



UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA

Rector

Jaime Alberto Leal Afanador.

Vicerrectora Académica y de Investigación

Constanza Abadía García.

Vicerrector de Medios y Mediaciones Pedagógicas

Leonardo Yunda Perlaza.

Vicerrector de Desarrollo Regional y Proyección Comunitaria

Leonardo Evemeleth Sánchez Torres.

Vicerrector de Servicios a Aspirantes, Estudiantes y Egresados

Edgar Guillermo Rodríguez Díaz.

Vicerrector de Relaciones Internacionales

Luigi Humberto López Guzmán.

Decana Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Julialba Ángel Osorio.

Líder Nacional de Investigación

Juan Sebastián Chiriví Salomón

Líder de investigación de Escuela

Yolvi Prada Millán

MORFOFISIOLOGIA ANIMAL CONDUCTENTE A CONOCER LA FISIOLOGIA, TERMOREGULACION Y STRESS EN LA PRODUCCION PECUARIA

Angélica Beatriz Herazo Portillo
angelica.herazo@unad.edu.co

Alvaro Vicente Araujo Guerra
alvaro.araujo@unad.edu.co
ORCID.org/0000-0002-5562-8474

Ficha Bibliográfica Diligencia por Biblioteca

Título: Morfofisiología animal, conducente a conocer la fisiología, termoregulación y stress en la producción pecuaria

Autores: Alvaro Vicente Araujo Guerra, Angelica Beatriz Herazo Portillo

Grupo de Investigación: ZOBIOS.

Escuela de CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE

DOI: <https://doi.org/10.22490/notas.3499>

©Editorial
Sello Editorial UNAD
Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Calle 14 sur No. 14-23
Bogotá D.C

Edición No. 1

Año 2019.

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons - Atribución – No comercial – Sin Derivar 4.0 internacional. https://co.creativecommons.org/?page_id=13.



TABLA DE CONTENIDO.

Resumen.

Palabras Clave

1. Introducción

2. Campos Teóricos del taller.

2.1. Eventos fisiológicos que ocurren durante el trabajo animal

2.1.1. Indicadores fisiológicos.

2.1.1.2. Temperatura Corporal

2.1.1.3. Hemograma

2.1.1.4. Bioquímica Sérica

2.2. Mecanismos de termorregulación existentes en animales de producción

2.2.2. Regulación central

2.2.1. Sensaciones térmicas Aferentes

2.2.3. Respuestas Eferentes.

2.2.4. Disipación del calor

2.2.4.1. La radiación.

2.2.4.2. La conducción

2.2.4.3. La convección

2.2.4.4. Evaporación

2.2.5. Conservación de calor

2.2.6. Indicadores de estrés térmico

2.2. 7. Respuestas adaptativas de los animales domésticos al estrés

2.2.8. Etapas para la resolución ante un agente estresante

2.2.8.1. Reacción de alarma.

2.2.8.2. Estado de resistencia

2.2.8.3. Estado de agotamiento

3. Conclusiones

4. Bibliografía.

Lista de Graficas.

Figura 1. El Equino, animal de trabajo sometido al estudio fisiológico.

Figura 2. Modificaciones de los parámetros fisiológicos en los animales

Figura 3. Sensaciones térmicas aferentes en los animales.

Figura 4. Regulación central en los animales.

Figura 5. Respuestas eferentes en los animales.

Figura 6. Disipación del calor en los animales

Figura 7. Mecanismo de conservación del calor en los animales.

Figura 8. Canino liberando exceso de calor por estrés calórico en una escala de jadeo de 2.5.

Resumen

Contextualización del Tema. La Fisiología como disciplina estudia las adaptaciones de los animales que les capacitan para existir en ambientes muy diferentes. La termorregulación o regulación de la temperatura es la capacidad que tiene un organismo biológico para modificar su temperatura dentro de ciertos límites, incluso cuando la temperatura circundante es bastante diferente del rango de temperaturas-objetivo. B).

Campo de la investigación. Profundizar sobre los mecanismos y respuestas fisiología del trabajo animal, abordando la termorregulación y estrés en los animales de importancia zotécnica dentro del curso de Morfofisiología animal, impartido por la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuaria y Medio Ambiente (ECAPMA) del programa de Zootecnia C.

Propósito del estudio: El desarrollo del taller de morfofisiología animal que se aplica en este curso dará respuesta a las preguntas relacionadas con los eventos fisiológicos que ocurren durante el trabajo animal, tipos de mecanismos de termorregulación existentes en animales de producción y las respuestas adaptativas de los animales domésticos al estrés. D. **Metodología seguida en el estudio:** Se desarrollo una actividad didáctica que se enfoca en la dimensión de la formación disciplinar en donde el Docente orienta al estudiante en la discusión y elaboración de respuestas conducente al enfoque problémico e investigativo de la enseñanza de esta ciencia. E. **Resultados**

obtenidos. El bienestar y la supervivencia de los individuos se ven amenazados por cambios ambientales; para restablecer la homeostasis y lograr adaptarse, el organismo pone en marcha respuestas colectivas de estrés. Estas respuestas están mediadas por circuitos interconectados del sistema límbico frontal, hipotálamo y cerebro, donde la liberación final de glucocorticoides asegura el aporte de energía mediante movilización de glucosa. F. **Conclusiones.** El desempeño productivo en los animales es directamente afectado por los factores climáticos de su entorno productivo, particularmente la temperatura ambiental, la humedad relativa, la radiación solar y la velocidad del viento, los que en su conjunto afectan su balance térmico.

Palabras Clave: Características animales, confort animal, esfuerzo térmico, manipulación de animales, Regulación fisiológica, salud animal.

1. Introducción

El Desarrollo de Taller de Morfofisiología animal es una actividad didáctica que se orienta en la dimensión de la formación disciplinar en donde el Docente orienta al estudiante en la discusión y elaboración de respuestas conducente al enfoque problémico e investigativo de la enseñanza de las ciencias, dando respuesta a las preguntas expuestas en él, relacionando los eventos fisiológicos que ocurren durante el trabajo animal, tipos de mecanismos de termorregulación existentes en animales de producción y las respuestas adaptativas de los animales domésticos al estrés. Pérez (2013) afirma que la Fisiología Animal estudia el acondicionamiento de los animales que los prepara para existir en ambientes muy disimiles.

Existen mecanismos que regulan la producción y pérdida de calor de un organismo. "En este sentido la termorregulación es un sistema complejo encargado de mantener constante la temperatura" (Cedeño, 2011, p. 20). Tradicionalmente se han clasificado a los animales como homeotermos (con temperatura corporal constante) o poiquilotermos (con temperatura corporal variable). Sin embargo, estos términos no son precisos para muchos animales; por ejemplo, algunos mamíferos (típicamente homeotermos), pueden tener temperaturas corporales no estables. Este vocablo se aplica para señalar las diversas etapas que se suceden en los procesos para mantener el equilibrio entre los beneficios y disminución de calor. Así mismo algunos autores sostienen "que es de gran relevancia el conocer las categorías que conserva las temperaturas idóneas, como también las temperaturas apreciativas y sus indicadores verificables, conductuales y bioquímicos, como también los procesos y articulación para su mitigación en los sistemas de producción pecuaria" Plazas *et al.*, 2001, p.148).

Para restablecer el equilibrio homeostático y lograr ajustarse, el organismo pone en desarrollo replicas colectivas de estrés, para mantener de esta forma la holgura y la conservación de los individuos, los cuales se ven amenazados por cambios climáticos, en consecuencia como lo sostiene Koscinczu (2016) que las respuestas están mediadas por circuitos interconectados del sistema límbico frontal, hipotálamo y cerebro, donde la liberación final de glucocorticoides asegura el aporte de energía mediante movilización de glucosa.

En tal sentido, el objetivo principal de este taller es profundizar sobre los mecanismos y respuestas fisiología del trabajo animal, abordando la termorregulación y estrés en los animales de importancia zootécnica dentro del curso de Morfofisiología animal, impartido por la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuaria y Medio Ambiente (ECAPMA) del programa de Zootecnia.

2. Campos Teóricos del taller.

2.1 Eventos fisiológicos que ocurren durante el trabajo animal

Pearson (2003) sostiene que el animal de trabajo puede ser conceptualizado como una "máquina" que convierte energía química en energía mecánica. Al mismo tiempo, otras funciones como el mantenimiento, crecimiento y la producción de leche compiten por la provisión de energía. La conversión de la energía química en mecánica se logra en los tejidos musculares. El éxito con el cual el animal lleva a cabo este proceso dependerá de su capacidad para proveer de energía a los tejidos y de su utilización. Por lo tanto, "un entendimiento de la fisiología del trabajo puede ayudar a los investigadores a brindar información a los productores para lograr la

mejor utilización de los animales de trabajo que tengan disponibles” (Pearson, 2003, p.95).

El ejercicio al que son sometidos los animales de trabajo como cualquier actividad física genera cambios a nivel orgánico, en especial el trabajo de tiro el cual implica fuerza y resistencia por periodos prolongados. Los dos principales componentes fisiológicos del trabajo de los organismos superiores son el sistema nervioso (central y periférico) y el sistema musculo-esquelético (incluyendo el sistema articular), así como el músculo de los órganos. Vergara (2014) sostiene que el sistema nervioso es el encargado de transmitir los impulsos que determinan el trabajo tanto de la musculatura esquelética como del músculo liso visceral.

El caballo es el único animal de trabajo grande en el que las respuestas fisiológicas y metabólicas al ejercicio graduado han sido estudiadas en detalle (Figura 1). “ Las observaciones han mostrado que el caballo, debido a ciertas ventajas fisiológicas tiene probablemente la mayor capacidad para el trabajo físico de todos los animales domésticos. La ventaja del caballo sobre otros animales de trabajo reside en su habilidad única de aumentar grandemente la capacidad de transporte de oxígeno de su sangre durante el ejercicio. El caballo es capaz de almacenar en su bazo, de un tercio a una mitad de su volumen total de glóbulos rojos. La contracción esplénica ocurre en respuesta al ejercicio, elevando las concentraciones de hematocrito y de hemoglobina, y los números totales de glóbulos rojos circulantes pueden incrementar hasta 50%”. (Pearson, 2003, p.99).



Figura 1. El Equino, animal de trabajo sometido al estudio fisiológico.

2.1.1. Indicadores fisiológicos



Figura 2. Modificaciones de los parámetros fisiológicos en los animales.

Los cambios que se suceden en los parámetros fisiológicos de los animales durante las respuestas del estrés, se originan por el incremento de la intensidad de los ejes hipotálamo-hipofisiario-adrenocortical y simpático-adrenomedular, los cuales nos informa de los parámetros fisiológicos más utilizados en las constantes fisiológicas y parámetros sanguíneos como son frecuencia cardiaca, temperatura corporal, biometría hemática y bioquímica sérica respectivamente. (Figura 2).

2.1.1.1. Frecuencia Cardiaca. Una taquicardia se produce por un estímulo estresante por la derivación de las catecolaminas y como lo referencian Broom *et al.*, (1993) sostienen que los cambios que se

sucedan en esta constante fisiológica son en la mayoría de los casos ocasionados por un incremento de la actividad física o por un mal manejo de los animales.

Las aminohormonas, también se designan como catecolaminas que son biomoléculas que se dispersan en el torrente sanguíneo (además de las hendiduras sinápticas, como corresponde a los neurotransmisores). Son un grupo de elementos que incluyen la adrenalina, la noradrenalina y la dopamina, haciéndolo más sencillo o menos complicada a partir del aminoácido tirosina. Estas sustancias se pueden originar en las glándulas suprarrenales, ejerciendo una actividad hormonal, o en las terminaciones nerviosas, por lo que se consideran neurotransmisores. Cannon (1914) define que el precursor de todos ellos es la tirosina, que se utiliza como origen en las neuronas catecolaminérgicas (productoras de catecolaminas).

2.1.1.2. Temperatura Corporal.

De Moura *et al.*, (2002) refieren que la gran mayoría de los principales indicadores ambientales son factores que ocasionan estrés sobre el organismo, así mismo los resultados de esta reacción pueden estimarse por medio del comportamiento de las constantes fisiológicas que cambian a causa de la tensión ambiental a la que el animal está sometido. Marlin, (2006) afirma que estos cambios son evidentes en las modificaciones orgánicas a las que recurre el organismo para evitar la condición del estrés térmico

El confort y el aire que rodea a un animal, provoca el normal funcionamiento de los procesos fisiológico, por lo tanto "cuando existen mecanismos físicos en el cual la piel caliente disipa su calor hacia el aire más fresco del ambiente que lo rodea, se produce una disminución del

mismo. Por ende, cuando la temperatura corporal desciende, la temperatura ambiente es superior al rango de confort, y cuando el calor circula en dirección inversa esta aumentara por encima de la temperatura corporal” (Mansilla, 1996, p.11).

Mendoza *et at.* (2003) aducen que cuando la temperatura es muy baja, el calor que se origina en el organismo fluye hacia el ambiente externo, lo que desencadena incomodidad y reducción de la producción, pero cuando el suministro alimenticio es suficiente entonces el animal estará en capacidad de mantener su temperatura corporal en escalas de supervivencia.

Se ha demostrado que el aumento de la producción de sudor no puede ser indefinidamente al igual que la frecuencia respiratoria, ya que esto es limitado por la humedad del aire y por consiguiente la cantidad de líquido emitido se evapora, por ello, la temperatura corporal aumenta a niveles superiores de los normales afectando al sistema de termorregulación donde su funcionamiento no será el adecuado (Berbigier, 1988)

En concordancia con esto, inferimos que los animales en determinadas situaciones tales como transporte y agrupamientos, originan signos en la corteza adrenal por marcada actividad de esta, lo mismo que si se activa la glándula adrenal provoca activación de factores estresantes como el frio, calor, estímulos sociales o ejercicio muscular. (Hahn *et al.*, 2003).

Al valorar el grado de estrés agudo en los animales, se evidencia un aumento en la temperatura corporal, considerado entonces como un criterio cualitativo (Grandin, 1997). En mención a esto, Lusk (1989) afirma que en algunos casos cuando son sometidos a situaciones de estrés y a pesar de que la temperatura corporal es generada por las contracciones musculares, la asimilación de los alimentos y los procesos metabólicos se

desarrolla otro proceso denominado hipertermia inducida por estrés, la cual está relacionada con la actividad del sistema simpático-adenomedular y del eje hipotálamo-hipofisiario- adrenocortical

2.1.1.3. Hemograma. Keller *et al.*, (1983) manifiestan que una supresión de la respuesta inmunológica en los animales es inducida por el Cortisol. Así mismo, se ha demostrado que el estrés disminuye el número de linfocitos denominados [células-B, células-T], y células asesinas naturales (killers cells), pero este efecto es reversible eliminando las glándulas adrenales. Otras variables que se manifiestan en el cuadro hemático por estrés en animales de transporte son el porcentaje de hematocritos, la concentración de globulos rojos y de hemoglobina Ali *et al.*, (2006), de igual forma se aumentan los niveles del número de plaquetas y el animal se ve afectado a causa de la contracción esplénica (Jain, 1993).

2.1.1.4. Bioquímica Sérica: El estrés puede inducir una respuesta de fase aguda (Maes *et al.*,1997). Durante esta fase, las concentraciones séricas de un grupo de proteínas conocidas como "Proteínas de Fase Aguda" cambian rápidamente. La mayoría de las proteínas de fase aguda se sintetizan en el hígado, siendo su producción regulada principalmente por citoquinas proinflamatorias (IL-6, TNFa) y cortisol (Baumann *et al.*, 1994) ; (Gabay *et al.*, 1999). Las proteínas de fase aguda se dividen en dos grupos: a) proteínas de fase aguda positivas, que son las que aumentan sus concentraciones luego de la respuesta de fase aguda: haptoglobina, proteína reactiva C, amiloide sérico A, fibrinógeno, Pig-MAP, y ceruloplasmina; b) proteínas de fase aguda negativas, que son las que disminuyen sus concentraciones luego de la respuesta de fase aguda, como la albúmina sérica, la transferrina, y la proteína transportadora de la hormona tiroidea. La magnitud y el tipo de cambio, así como la cinética

de la respuesta de las proteínas de fase aguda varía entre especies y con el tipo de daño que se produzca en el organismo (Petersen *et al.*, 2004). Murata *et al.*, (2004) han sugerido que las proteínas de fase aguda pueden ser usadas como indicadores bioquímicos de bienestar animal. Otro indicador bioquímico de alteración del bienestar animal es el incremento de la concentración sérica de creatinquinasa. Esta proteína se encuentra mayoritariamente en las células musculares y frente a una lesión o excesiva actividad muscular se libera a la sangre (Akatas *et al.*, 1993).

2.2. Mecanismos de termorregulación existentes en animales de producción

Los Mecanismos fisiológicos se desencadenan en tres fases, los cuales se desarrollan de manera prioritaria frente a muchas otras actividades, tales como sensaciones térmicas aferentes, regulación central y respuestas eferentes. En contraposición, la regulación de la temperatura corporal en los animales ectodermos está vinculada directamente a la disponibilidad de la radiación solar la cual varía temporal y espacialmente.

2.2.1 Sensaciones térmicas Aferente.



Figura 3. Sensaciones térmicas aferentes en los animales.

Plazas, *et al.*, (2011) señalan que las sensaciones son captadas por termorreceptores ubicados en las diferentes capas dérmicas de la piel de los animales (Figura 3). Estos receptores cutáneos tienen la capacidad de captar las variaciones del medio ambiente enviando estímulos sensitivos a las áreas sensoriales corticales e hipotálamo. (Álvarez, *et al.*, 1987).

Existen termorreceptores ubicados a nivel abdominal, medula espinal y conductos venosoarteriales, de igual forma en la zona preóptica hipotalámica es captada la temperatura interna mediante la circulación sanguínea propia de la zona

2.2.2 Regulación central



Figura 4. Regulación central en los animales.

La variable de temperatura o cambios de esta, produce respuestas a estímulos externos, estos son generados en la región del hipotálamo-Tálamo, es la estructura más voluminosa de la zona, se origina en el diencefalo (división del prosencéfalo en el embrión), ubicada en el centro del cerebro, encima del hipotálamo y separado de este por el surco hipotalámico de Monroe. Es en esta parte, donde se permite la regulación de la temperatura corporal en pequeñas decimas de grados. Esta regulación central es de gran importancia en la primera etapa de vida libre, ya que algunas alteraciones como aumento de la edad o presencia de patologías promueven un tipo de respuestas. (Figura 4).

En este proceso se da una disminución de calor dada por excitación de las neuronas vasomotoras, se produce vasoconstricción cutánea, se genera polierección por excitación de las neuronas simpáticas pilomotoras, cuando hay una disminución de la sudoración se presenta una inhibición de las neuronas simpáticas sudomotoras, cuando existe una excitación de neuronas simpáticas se aumenta el metabolismo basal, los temblores musculares se activan por la excitación de las neuronas somatomotoras, y por el aumento de la hormona liberadora de tirotrópina se aumenta la producción de hormona tiroidea. En caso de un aumento de térmico corporal, las reacciones son opuestas. (Plazas, *et al.*, 2011).

2.2.3 Respuestas Eferentes.

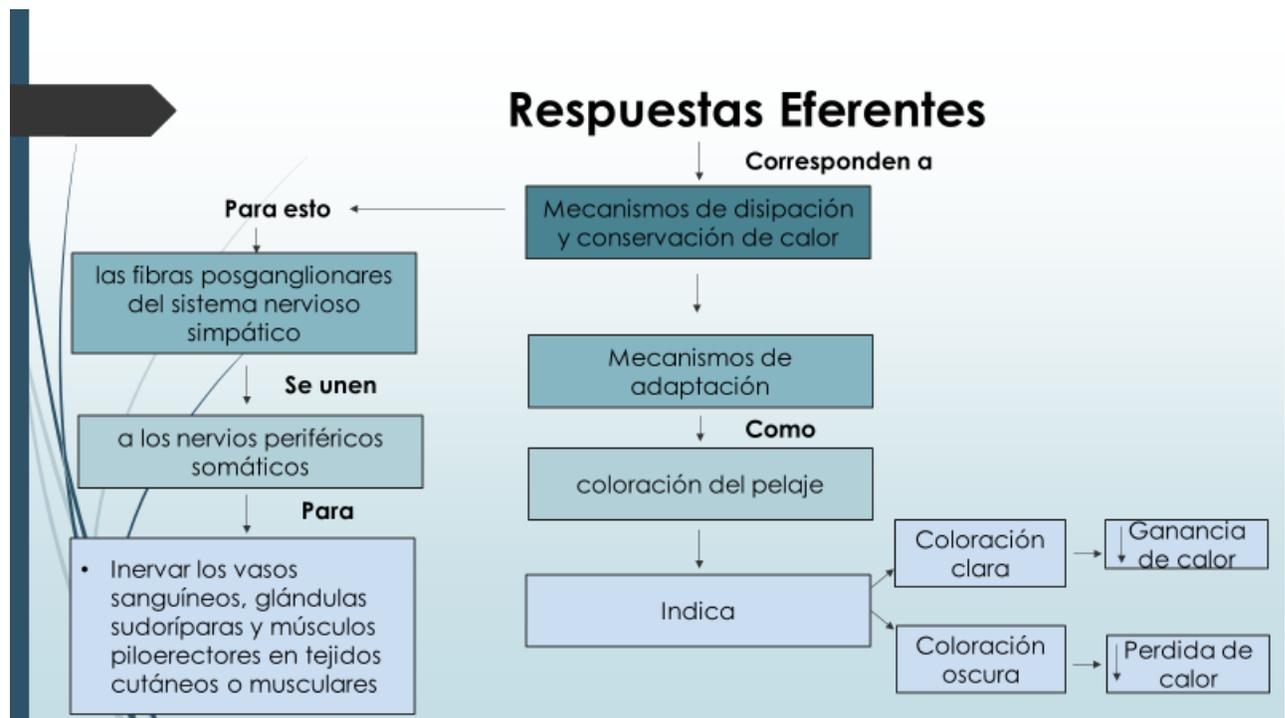


Figura 5. Respuestas eferentes en los animales.

Plazas, *et al.*, (2011) definen que el tipo de respuesta aferentes corresponden a mecanismos de disolución y conservación de calor. Para que ocurra este proceso las fibras posganglionares del sistema nervioso simpático se unen a los nervios periféricos somáticos para inervar los vasos sanguíneos, glándulas sudoríparas y músculos piloerectores en tejidos cutáneos o musculares, como se evidencia en la Figura 5.

Sin embargo, algunas teorías sobre el cambio de la coloración del pelaje indican que los animales recurren a ella en caso de comportamientos defensivos o sexuales (Arias, *et al.*, 2008). También se ha comprobado que estas variaciones de color pueden aparecer en mecanismos adaptativos a temperaturas ambientales, esto quiere decir que a coloración clara la ganancia de calor es menor mientras que en coloraciones oscuras disminuye la pérdida del mismo. Otro factor protector de los mamíferos es un pigmento llamado melanina, este protege al organismo contra los rayos ultravioleta

2.2.4. Disipación del calor



Figura 6. Disipación del calor en los animales.

En la figura 6, se observa un grupo de bovinos en donde nos señala que existen mecanismos que permiten disipar el calor tales como la radiación, conducción, convección y evaporación permitiéndole al animal un mejor estado de confort, los cuales se describen a continuación.

2.2.4.1. La radiación. Es la disminución de calor dada por radiaciones térmicas o calóricas, transformada por la superficie corporal del animal, en el caso de los bovinos, aunque se proporcione sombrero en su pastoreo este no elimina por completo el impacto del calor ambiental, pero si disminuye la carga calórica proporcionando un mejor bienestar. Los parámetros reproductivos pueden afectarse más en épocas secas debido a que el suministro alimenticio no cumple con los requerimientos nutricionales para el animal. (Plazas, *et al.*, 2011).

2.2.4.2. La conducción. Se refiere a la transferencia de calor ya sea por contacto con el aire, agua entre otros. "Esto se da gracias al intercambio energético entre las moléculas del cuerpo hacia las moléculas que están a mayor temperatura, ocasionando una vibración rápida entre ellas, chocando con las de temperaturas más bajas, transfiriendo parte de su energía". (Richard, *et al.*, 2003, p. 226).

Cuando la temperatura ambiente es inferior a la del cuerpo, la transferencia ocurre desde el cuerpo al ambiente (pérdida). De lo contrario, la transferencia es invertida (ganancia). Normalmente, la pérdida de calor es del 3% es este proceso cuando la temperatura ambiente es normal. Mientras que cuando el medio circulante es agua, la transferencia aumenta considerablemente dado que el coeficiente de transmisión térmica del agua es mayor que el aire. Destacando que el flujo de calor por gradiente es el fundamento físico de la transferencia de energía calorífica entre moléculas. (Plazas, *et al.*, 2011).

2.2.4.3. La convección. Es el intercambio de calor por el viento. La transferencia de calor que ocurre dependerá de la densidad, calor y humedad relativa al que es expuesto el animal y a las características superficiales sobre las que incurre el aire. En este caso, el viento es de gran ayuda ya que reduce los efectos de estrés calórico durante las épocas de verano o periodos secos mejorando los procesos de disipación del calor por medio de la evaporación. (Plazas, *et al.*, 2011).

2.2.4.4. Evaporación. Este mecanismo es característico de los animales endodermos, donde se presenta pérdida del calor mediante la evaporación a través de la piel por sudoración y del jadeo mediante el sistema respiratorio, en el cual la vasodilatación cutánea activa y la transpiración es el mecanismo de defensa contra el calor. (Plazas, *et al.*, 2011)

2.2.5. Conservación de calor



Figura 7. Mecanismo de conservación del calor en los animales

(Plazas, *et al.*, 2011) plantean que existen mecanismos que inducen la conservación del calor tales como los cambios de comportamientos y posición de posturas, la activación del sistema nervioso simpático alfa adrenérgico, liberación de acetilcolina y vasoconstricción cutánea. (Figura 7).

Los animales vertebrados tienden a buscar zonas térmicas que les proporcionen una temperatura de confort, mediante desplazamientos y diferentes formas de obtención de alimentos. Este comportamiento se designa como preferencias térmicas, sin embargo, cuando las zonas térmicas varían pueden desencadenar cierto grado de estrés en el organismo. Se pueden presentar casos de hipertermias cuando las respuestas termorreguladoras disminuyen. Influyen en esto factores como la edad, disminución de la masa muscular por aplicación de algunos medicamentos, enfermedades neuromusculares o suministro de relajantes musculares que inhiben los escalofríos o las contracciones involuntarias termorregulatorias, que individualmente o en conjunto incrementan el nivel de la temperatura ambiente mínima tolerable (Plazas, *et al.*, 2011).

2.2.6. Indicadores de estrés térmico



Figura 8. Canino liberando exceso de calor por estrés calórico en una escala de jadeo de 2.5.

El término “estrés calórico” se ha empleado para indicar un estado en el que un animal está respondiendo a situaciones de temperatura anormalmente elevadas (Muñoz, 2014).

Puede definirse como el punto en el que un animal no es capaz de disipar una cantidad suficiente de calor que le permita mantener el equilibrio térmico corporal. (Diéguez, 2017). Debido a los cambios climáticos, los animales han tenido que adaptarse a condiciones extremas temperatura llevándolos al límite de sus capacidades productivas. Una herramienta útil para evaluar el estrés calórico en los animales es la escala de jadeo, que es una herramienta visual práctica desarrollada para evaluar el estado actual de los animales y el riesgo a sufrir estrés por calor, no requiere de

equipo tecnificado y su respuesta depende de la temperatura ambiente a la que son expuestos (Figura 8).

Para hacer seguimiento del estrés calórico se deben tener en cuenta parámetros como la temperatura corporal y la tasa de respiración (la cual es menor bajo sombrero), destacando que cada individuo ya sea de la misma especie y que estén expuestos a las mismas condiciones ambientales maneja diferente respuesta termorreguladora (Plazas, *et al.*, 2011).

2.2. 7. Respuestas adaptativas de los animales domésticos al estrés

Los animales domésticos, sean de compañía (perros y gatos), de producción (bovinos, ovinos, caprinos, camélidos, cerdos, aves) o de trabajo (equinos, burros, bueyes) diariamente enfrentan a estímulos ambientales. Estos cambios alteran la homeostasis afectando no sólo el bienestar sino también la supervivencia de los individuos y de las especies. Las respuestas de estrés generadas para hacer frente a estos cambios, permiten mantener el delicado equilibrio de los diferentes órganos y sistemas y supone la activación coordinada del sistema nervioso autónomo y neuroendocrino.

2.2.8. Etapas para la resolución ante un agente estresante

2.2.8.1. Reacción de alarma.

La adaptación frente a la amenaza es manejada por el sistema pituitario adrenocortical, que mantiene un alto grado metabólico y de glucosa en la sangre, además de bajos niveles de libido y eventualmente decremento los niveles del sistema inmune. (Duval, *et al.*, 2010).

2.2.8.2. Estado de resistencia.

Si el estrés persiste, se continua en esta fase, donde el incremento de estas hormonas estimula la medula adrenal y liberación de catecolaminas; en este estadio, el cuerpo se moviliza para defenderse de sí mismo. (Sanmiguel, *et al.*, 2018).

2.2.8.3. Estado de agotamiento. Si aún persiste el estrés en este estado o su durabilidad es muy prolongada, el organismo desarrolla un estado de agotamiento donde el depósito de las reservas adaptativas se vuelve escasas, lo cual deriva un desajuste fisiológico y el cuerpo se vuelve vulnerable a la enfermedad (Bell, *et al.*, 1982)

3. Conclusiones

El desempeño productivo en los animales es directamente afectado por los factores climáticos de su entorno productivo, particularmente la temperatura ambiental, la humedad relativa, la radiación solar y la velocidad del viento, los que en su conjunto afectan su balance térmico. Dichos efectos pueden ser pronosticados y minimizados mediante el adecuado uso de la información disponible, que incluye la genética del animal, el clima, el manejo productivo y el manejo nutricional. La implementación de medidas de mitigación debe considerar tanto los elementos productivos y de bienestar como también los factores económicos.

4. Bibliografía

- Alvarez Díaz, A., Pérez, H., De la Cruz Martín, T., Quincosa, J., Pompa, A., & Torres, E. (1987). Fisiología Animal Básica.
- Ali, .H., Al-Qarawi, A. & Mousa. M. (2006). Stress associated with road transportation in desert sheep and goats, and the effect of pretreatment with xylazine or sodium betaine. Res. Vet. Sci. 80: 343-348
- Arias, RA, Mader, TL, & Escobar, PC. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Archivos de medicina veterinaria, 40(1), 7-22.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2008000100002>
- Akatas, M., D. Auguste, H.; Lefebvre, P.; Toutain J.& Braun.P. (1993): Creatine kinase in the dog: a review. Vet. Res. Commun. 17: 353–369
- Baumann, H. & Gauldie, J. (1994). The acute phase response. Immunol.
- Berbigier, P. (1988).. Bioclimatologie des ruminants domestiques en zone tropicale. Ed. INRA Publ., Paris, 237 págs.
- Bell, P., & Green, T. (1982). Thermal stress: physiological, comfort, performance and social effects of hot and cold
- Broom, .M & Jhonson, . G (1993). Stres and animal welfare. Chapman & Hall, London. 211 pp. Recuperado de <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/indicadores-fisiologicos-estres-ganaderia-t28777.htm>

- Cannon, .B. (1914). The emergency function of the adrenal medulla in pain and the major emotions. *Am. J. Physiol.* 33: 356-372. Recuperado de http://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/bienestar_en_general/67-indicadores.pdf
- Cedeño, A. J. R. (2011). Efecto del estrés calórico en el bienestar animal, una revisión en tiempo de cambio climático. *Revista ESPAMCIENCIA* ISSN 1390-8103, 2(1), 15-25.
- Diéguez. J. (2017). Revisión sobre el estrés calórico en ganadería. Departamento de Anatomía, Producción Animal y Ciencias Clínicas Veterinarias. Universidad de Santiago de Compostela. Recuperado de: http://www.revistaganaderia.com/sanidad/sanidad-animal/revision-sobre-el-estres-calorico-en-ganaderia_9127_111_11369_0_1_in.html
- De Moura, D., Maia, A., Vercellino, R., Medeiros, B., Sarubbi, J., Griska, P. (2010). Uso da termografía infravermelha na análise da termorregulacao de cavalo em treinamento
- Duval, F., González, F., & Rabia, H. (2010). Neurobiología del estrés. *Revista chilena de neuro-psiquiatría*, 48(4), 307-318
- Farfán, C. (2011). Indicadores Fisiológicos de estrés en Ganadería Bovina, Recuperado de: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/indicadores-fisiologicos-estres-ganaderia-t28777.htm>
- Grandin, T. (1997). Evaluación del estrés durante el manejo y transporte. *J Anim Sci*, 75, 249-257

- Hahn GL, TL Mader, RA Eigenberg. (2003). Perspectives on development of thermal indices for animal studies and management. Proc Symp Interactions between climate and animal production, EAAP Technical series N° 7, Pp 31-44
- Jain, C. (1993). Essentials of Veterinary Hematology, Lea and Febiger. Philadelphia, Pennsylvania, 417 pp.
- Koscinczuk, P. (2016). Ambiente, adaptación y estrés. Revista veterinaria, 25(1), 67-76. Recuperado de <http://revistas.unne.edu.ar/index.php/vet/article/view/555>
- Maes, M., Hendriks,D; Van Gastel, A; Demedts,P; Wauters,A; Neels,H; Janca, A & Scharpé. S. (1997).. Effects of psychological stress on serum immunoglobulin, complement and acute phase protein concentrations in normal volunteers. Psychoneuroendocrino. 22: 397-409
- Mansilla V. (1996).. Estudio preliminar de algunas variables climáticas sobre la eficiencia reproductiva en vacas Holstein Friesian en la Provincia de Ñuble. Tesis, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- Marlin, D. (2006). Thermoregulation in the horse at rest and during exercise. Associate dean for research, Hartpury College, Hartpury, Gloucester, UK.

- Mendoza, D; Pinos, M; Ricalde,R; Aranda,M; & Rojo. R. (2003). Modelo de simulación para estimar el balance calórico de bovinos en pastoreo. *Interciencia*. 28, 202-207.
- Muñoz, R. (2014). Bienestar animal. *Spei Domus*, 10(20), 31-40.
- Murata, H.,Shimada N; & Yoshioka.M. (2004).. Current research on acute phase proteins in veterinary diagnosis: an overview. *Vet. J.* 168:28-40.
- Pérez, H. (2013). *Fisiología animal II*.
- Pearson, A. (2003). Implicaciones fisiológicas del trabajo en animales de tracción. *Investigation en Animales de Trabajo Para El Desarrollo Rural*, 95.
- Petersen,H.,P. Nielsen & Heegaard. H. (2004). . Application of acute phase protein measurements in veterinary clinical chemistry. *Vet. Res.* 35: 163-187
- Plazas, S., & Ávila, D. (2011). Mecanismos fisiológicos de la termorregulación en animales de producción. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 4(1). Recuperado de <http://revistas.ut.edu.co/index.php/ciencianimal/article/view/147/148>.
- Richard W. Hill, Gordon A. Wyse (2003). *Fisiología Animal*. Ed. Médica Panamericana.
- Sanmiguel Plazas, R. A., Plazas Hernández, F. A., Trujillo Piso, D. Y., Rubio, P., del Rocío, M., Peñuela Sierra, L. M., & DiGiacinto, A. (2018). Requerimientos para la medición de indicadores de estrés invasivos y no

invasivos en producción animal. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 29(1), 15-30.

Vergara; B. (2014). Estudio del efecto de la carga de trabajo en equinos de tiro urbano sobre variables fisiológicas y sanguíneas en condiciones de campo. Recuperado de [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/132156/Estudio-del-efecto-de-la-carga-de-trabajo-en-equinos-de-tiro-urbano-sobre-variable-fisiol%
c3%
b3gicas-y-sangu%
c3%
adneas-en-condiciones-de-campo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/132156/Estudio-del-efecto-de-la-carga-de-trabajo-en-equinos-de-tiro-urbano-sobre-variable-fisiol%c3%b3gicas-y-sangu%c3%adneas-en-condiciones-de-campo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

