

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LA ARBORIZACIÓN EN SISTEMAS DE PASTOREO RACIONAL SOBRE EFECTO DEL ESTRÉS CALÓRICO EN VACAS

Bibliographic review of arborization in rational grazing systems on the effect of heat stress on cows

Jacinto Alex Roca Cedeño, <https://orcid.org/0000-0001-9065-7126>

Jhon Carlos Vera Cedeño, <https://orcid.org/0000-0001-7651-1825>

Freddy Antonio Coveña Rengifo, <https://orcid.org/0000-0002-1691-3571>

Ramón Tobías Rivadeneira García, <https://orcid.org/0000-0002-8634-4386>

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, Ecuador

*Autor para correspondencia. email aroca@espam.edu.ec

Para citar este artículo: Roca Cedeño, J. A., Vera Cedeño, J. C., Coveña Rengifo, F. A. y Rivadeneira García, R. T. (2023). Revisión bibliográfica de la arborización en sistemas de pastoreo racional sobre efecto del estrés calórico en vacas. *Maestro y Sociedad*, 20(4), 959-966. <https://maestrosociedad.uo.edu.cu>

RESUMEN

Introducción: En el trópico se han valorado y ejecutado diversos sistemas de pastoreo vacuno, con sus diferentes niveles de intensificación y de éxito, el cual depende siempre del ajuste de las condiciones edafoclimáticas, condicionadas al tipo de animal, así como también a los diferentes tipos o cultivos de pastos y al nivel de insumos que se utilicen. **Materiales y métodos:** Se realizó una investigación bibliográfica a partir de varios autores de libros, revistas y artículos científicos que reporten información pertinente al trabajo en desarrollo, también se solicitó apoyo técnico de los facilitadores e investigadores de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”. **Resultados:** Los sistemas silvopastoriles implican el uso de árboles en sistemas de pasturas, se establecen con el objetivo beneficios como el mejoramiento de la fertilidad del suelo a través del ciclaje de nutrientes y la fijación de nitrógeno realizada por algunas especies, regulación del balance hídrico al conservar agua y reducir la evaporación, fijación de CO₂ y reducción del estrés calórico de los animales a través del efecto de la sombra al generar microclimas en las áreas de pastoreo, los cuales permiten a los animales mantenerse en ambientes con temperaturas dentro o cerca de zona de termoneutralidad. **Discusión:** Los sistemas de pastoreo vacuno en el trópico, sobre todo en el Ecuador, han pasado de la eficiencia productiva a la baja productividad. En mucho tiene que ver el cambio climático con la reducción de los niveles de respuesta productiva. **Conclusiones:** La arborización en sistemas de pastoreos se direcciona a un enfoque sostenible y multifuncional que busca integrar la producción animal con la biodiversidad y la mitigación del cambio climático, éstos pueden variar en diseño y composición según las condiciones locales y los objetivos de los productores ganaderos.

Palabras clave: sistemas de pastoreo vacuno, arborización, estrés calórico, sistemas silvopastoriles.

ABSTRACT

Introduction: In the tropics, various cattle grazing systems have been valued and implemented, with their different levels of intensification and success, which always depends on the adjustment of the edaphoclimatic conditions, conditioned to the type of animal, as well as the different types. or pasture crops and the level of inputs used. **Materials and methods:** A bibliographic research was carried out from several authors of books, magazines and scientific articles that report information pertinent to the work in progress, technical support was also requested from the facilitators and researchers of the Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Felix Lopez. **Results:** Silvopastoral systems involve the use of trees in pasture systems, with the objective of establishing benefits such as improving soil fertility through nutrient cycling and nitrogen fixation carried out by some species, regulation of water balance by conserve water and reduce evaporation, CO₂ fixation and reduction of heat stress of animals through the effect of shade by generating microclimates in grazing areas, which allow animals to remain in environments with temperatures within or near the zone of thermoneutrality. **Discussion:** Beef grazing systems in the tropics, especially in Ecuador, have gone from

productive efficiency to low productivity. Climate change has a lot to do with the reduction in productive response levels. Conclusions: Tree planting in grazing systems is aimed at a sustainable and multifunctional approach that seeks to integrate animal production with biodiversity and climate change mitigation. These can vary in design and composition according to local conditions and the objectives of livestock producers.

Keywords: cattle grazing systems, arborization, heat stress, silvopastoral systems.

Recibido: 7/6/2023 Aprobado: 25/8/2023

INTRODUCCIÓN

En el trópico se han valorado y ejecutado diversos sistemas de pastoreo vacuno, con sus diferentes niveles de intensificación y de éxito, el cual depende siempre del ajuste de las condiciones edafoclimáticas, condicionadas al tipo de animal, así como también a los diferentes tipos o cultivos de pastos y al nivel de insumos que se utilicen. Entre las variantes de pastoreo que permiten mayor control del tiempo de pastoreo se encuentran, entre otras, el Pastoreo Racional Voisin, el Pastoreo en Células o de corta duración y el Pastoreo Intensivo Tecnificado (Álava y Muñoz, 2020).

El Pastoreo Racional Voisin (PRV) es una tecnología agroecológica para la producción intensiva de alimentos limpios que tiene como base las leyes universales del pastoreo (Voisin, 1994) y el manejo integral agroecológico, sin uso de agrotóxicos, ni de fertilizantes solubles y sin agredir los suelos con pases de arado (Ojeda y Domínguez 2020). Milera *et al.* (2019) afirman que los estudios del científico francés André Voisin en clima templado y los argumentos tomados de los aportes científicos de años anteriores en Alemania y otros países, le permitieron enunciar los principios fundamentales para el manejo de los pastos, lo cual ha sido el cimiento para la mejora de los sistemas de pastoreo que se implementan en la actualidad en el trópico, y que han mejorado las cuatro leyes formuladas por Voisin, que a continuación se exponen:

Las dos primeras leyes se relacionan con el pasto y las dos restantes con el animal. En las enunciadas para el manejo del pasto el principio más importante es el reposo entre un pastoreo y otro para alcanzar la máxima productividad, y el tiempo de ocupación por los animales de un cuartón (Milera *et al.*, 2019, p. 4).

Según la Empresa de Distribución Eléctrica Noreste de Panamá (EDENP) (2017), arborizar significa llenar de árboles un determinado sitio y destaca que “los árboles y arbustos son de gran importancia ya que filtran el aire cálido y lo refrescan al cruzar su copa” (p. 1), destacando la importancia de los árboles tanto para el campo como para la ciudad, y en esta investigación la importancia de las sombras en el desarrollo sostenible de la agricultura y por ende de la ganadería.

Según la Fundación Gondwana para el desarrollo sostenible (FGDS) (2012) los árboles en la naturaleza forman parte del ecosistema que mayor importancia tiene debido a las innumerables funciones ecológicas que realizan, y que naturalmente aportan a la estabilidad del medio ambiente, sin embargo, y a pesar de todos los beneficios conocidos de la arborización, en las áreas agrícolas se han realizados talas masivas de árboles, con lamentables consecuencias entre ellas el menoscabo de la productividad y la mecanización de grandes cantidades de tierra, dejando a un lado los beneficios que a la naturaleza dan y por tanto la estabilidad y productividad de los sistemas agrarios.

Además, esta Fundación agrega que una vez deforestadas grandes cantidades de áreas agrícolas, ahora se valoriza el uso de los árboles y arbustos, con los beneficios ecológicos que estos aportan entre los que se señalan la protección y fertilidad del suelo, un clima moderado, microclimas estables, plantas con crecimiento efectivo, ciclo del agua regular, incremento de la humedad, disminución de la evapotranspiración de los sustratos inferiores, y otros que favorecen definitivamente la agricultura y la ganadería.

Este estudio tiene como objetivo realizar una revisión bibliográfica la arborización en sistemas de pastoreo racional flexible sobre el estrés calórico en vacas mestizas

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo de investigación se desarrolló en dos áreas de pastoreo de Unidad de Docencia, Investigación y Vinculación (UDIV) Pastos Forrajeros de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López” (ESPAM-MFL), en la ciudad de Calceta, cantón Bolívar provincia de Manabí ubicada en el kilómetro 2.5; sitio el Limón-Campus Politécnico en Ecuador.

Se realizó una investigación bibliográfica a partir de varios autores de libros, revistas y artículos científicos que reporten información pertinente al trabajo en desarrollo, también se solicitó apoyo técnico de los facilitadores e investigadores de la ESPAM-MFL. Utilizando el método analítico a través de este método se realizó el análisis bibliográfico de las variables descomponiendo las dimensiones en elementos básicos referentes a los sistemas de pastoreo y la implementación de sistemas arbóreos en el trópico seco ecuatoriano.

RESULTADOS

La definición de sistemas agroforestales a medida que ha evolucionado la naturaleza y el ecosistema, ha ido cambiando en el tiempo, y actualmente incluye aspectos relacionados con la combinación de las especies arbóreas de la familia de las leguminosas, con otras especies tanto animales como vegetales. Esta contextualización proviene de las primeras definiciones, formuladas entre 1977 y 1979, son atribuidas a varios autores, entre los que se encuentran Bane, Bael, Cote, Combe y Budowski (Pérez y Huerta, 2002).

Continuando con lo dicho por los mismos autores los sistemas agroforestales pueden ser conceptualizados como una serie de sistemas y tecnologías del uso de la tierra, en las que se combinan árboles con cultivos agrícolas y/o pastos, en función del tiempo y el espacio, para incrementar y optimizar la producción en forma sostenida. Los sistemas agroforestales pueden ser clasificados en grupos, dependiendo de los aspectos estructurales y funcionales: Sistemas agrosilviculturales, sistemas silvopastoriles y sistemas agrosilvopastoriles.

La agroforestería (AF) se puede definir como una estrategia antrópica inducida que convierte a los agroecosistemas en más sustentables. Los SSP forman parte de la agroforestería, y son agroecosistemas en los que se asocia deliberadamente un componente arbóreo con uno herbáceo (pasturas naturales o mejoradas) y otro pecuario (ganado) en un mismo sitio, de manera que existan interacciones biológicas entre ambos con el objetivo de maximizar el uso de la tierra (Russo, 2015).

Los sistemas silvopastoriles (SSP) provienen de la mezcla de algunas especies vegetales (gramíneas, leguminosas, leñosas perennes y árboles) con la mezcla de la ganadería, que combinados benefician abundantemente al medio ambiente y a la producción agrícola y ganadera, tales como la reducción de insumos externos y apoya en la fijación del nitrógeno a nivel de suelo, que bien llevados y aplicados generan en el animal comodidad y confort, debido a que reducen el estrés calórico, y que directamente van a generar reducción en los ciclos productivos y mejora la calidad de la dieta de los animales (Sotelo *et al.*, 2017).

La implementación de árboles en sistemas de producción tropical actúa de manera positiva cuando se trata de disminuir el estrés calórico, en la que se destaca la formación de microclimas en las áreas de pastoreo, que, sin duda, aportan ambientes adecuados generalmente dentro o cerca de la zona de termoneutralidad, y que ayudan a los animales a sentirse comfortable. Bajo la copa de los árboles se ha encontrado reducciones de temperatura entre 2 a 9° C con relación a la encontrada en áreas abiertas (Alexander, 2010).

Giraldo (1996, citado por Santana y Valencia, 1998), describe el silvopastoreo como “un sistema biológico-abiológico en desarrollo dinámico y constante” (p. 5). Su evolución comprende diferentes etapas, destacándose especialmente por la evaluación de sus componentes, que de manera preponderante están en estructura y composición del suelo, así como también a “animales, árboles, pasto base, flora, fauna aérea y del suelo, reciclaje de nutrientes, producción animal y sus derivados, factores abióticos, antrópicos, entre otros de carácter socio-económico” (Alonso, 2011, p. 108).

Según el Ministerio de Agricultura de República Dominicana (2016) las estrategias silvopastoriles tienen muchas ventajas. Las ventajas sobrepasan por mucho las desventajas. A continuación, se presentan los beneficios más importantes de estos sistemas.

El algarrobo (*Prosopis juliflora*) es un árbol bastante grande, que generalmente mide entre 5 a 6 metros de alturas, pero que, sin embargo, pueden llegar a medir hasta 10 metros de altura, su característica principal es que de dioico y de follaje perenne, con hojas paripinnadas de entre 10 y cm de largo, con flores pequeñas y sin pétalos, que terminan en un fruto llamado algarroba o garrofa, de sabor dulce y agradable, y cuyas semillas son comestibles y que además sirven como forraje (Vallejo *et al.*, 1994).

El Algarrobo es una especie que puede ser utilizada para mejorar dos aspectos fundamentales del funcionamiento del ecosistema que actúan limitando el crecimiento de las plantas: el ciclo de nutrientes, especialmente el nitrógeno y el ciclo hídrico esto favorece en un mejor rendimiento de biomasa forrajera la cual garantiza en épocas de sequía la disponibilidad de alimento verde y con una buena composición bromatológica (Botero y Botero, 1996).

Según Bernuy (2003, citado por González *et al.*, 2017) afirma que los cultivos de tipo *Prosopis* ayudan al cuidado y reparación de los ecosistemas destruidos ya que estas pueden desarrollarse en zonas como esta y contribuir en la fijación de nitrógeno haciendo que esta sea una especie vital para las poblaciones que desarrollen la agricultura.

Factores que generan estrés en el ganado

De manera natural los animales presentan una actitud de alerta y reaccionan ante cualquier estímulo novedoso que observan o escuchan; es un comportamiento innato que le permite sobrevivir en estado libre, en animales de producción los generadores de estrés pueden ser divididos en factores físicos, sociales y las prácticas relacionadas con el manejo (Odeón y Romera, 2017).

El estrés fruto de un mal manejo, puede ocasionar una disminución en el funcionamiento del sistema inmunológico de los animales de granja. Esto se debe a que el estrés inhabilita la actividad del sistema inmunitario por medio de la supresión activa de los glucocorticoides (cortisol). La eficiencia de la respuesta de los anticuerpos y de la inmunidad celular se puede afectar cuando se someten los animales a condiciones difíciles o estados de discomfort (Buestán, 2011).

Entre los factores más frecuentes tenemos, entrenamiento del personal, esquila, destete, transporte, cambios de potrero, arreos largos y apresurados, ordeño, vacunación (Odeón y Romera, 2017).

Factores ambientales tales como una mayor radiación solar, una temperatura por encima de la zona de confort térmico para el ganado, combinados con alta humedad relativa, generan un incremento de la carga calórica animal, que resulta en lo que se conoce como estrés calórico. La preocupación por este tema va en aumento, no solo por los productores debido a la disminución en la producción, sino también por los consumidores debido a las condiciones en que se maneja el ganado, con consecuencias como la rentabilidad de la actividad ganadera, principalmente porque afecta la ganancia de peso y los niveles de producción en el animal (Odeón y Romero, 2017).

Los bovinos son homeotermos es decir que posee la capacidad de mantener constante la temperatura corporal arbitrariamente de cuál sea la temperatura ambiental. Para ello cuenta con mecanismos fisiológicos que principalmente son el sistemas cardíaco y respiratorio. Así, vemos que en días calurosos logra adaptarse si dispone de sombra y agua fresca; sin embargo, cuando ocurren olas de calor combinación de altas temperaturas y elevada humedad relativa la de regulación de temperatura afecta negativamente el desempeño productivo de las vacas en ordeño, ya sea disminuyendo la cantidad y/o la calidad de la leche (Muñoz *et al.*, 2013).

El estrés calórico ha sido estudiado por muchos años, pero el parámetro más comúnmente usado es el Índice Temperatura/Humedad (ITH), que proviene de las mediciones meteorológicas y no de los cambios que ocurren en el organismo de la vaca (López *et al.*, 2021). En los resultados del mismo autor, “demuestra que el THI es un parámetro confiable, si no para calcular el estrés fisiológico, sí para saber indirectamente el estrés que puede provocar el clima y tomar decisiones en las explotaciones de ganado lechero” (p. 2).

De la misma manera, se reflejó en el estudio de Da Costa *et al.* (2015), en cuanto a la clasificación (ITH), donde valores iguales o inferiores a 70 se consideran normales y el animal se encuentra en confort térmico, entre 70 y 72 se considera en alerta, por encima de 72 a 78 está alerta y crítico para la producción de leche, por encima de 78 a 82 es el estado de peligro, y por encima de 82 el estado de emergencia.

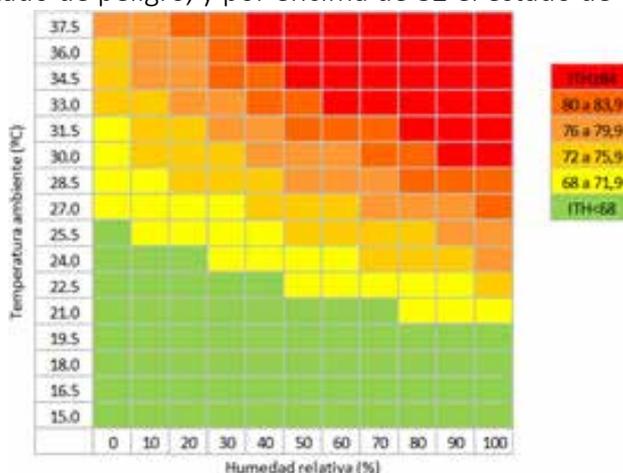


Fig. 1 Escala de ITH

Fuente. Armstrong, DV. 1994

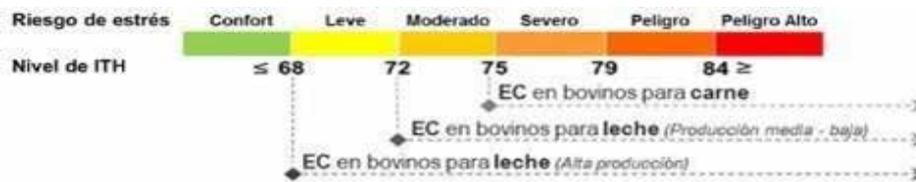


Fig. 2 Niveles de afectación del ITH

Marcadores fisiológicos del estrés

El estrés es un indicador de la pérdida de bienestar animal y es definido como la acción de estímulos nerviosos y emocionales provocados por el ambiente sobre los sistemas nervioso, endocrino, circulatorio y digestivo de un animal, produciendo cambios medibles en los niveles funcionales de estos sistemas (Romero *et al.*, 2011).

Ante el estrés los bovinos como en la mayoría de los mamíferos exhiben la respuesta del sistema simpático-adreno-medular (SAM), una vía de liberación de catecolaminas como adrenalina, noradrenalina y dopamina en menor medida, esta influencia recíproca interviene en “una amplia variedad de sistemas corporales, aumentando la actividad cardíaca, la presión arterial y la frecuencia respiratoria, así como disminuyendo la motilidad del tracto gastrointestinal” (Sierra, 2019, p. 102). Siendo estos cambios fisiológicos determinantes en la respuesta emergente de salida del animal a los factores estresantes a los que se encuentran inmerso.

En los resultados que reflejó el estudio de Da Costa *et al.* (2015) dice que, para estimar el estrés térmico, se utiliza la temperatura rectal y frecuencia respiratoria, que son los parámetros más adoptados para medir el confort y la adaptabilidad. En este contexto, la frecuencia cardíaca (FC) es un parámetro que puede ser influenciado por otros estresores además del estrés térmico, por ejemplo, el temperamento, que en el caso de las razas Bos indicus que son bastante nerviosa, interfiriendo directamente con FC aumentada en el momento de la aproximación para la medición.

Los cambios metabólicos y fisiológicos ante estados de estrés calórico están constituidos por acrecentamiento de la temperatura corporal, frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca, también se presenta sudoración, vasodilatación y alteración en el estatus ácido-básico en el animal. Estos cambios caracterizan la respuesta ante situaciones de estrés, Bajo la pérdida de eficiencia para perder calor, se activan mecanismos de respuesta. Se ha demostrado que el aumento de la frecuencia respiratoria es un mecanismo eficiente para perder calor en situaciones de estrés calórico (Barragán *et al.*, 2015).

Todos los factores tomados en cuenta anteriormente desempeñan un papel en la liberación de radicales libres y provocan la generación de un estado de estrés oxidativo. Como lo afirma Salguero (2009), la producción de radicales libres causados de la alteración de las membranas celulares, es una secuela del aumento del consumo de oxígeno que induce estrés oxidativo, las células producen continuamente los radicales libres y la especie reactiva del oxígeno (ROS) como parte de procesos metabólicos. El aumento de ritmo físico puede producir un desequilibrio entre el ROS y los antioxidantes, que se refiere como tensión oxidativa.

DISCUSIÓN

Los sistemas de pastoreo vacuno en el trópico, sobre todo en el Ecuador, han pasado de la eficiencia productiva a la baja productividad. En mucho tiene que ver el cambio climático con la reducción de los niveles de respuesta productiva (Álava y Muñoz, 2020). En lo que respecta al rango térmico de confort, según Iruira y Bravo (2019) “es de 5°C a 25°C para ganado lechero y -5°C a 29°C para ganado carne. Fuera de estos rangos los animales activan mecanismos fisiológicos que permiten la sobrevivencia de estos, pero con un impacto sobre la productividad” (p. 64).

Según Mariños (2019) “el estrés calórico es causa de disminución en la producción de leche en vacunos porque en este periodo de tiempo se logró observar que mientras más intensidad de temperatura mayor pérdida” (p. 15).

El establecer sistemas que trabajen con el complejo suelo-planta-animal-hombre, y además perdurables en el tiempo, es imperativo para la ciencia en el trópico ecuatoriano. Como los trabajos desarrollados por Roca (2017) en el establecimiento de niveles adecuados de arborización en los sistemas vacunos del sur ecuatoriano, constituyeron un avance importante en el camino hacia la mejora de los niveles productivos de forma sustentable.

En los sistemas de pasturas tradicionales que existen, los animales son afectados en sus respuestas fisiológicas y productivas y por ende en el plano de la nutrición, relativamente al estar expuestos permanentemente al ambiente, especialmente cuando se trata de variaciones en cantidad y calidad de pasturas y cultivos, siendo estos los principales componentes de la alimentación, más aún en los meses cálidos cuando el ambiente que combina la temperatura debido a la alta radiación solar y la humedad del aire, lo que provoca la reducción de la productividad de los rodeos (Saravia, 2009).

Según García *et al.* (2018), es inminente el incremento de la temperatura rectal y la tasa de respiración, como una forma de responder naturalmente al estrés calórico que se genera en los animales, y como estrategia para eliminar el exceso de calor suelen abandonar el pastoreo y refugiarse bajo las sombras que encuentren y de esta manera mantener el balance térmico.

CONCLUSIONES

Los sistemas silvopastoriles implican el uso de árboles en sistemas de pasturas, se establecen con el objetivo beneficioso como el mejoramiento de la fertilidad del suelo a través del ciclaje de nutrientes y la fijación de nitrógeno realizada por algunas especies, regulación del balance hídrico al conservar agua y reducir la evaporación, fijación de CO₂ y reducción del estrés calórico de los animales a través del efecto de la sombra al generar microclimas en las áreas de pastoreo, los cuales permiten a los animales mantenerse en ambientes con temperaturas dentro o cerca de zona de termoneutralidad.

La arborización en sistemas de pastoreos se direcciona a un enfoque sostenible y multifuncional que busca integrar la producción animal con la biodiversidad y la mitigación del cambio climático, éstos pueden variar en diseño y composición según las condiciones locales y los objetivos de los productores ganaderos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Álava, M., y Muñoz, J. (2020). Perfeccionamiento de sistemas de pastoreo vacuno en el trópico seco ecuatoriano. Programa semillero de investigadores ESPAM MFL.
2. Alexander, N. (2010). Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. *Revista de Medicina Veterinaria*, (19), 113-122. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-93542010000100010&lng=en&lng=es.
3. Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(2), 107-115. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193022245001.pdf>
4. Armstrong, D. (1994). Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of dairy science*, 77(7), 2044-2050.
5. Barragán, W, Mahecha, L. y Cajas, Y. (2015). Variables Fisiológicas-Metabólicas de Estrés Calórico en Vacas Bajo Silvopastoreo y Pradera sin Árboles. *Agronomía Mesoamericana*, 26(2), 211-223. <https://dx.doi.org/10.15517/am.v26i2.19277>
6. Betancourt, K., Ibrahim, M., Harvey, C. A. y Vargas, B. (2003). Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua. *Revista Agroforestería en las Américas*, 10(39-40) 47-50.
7. Botero, R. y Botero, L. (1996). Manejo de praderas y cobertura arbóreas con ganado de doble propósito. ed 2. Panamericana.
8. Buestán, P. (2011). fisiología del estrés y sus efectos sobre la reproducción de la hembra bovina. Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/3044/1/mv182.pdf>
9. Da Costa, A. N. L., Feitosa, J. V., Montezuma, P. A., de Souza, P. T., y de Araújo, A. A. (2015). Rectal temperatures, respiratory rates, production, and reproduction performances of crossbred Girolando cows under heat stress in northeastern Brazil. *International Journal of Biometeorology*, 59(11), 1647–1653. doi:10.1007/s00484-015-0971-4
10. Empresa de Distribución Eléctrica Noreste de Panamá. (2017). Guía de arborización en áreas cercanas a líneas eléctricas. https://www.ensa.com.pa/sites/default/files/guia_de_arborizacion_final_pdf_0.pdf
11. Fundación Gondwana para el desarrollo sostenible. (2012). Principales especies y características para la arborización de las zonas agrarias. Formato PDF. <https://miradaverde.files.wordpress.com/2012/10/funcion-de-arboles-bosques.pdf>
12. Gálvez Cerón, A. L., Apráez Guerrero, J. E., Apráez Muñoz, J. J. y Ruales España, F. R. (2019). Implementación y

evaluación de un sistema silvopastoril en el chocó biogeográfico colombiano. *Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 11(2), 129-142. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/513/5132514008/>

13. García, F., Pezo, D. e Ibrahim, M. (2018). El uso de la sombra de árboles para atenuar el efecto del estrés calórico en el ganado. *Engormix*. <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/uso-sombra-arboles-%20%20%20%20atenuar-t42646.htm>

14. Ghiano, J. E. J., Leva, P. E., Walter, E. G., Taverna, M. A., Toffoli, G. D. y García, M. S. (2016). Mitigación del estrés calórico en vacas lecheras en un clima subhúmedo. *Revista FAVE*, 15(1), 1-10. <https://doi.org/10.14409/fa.v15i1.5872>

15. Gonzales, M. Hormazbal, M. y Salina, A. (2017). Efectos de técnicas de establecimiento sobre el desarrollo inicial de plantaciones de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz) en la zona central de Chile. *Ciencias e investigación forestal*, 23(3), 43-56. <https://revista.infor.cl/index.php/infor/article/view/485/492>

16. Hernández, W. A. B., Cruz, J. B., López, A. Z., Espitia, P. A. y Cardozo, J. (2019). Estrés calórico y conteo de dípteros hematófagos en sistemas silvopastoriles de estratos múltiples. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 751-765.

17. Iraira, S. y Bravo, R. (2019). Determinación de estrés calórico en el sector lechero. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias*, 415, 63 -70. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6836/NR41962.pdf>

18. Kássio, J., *et al.* (2018). Oportunidades y desafíos para los sistemas silvopastoriles en Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)*, 54(209), 26-41. <http://dx.doi.org/10.29155/vet.54.209.4>

19. López, E., Albarrán, F., Ramírez, J., Bañuelos, B. y Cruz, A. (2021). Índice de Temperatura y Humedad (THI) respaldado por el cortisol capilar en ganado lechero para la medición de estrés calórico crónico. *Nova scientia*, 13(27), 1-15. <https://doi.org/10.21640/ns.v13i27.2811>

20. Mariños, L. (2019). Efecto del estrés calórico en la producción de vacunos de leche, raza Holstein en el establo "Santa Cecilia" Huanchaco. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/13463/Mari%C3%B1os%20Cusquisiban,%20Luciana.pdf>

21. Milera, M. Machado, R. Alonso, O. Hernández, M. y Sánchez, S. (2019). Pastoreo racional intensivo como alternativa para una ganadería baja en emisiones. *Pastos y Forrajes*, 42(1), 3-12. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000100003&lng=es&ytng=p

22. Ministerio de Agricultura de República Dominicana. (2016). Establecimiento y uso de en República Dominicana Sistemas Silvopastoriles. Santo Domingo, República Dominicana. <http://repositorio.iica.int/handle/11324/3018>

23. Muñoz, G., Rondelli, F., Maiztegui, L., Gherardi, S., Tolini, F., Fernández, G., y Celoria, F. (2013). Efectos de la ola de calor sobre la vaca Holando Argentino en el Módulo Tambo de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNR. *Agromensajes*, 36, 8-12. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/221-efecto_calor.pdf

24. Odeón, M. M. y Romera, S. A. (2017). Estrés en ganado: causas y consecuencias. *Revista veterinaria*, 28(1), 69-77. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-68402017000100014&lng=es&ytng=es.

25. Ojeda, A. y Domínguez, O. (2020). Pastoreo Racional Voisin, ruta agroecológica sustentable en suelos ácidos-arenosos de baja fertilidad natural. *Centro Agrícola*, 47(2), 41-53. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852020000200041&lng=es&ytng=pt

26. Peña, R., Fariña, S., Pla, M. y La Manna, A. (2021). Efecto del estrés calórico en Vacas Holstein bajo un sistema de ordeño pastoril voluntario (Robot): 2 Comportamiento Animal. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 29(Supl 1), 67-68. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/16202/1/2950-Article-Text-10068-5-10-20211213-09.pdf>

27. Pérez, J., y Huerta, I. (2002). Agroforestería y ética ambiental en la gerencia de sistemas de producción. *Revista Venezolana de Gerencia*, 64-74. <https://www.redalyc.org/pdf/290/29071705.pdf>

28. Ray, J. V. (2015). Sistema de pastoreo racional para la producción de leche con bajos insumos en suelo Vertisol I. Editorial Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov.

29. Roca Cedeño, J. A. (2011). Efecto del estrés calórico en el bienestar animal, una revisión en tiempo de cambio climático. *Revista ESPAMCIENCIA*, 2(1), 15-25. http://190.15.136.171/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/39

30. Roca Cedeño, J. A. (2021). *Prosopis juliflora* (Sw.) DC.: efecto en indicadores del pastizal y el comportamiento de vacas lecheras en pastoreo en Carrizal-Chone, Ecuador. Editorial Académica Española.

31. Roca Cedeño, J. A. *et al.* (2014). Influencia de *Prosopis juliflora*: en composición botánica del pastizal, producción de leche y conducta de vacas mestizas en pastoreo. *Revista de Producción Animal*, 26(1).

32. Roca Cedeño, J. A., Lascano Armas, P. J., Arcos Álvarez, C. N., Cueva Salazar, N. M., Molina Molina, E. J., Curbelo Rodríguez, L. M., Guevara Viera, R. V., Guevara Viera, G. E., Hernán Chancusing, F., Torres Inga, C. S., Nieto Escandón, P.

E., Serpa García, G. V. (2018). Balance forrajero, de energía y nitrógeno en pastizales arborizados con Algarrobo (*Prosopis juliflora* (S.W.) DC.) bajo pastoreo de vacas lecheras. *Revista de Producción Animal*, 30(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-79202018000100006&script=sci_arttext&tlng=pt

33. Roca Cedeño, J. A., Lascano Armas, P. J., Arcos Álvarez, C. N., Sánchez Santana, E. Z., Guevara Viera, R. V., Vera Cedeño, J. C., Serpa García, V. G., Iñiguez Gutiérrez, C. U., Guevara Viera, G. E. y Curbelo Rodríguez, L. M. (2016). Influencia del algarrobo en la conducta y producción de leche de vacas en pastoreo. I. Periodo de Seca. *Revista de Producción Animal*, 28(1), 1-9. <https://core.ac.uk/download/pdf/268092189.pdf>

34. Roca Cedeño, J. A., Vera Cedeño, J. C., Guevara Viera, R. V., del Toro Ramírez, A., Guevara Viera, G. E., Lemoine Quinteros, F., Curbelo Rodríguez, L. M. y Soto Senra, S. A. (2014). Influencia de *Prosopis juliflora*: en composición botánica del pastizal producción de leche y conducta de vacas mestizas en pastoreo. *Revista de Producción Animal*, 26(1). <https://core.ac.uk/download/pdf/268092288.pdf>

35. Roca Cedeño, J. A., Vera Cedeño, J. C., Guevara Viera, R. V., Flores de Valgas Rodríguez, A. M., Brito Donoso, F., Guevara Viera, G. E. y Soto Senra, S. A. (2014). Efecto del por ciento de leguminosas, tiempo de reposo y calidad estimada del pastizal en respuesta productiva de vacas lecheras en pastoreo. *Revista de Producción Animal*, 26(1). <https://core.ac.uk/download/pdf/268092289.pdf>

36. Roca Cedeño, J. A., Vera Cedeño, J. C., Rivera Legton, C. A. y Brito Donoso, F. J. (2020). La nutrición de rumiantes en la zona norte de Manabí en la formación de estudiantes de Ingeniería Agropecuaria y Medicina Veterinaria. *Maestro y Sociedad*, 17(3), 571-581. <https://maestroysociedad.uo.edu.cu/index.php/MyS/article/download/5225/4738>

37. Romero Peñuela, M. H., Uribe-Velásquez, L. F., y Sánchez Valencia, J. A. (2011). Biomarcadores de estrés como indicadores de bienestar animal en ganado de carne. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-95502011000100007&lng=en&tlng=es

38. Russo, R. O. (2015). Reflexiones sobre los sistemas silvopastoriles. *Pastos y Forrajes*, 38(2), 131-168. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942015000200001&lng=es&tlng=es

39. Salguero, J. (2009). Los radicales libres en la actividad física y en el deporte. *Revista Digital el deporte*, (139). <https://www.efdeportes.com/efd139/los-radicales-libres-en-la-actividad-fisica.htm>

40. Saravia, C. (2009). Efecto del estrés calórico sobre las respuestas fisiológicas y productivas de vacas holando y jersey. [Tesis de Magister de la Universidad de la República de Uruguay]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1791/1/0026sar.pdf>

41. Sierra, C. A. (2019). Indicadores de bienestar en bovinos del trópico: una visión desde el estrés y el eje hipotalámico-pituitario-adrenal. *Revista veterinaria*, 30(2), 101-114. <https://dx.doi.org/10.30972/vet.3024143>

42. Sotelo, M., Suarez, J., Alvarez, F., Castro, A., Calderon, V., y Jacobo, A. (2017). Sistemas sostenibles de producción ganadera en el contexto amazónico. Editorial CIAT. <https://ccafs.cgiar.org/es/resources/publications/sistemas-sostenibles-de-produccion-ganadera-en-el-contexto-amazonico>

43. Vallejo, M. y Oveido, F. (1994). Características botánicas, usos y distribución de los principales árboles y arbustos con potencial forrajero de América Central. Editorial CATIE. <https://smallruminants.ces.ncsu.edu/wp-content/uploads/2017/07/Arboles-y-Arbustos-Forrajeros-en-America-Central.pdf?fw=no>

44. Voisin, A. (1994). Productividad de la hierba. *Hemisferio Sur*, XXXIII.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.