama, G. C. *et al.* (2011) 'Effects of road type during transport on lamb welfare and meat quality in dry hot climates', *Tropical Animal Health and Production*, 43(5), pp. 915–922. doi: 10.1007/s11250-011-9783-7.

Miranda-de la Lama, G. C. *et al.* (2017) 'Mexican consumers' perceptions and attitudes towards farm animal welfare and willingness to pay for welfare friendly meat products', *Meat Science*, 125, pp. 106–113. doi: 10.1016/j.meatsci.2016.12.001.

Miranda-de la Lama, G. C. *et al.* (2018) 'Long-distance transport of hair lambs: effect of location in pot-belly trailers on thermo-physiology, welfare and meat quality', *Tropical Animal Health and Production*, 50(2), pp. 327–336. doi: 10.1007/s11250-017-1435-0.

Mogil, J. S. *et al.* (2020) 'The development and use of facial grimace scales for pain

measurement in animals', *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. Elsevier Ltd, pp. 480–493. doi: 10.1016/j.neubiorev.2020.07.013.

Mota-Rojas, D. *et al.* (2016) *BIENESTAR ANIMAL, una visión global en Iberoamérica. ELSEVIER-España.*

Mota-Rojas, D., Napolitano, F., *et al.* (2021) 'Pain at the slaughterhouse in ruminants with a focus on the neurobiology of sensitisation', *Animals*. MDPI AG, p. 1085. doi: 10.3390/ani11041085.

Mota-Rojas, D., Titto, C. G., *et al.* (2021) 'Physiological and Behavioral Mechanisms of Thermoregulation in Mammals', *Animals*, 11(6), p. 1733. doi: 10.3390/ani11061733.

Mota-Rojas, D., Ghezzi, M. D., *et al.* (2021) 'Quality of death in the river buffalo (*Bubalus bubalis*)', *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 9(1). doi: 10.31893/JABB.21015.

Mota-Rojas, Daniel *et al.* (2020) 'Neurological modulation of facial expressions in pigs and implications for production A Orihuela', *J Anim Behav Biometeorol*, 8, pp. 232–243. doi: 10.31893/jabb.20031.

Mota-rojas, D. *et al.* (2020) 'The utility of grimace scales for practical pain assessment in laboratory animals', *Animals*, 10(10), pp. 1–17. doi: 10.3390/ani10101838.

MTW Verhoeven *et al.* (2015) 'Indicadores utilizados en el ganado para evaluar la inconsciencia después del aturdimiento: una revisión - ScienceDirect', *Animal*, 9(2), pp. 320–330. Available at: <https://sciencedirect.uam.elogim.com/science/article/pii/S1751731114002596> (Accessed: 22 June 2021).

MTW Verhoeven *et al.* (2016) 'Validación de indicadores utilizados para evaluar la inconsciencia en terneros en el momento del sacrificio - ScienceDirect', *Animal*, 10(9), pp. 1457–1465. Available at: <https://sciencedirect.uam.elogim.com/science/article/pii/S1751731116000422>

(Accessed: 25 June 2021).

Muir, W. W. (2009) 'Physiology and Pathophysiology of Pain', in *Handbook of Veterinary Pain Management*. Elsevier Inc., pp. 13–41. doi: 10.1016/B978-032304679-4.10002-4.

Najafi, M. H. *et al.* (2020) 'Lairage time effect on carcass traits, meat quality parameters and sensory properties of Mehraban fat-tailed lambs subjected to short distance transportation', *Small Ruminant Research*, 188, p. 106122. doi: 10.1016/j.smallrumres.2020.106122.

Nakanishi, S. (1992) 'Molecular diversity of glutamate receptors and implications for brain function', *Science*, 258(5082), pp. 597–603. doi: 10.1126/science.1329206.

Natalie Roadknight *et al.* (2021) 'Revisión invitada: El bienestar de los terneros jóvenes transportados por carretera - ScienceDirect', *Journal of Dairy Science*, 104(6), pp. 6343–6357. Available at: <https://sciedirect.uam.elogim.com/science/article/pii/S0022030221002794>

(Accessed: 18 June 2021).

Navarro, E., Mainau, E. and Manteca, X. (2020) 'Development of a facial expression scale using farrowing as a model of pain in sows', *Animals*, 10(11), pp. 1–11. doi: 10.3390/ani10112113.

NR, C. (2007) *Physiology of behaviour*. Boston, USA: Pearson Education Inc.

Office, P. C. (2018) *Reglamento de bienestar animal (cuidados y procedimientos)*. Available at: <https://www.legislation.govt.nz/regulation/public/2018/0050/latest/whole.html#LMS22882>.

OIE (2019a) *Código Sanitario para los animales Terrestres. TRANSPORTE DE ANIMALES POR VÍA TERRESTRE*. Available at: https://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahc/current/chapitre_aw_land_transpt.pdf (Accessed: 17 June 2021).

OIE (2019b) 'Sacrificio de animales ', in *Código sanitario para los animales*

terrestres, pp. 1–22.

Pardon, B. *et al.* (2015) 'Prediction of respiratory disease and diarrhea in veal calves based on immunoglobulin levels and the serostatus for respiratory pathogens measured at arrival', *Preventive Veterinary Medicine*, 120(2), pp. 169–176. doi: 10.1016/j.prevetmed.2015.04.009.

Pascual-Alonso, M. *et al.* (2017) 'Thermophysiological, haematological, biochemical and behavioural stress responses of sheep transported on road', *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(3), pp. 541–551. doi: 10.1111/jpn.12455.

Raj, A. B. M. *et al.* (1997) 'Welfare implications of gas stunning pigs: 3. The time to loss of somatosensory evoked potentials and spontaneous electrocorticogram of pigs during exposure to gases', *Veterinary Journal*, 153(3), pp. 329–339. doi: 10.1016/s1090-0233(97)80067-6.

Reefmann, N. *et al.* (2009) 'Ear and tail postures as indicators of emotional valence in sheep', *Applied Animal Behaviour Science*, 118(3–4), pp. 199–207. doi: 10.1016/j.applanim.2009.02.013.

'Regulation (EU) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council' (no date) <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/eu-exit/https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019R1009>.

Roadknight, N. *et al.* (2021) 'Invited review: The welfare of young calves transported by road', *Journal of Dairy Science*, 104(6), pp. 6343–6357. doi: 10.3168/jds.2020-19346.

Rudebeck, P. H. and Rich, E. L. (2018) 'Orbitofrontal cortex', *Current Biology*. Cell Press, pp. R1083–R1088. doi: 10.1016/j.cub.2018.07.018.

Ruiz-De-La-Torre, J. L. *et al.* (2001) 'Effects of vehicle movements during transport on the stress responses and meat quality of sheep', *Veterinary Record*, 148, pp. 227–229. Available at: <http://veterinaryrecord.bmj.com/> (Accessed: 23 November 2021).

Sans, P. and F. (2009) 'Veal calf industry economics', *Revue Méd. Vét*, 160, pp.

420–424. Available at: <https://oatao.univ-toulouse.fr/3786/> (Accessed: 22 August 2021).

Santurtun, E. *et al.* (2015) 'Physiological and behavioral responses of sheep to simulated sea transport motions', *Journal of Animal Science*, 93(3), pp. 1250–1257. doi: 10.2527/jas.2014-8037.

Sañudo, C., Muela, E. and Del Mar Campo, M. (2013) 'Key Factors Involved in Lamb Quality from Farm to Fork in Europe', *Journal of Integrative Agriculture*, 12(11), pp. 1919–1930. doi: 10.1016/S2095-3119(13)60629-2.

Schiavenato, M. *et al.* (2008) 'Neonatal pain facial expression: Evaluating the primal face of pain', *Pain*, 138(2), pp. 460–471. doi: 10.1016/j.pain.2008.07.009.

Sepúlveda Wilmer S, Maza María T and Pardos Luis (2011) 'Aspects of quality related to the consumption and production of lamb meat. Consumers versus producers', *Meat Science*, 87(4), pp. 366–372. Available at: <https://sciencedirect.uam.elogim.com/science/article/abs/pii/S0309174010004055> (Accessed: 22 August 2021).

Sofia Pereira, Laura Teresa Hernandez Salazar and Matthias Laska (2021) 'Taste-induced facial responses in black-handed spider monkeys (*Ateles geoffroyi*)', *Behavioural Processes*, p. 104417. Available at: <https://sciencedirect.uam.elogim.com/science/article/pii/S0376635721001042> (Accessed: 27 May 2021).

Sousa, N. (2016) 'The dynamics of the stress neuromatrix', *Molecular Psychiatry*. Nature Publishing Group, pp. 302–312. doi: 10.1038/mp.2015.196.

Stewart, S. M. *et al.* (2018) 'Lamb loin tenderness is not associated with plasma indicators of pre-slaughter stress', *Meat Science*, 137, pp. 147–152. doi: 10.1016/J.MEATSCI.2017.11.029.

Stewart, S. M. *et al.* (2019) 'Feed deprivation in Merino and Terminal sired lambs: (2) the metabolic response under pre-slaughter conditions and impact on meat quality and carcass yield', *Animal: an international journal of animal bioscience*,

13(7), pp. 1468–1477. doi: 10.1017/S1751731118003075.

Sutherland, M. A. *et al.* (2016) 'Effect of pre-slaughter handling, exercise and the presence of a dog on lamb welfare and meat quality', *Animal*, 10(8), pp. 1360–1367. doi: 10.1017/S1751731116000197.

Tadich, N. *et al.* (2009) 'Effects of weaning and 48 h transport by road and ferry on some blood indicators of welfare in lambs', *Livestock Science*, 121(1), pp. 132–136. doi: 10.1016/j.livsci.2008.06.001.

Terlouw, C., Bourguet, C. and Deiss, V. (2016) 'Consciousness, unconsciousness and death in the context of slaughter. Part I. Neurobiological mechanisms underlying stunning and killing', *Meat Science*. Elsevier Ltd, pp. 133–146. doi: 10.1016/j.meatsci.2016.03.011.

Thomas, G. W. and Jordaan, P. (2013) 'Pre-slaughter mortality and post-slaughter wastage in bobby veal calves at a slaughter premises in New Zealand', *New Zealand Veterinary Journal*, 61(3), pp. 127–132. doi: 10.1080/00480169.2012.734374.

Thompson, J. M. *et al.* (1987) 'The effect of fasting on liveweight and carcass characteristics in lambs', *Meat Science*, 20(4), pp. 293–309. doi: 10.1016/0309-1740(87)90084-2.

Tortora, G. and Derrickson, B. (2013) *Principios de anatomía y fisiología*. 13th edn. Edited by Panamericana.

Trösch, M. *et al.* (2020) 'Horses feel emotions when they watch positive and negative horse–human interactions in a video and transpose what they saw to real life', *Animal Cognition*, 23(4), pp. 643–653. doi: 10.1007/s10071-020-01369-0.

United States Government, G. P. O. (2011) *Title 49–Section 80502–Transportation of Animals*. Available at: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2011-title49/pdf/USCODE-2011-title49-subtitleX-chap805-sec80502.pdf> (Accessed: 22 June 2021).

Vergara, H. and Gallego, L. (2000) 'Effect of electrical stunning on meat quality of lamb', *Meat science*, 56(4), pp. 345–349. doi: 10.1016/S0309-1740(00)00061-9.

De Waal, F. B. M. (2011) 'What is an animal emotion?', *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1(1224), pp. 191–206. doi: 10.1111/j.1749-6632.2010.05912.x.

Wathan, J. *et al.* (2015) 'EquiFACS: The equine facial action coding system', *PLoS ONE*, 10(8), p. e0131738. doi: 10.1371/journal.pone.0131738.

Winder, C. B., Kelton, D. F. and Duffield, T. F. (2016) 'Mortality risk factors for calves entering a multi-location white veal farm in Ontario, Canada', *Journal of Dairy Science*, 99(12), pp. 10174–10181. doi: 10.3168/jds.2016-11345.

Xing, X. *et al.* (2021) 'Contributions of prelimbic cortex, dorsal and ventral hippocampus, and basolateral amygdala to fear return induced by elevated platform stress in rats', *Brain Research*, 1761, p. 147398. doi: 10.1016/j.brainres.2021.147398.

Youn, D. H., Kim, T. W. and Cho, H. J. (2017) 'Pain in animals: Anatomy, physiology, and behaviors', *Journal of Veterinary Clinics*, 34(5), pp. 347–352. doi: 10.17555/jvc.2017.10.34.5.347.

Young, G. B. and Pigott, S. E. (1999) 'Neurobiological basis of consciousness', *Archives of Neurology*. American Medical Association, pp. 153–157. doi: 10.1001/archneur.56.2.153.

Zhong, R. Z. *et al.* (2011) 'The effects of road transportation on physiological responses and meat quality in sheep differing in age', *Journal of Animal Science*, 89(11), pp. 3742–3751. doi: 10.2527/JAS.2010-3693.

Zimmerman, M. *et al.* (2013) 'The effect of pre-slaughter stressors on physiological indicators and meat quality traits on Merino lambs', *Small Ruminant Research*, 111, pp. 6–9. doi: 10.1016/j.smallrumres.2012.12.018.