



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN
Y SERVICIO EN ZOOTECNIA

POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

**INDICADORES DE BIENESTAR EN VACAS LECHERAS EN PASTOREO
CON ACCESO A SOMBRA ARTIFICIAL**

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

Presenta:

MARISOL ORTIZ TEXON

Bajo la supervisión de: **RICARDO D. AMÉNDOLA MASSIOTTI, Ph.D.**



APROBADA



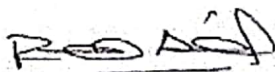
Chapingo, Estado de México, junio de 2021

**INDICADORES DE BIENESTAR EN VACAS LECHERAS EN PASTOREO
CON ACCESO A SOMBRA ARTIFICIAL**

Tesis realizada por **MARISOL ORTÍZ TEXON** bajo la supervisión del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

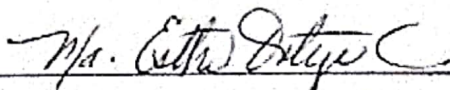
DOCTOR EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

DIRECTOR:



Ph.D. Ricardo Daniel Améndola Massiotti

ASESOR:



Ph.D. María Esther Ortega Cerrilla

ASESOR:



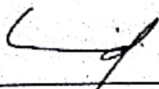
Dr. Juan Andrés Burgueño Ferreira

ASESOR:



Ph.D. Rodolfo Ramírez Valverde

LECTOR



EXTERNO:

Ph.D. Lucía Améndola Saavedra

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS.....	IV
LISTA DE FIGURAS.....	V
AGRADECIMIENTOS.....	VI
DATOS BIOGRÁFICOS	VII
RESUMEN GENERAL.....	VIII
GENERAL ABSTRACT	IX
1 INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
2 SOMBRA Y BIENESTAR DE VACAS LECHERAS EN PASTOREO BAJO CONDICIONES DE CLIMA TEMPLADO	5
2.1 RESUMEN.....	6
2.2 INTRODUCCIÓN.....	7
2.3 ESTRÉS TÉRMICO Y BIENESTAR ANIMAL.....	9
2.4 EFECTOS DE LA SOMBRA EN VACAS LECHERAS EN PASTOREO.....	12
2.4.1 RESPUESTAS FISIOLÓGICAS	12
2.4.2 RESPUESTA CONDUCTUAL	16
2.4.3 PRODUCCIÓN DE LECHE	25
2.5 CONCLUSIONES	27
2.6 LITERATURA CITADA	28
3 COMPORTAMIENTO DE PASTOREO DE VACAS LECHERAS CON ACCESO A SOMBRA.....	38
3.1 RESUMEN.....	39
3.2 INTRODUCCIÓN.....	40
3.3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
3.5 CONCLUSIONES	55
3.6 AGRADECIMIENTOS.....	56
3.7 LITERATURA CITADA	56
4 CONCLUSIÓN GENERAL.....	60

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Temperatura corporal, frecuencia respiratoria y niveles de cortisol en vacas sin (NS) y con (S) sombra.	35
Cuadro 2. Tiempo de pastoreo, descanso y rumia de vacas sin (NS) y con (S) sombra.	36
Cuadro 3. Producción de leche de vacas sin (NS) y con (S) sombra.	37
Cuadro 4. Uso de sombra (min) por vacas lecheras en pastoreo, durante los días de evaluación en diferentes periodos y turnos del día en mayo y octubre.	46
Cuadro 5. Niveles de significancia del comportamiento de pastoreo para vacas con o sin acceso a sombra para los turnos T2, T3 y T4, en el mes de mayo.	48
Cuadro 6. Niveles de significancia del comportamiento de pastoreo para vacas con o sin acceso a sombra para los turnos T2, T3 y T4, en el mes de octubre.	49
Cuadro 7. Medias de mínimos cuadrados para variables de comportamiento de pastoreo (min) en vacas con o sin acceso a sombra durante diferentes turnos del día en mayo.	51
Cuadro 8. Medias de mínimos cuadrados para variables de comportamiento de pastoreo (min) en vacas con o sin acceso a sombra durante diferentes turnos del día en octubre.	52

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Radiación solar registrada en diferentes turnos del día en los cinco días de muestreo en mayo y octubre; ITH calculado para diferentes turnos del día en los cinco días de muestreo en mayo y octubre. 44
- Figura 2. Comportamiento de vacas en pastoreo durante los periodos diurno y nocturno de vacas sin (NS) y con acceso a sombra (S). 54

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, que fue mi segundo hogar durante muchos años.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por brindarme el apoyo económico para la conclusión de mis estudios de doctorado.

A los profesores del Departamento de Zootecnia y del Posgrado en Producción Animal, por su apoyo para concretar un nivel más en mi preparación profesional.

Un agradecimiento especial al Dr. Ricardo D. Améndola Massiotti por confiar en mí, apoyarme y dirigirme hacia la conclusión de esta meta. Agradezco a los Dres. María Esther Ortega Cerrilla, Juan Andrés Burgueño Ferreira, Rodolfo Ramírez Valverde y Lucía Améndola Saavedra, por su valiosa asesoría en el planteamiento, análisis de datos y redacción de este documento. Y al Dr. Daniel M. Weary, Professor & NSERC Industrial Research, Chair in Animal Welfare, Faculty of Land and Food Systems of the University of British Columbia, por su apoyo y asesoría en mi estancia académica.

Al equipo de trabajo del Módulo de Producción de Leche en Pastoreo, por el apoyo brindado para la realización de las fases de campo.

Estos agradecimientos estarían incompletos, sin el que se merecen todos los estudiantes del Departamento de Zootecnia que participaron en mi trabajo de campo, su nombre está implícito en estas líneas, gracias por trabajar tanto y dar lo mejor.

Juan Daniel, gracias por recorrer conmigo este camino y ayudarme a no perder de vista el objetivo. Miguel Ángel, agradezco tu inmensa paciencia y por ser mi mayor motivación durante este proyecto.

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos generales

Nombre: Marisol Ortiz Texon

Fecha de nacimiento: 03 de octubre de 1989

Lugar de nacimiento: Cosautlán de Carvajal, Veracruz

CURP: OITM891003MVZRXR00

Profesión: Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia

Cédula profesional: 08706327

Desarrollo académico

Bachillerato: Telebachillerato "Limonos", Cosautlán de Carvajal, Veracruz.

Licenciatura: Ingeniero Agrónomo especialista en Zootecnia (2008-2012),
Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México.

Maestría: Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera (2013-2014),
Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México.

Doctorado: Doctorado en Ciencias en Innovación Ganadera (2017-2020),
Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México.

RESUMEN GENERAL

INDICADORES DE BIENESTAR EN VACAS LECHERAS EN PASTOREO CON ACCESO A SOMBRA ARTIFICIAL¹

El estrés térmico es determinante en el bienestar de las vacas lecheras, ya que puede desencadenar alteraciones desde la incomodidad física hasta alteraciones metabólicas. Un primer objetivo fue analizar información del efecto de la sombra sobre bienestar animal, usando indicadores productivos, y respuestas fisiológicas y conductuales de vacas lecheras pastoreando en climas templados. Un segundo objetivo fue probar la hipótesis de que el acceso a sombra modifica el comportamiento de pastoreo para vacas lecheras en dos épocas contrastantes de clima templado en México. De la información analizada se concluyó que la utilización de sombra depende del nivel de radiación bloqueado, su superficie y proximidad, y los cambios en temperatura y humedad ambiental. El uso de sombra reduce la temperatura corporal y frecuencia respiratoria, la concentración de cortisol en leche y saliva de las vacas lecheras y ocasionalmente mejora la producción de leche; también disminuye la frecuencia de conductas agonísticas y aumenta la de comportamientos sociopositivos. Las vacas con acceso a sombra pastando en la época cálida de mayo pastorearon 16 % menos ($p<0.05$) en los turnos de mayor índice de temperatura-humedad (ITH), y de radiación solar, mientras permanecían en la sombra. Durante la época fresca de octubre en los periodos de mayor ITH y radiación solar, las vacas con acceso a sombra aumentaron 44 y 31 % su tiempo de rumia de pie y total ($p<0.05$), y las vacas sin acceso aumentaron ($p<0.05$) su tiempo de descanso de pie 22.5 %. El acceso a sombra no cambió ($p>0.05$) el tiempo de pastoreo, rumia de pie o echada, y descanso de pie o echada durante 24 h en ambas épocas del año. El acceso a sombra modificó la expresión de la conducta de vacas lecheras pastando en clima templado de México, las vacas hicieron uso preferencial de la estructura de sombra durante la noche.

Palabras clave: sombra, bienestar animal, radiación solar, conducta, pastoreo.

¹ Tesis de Doctorado en Ciencias en Innovación Ganadera, Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Marisol Ortiz Texon
Director de Tesis: Ricardo D. Améndola Massiotti

GENERAL ABSTRACT

WELFARE INDICATORS OF GRAZING DAIRY COWS WITH ACCESS TO ARTIFICIAL SHADE²

Heat stress is a key factor in the welfare of dairy cows, as it can trigger alterations ranging from physical discomfort to metabolic alterations. A first objective was to analyze information on the effect of shade on animal welfare, using production indexes, and physiological and behavioral responses of dairy cows grazing in temperate climates. A second objective was to test the hypothesis that access to shade modifies the grazing behavior of dairy cows in two contrasting periods of temperate conditions in Mexico. The information analyzed allowed the conclusion that the use of shade depends on the level of blocked radiation, its area and proximity, and changes in environmental temperature and humidity. The use of shade reduces body temperature and respiratory rate, the concentration of cortisol in milk and saliva of dairy cows, and occasionally improves milk production; it decreases the frequency of agonistic behaviors and increases socio-positive behaviors. Cows with access to shade grazing in the warm period of May in temperate conditions of Mexico grazed 16 % less ($p < 0.05$) in the periods of higher temperature-humidity index (THI) and solar radiation, moments in which they remained under shade. During the cool period of October, in the moments of higher THI and solar radiation, cows with access to shade increased by 44 and 31 %, their total and standing ruminating time ($p < 0.05$); while the cows without access increased ($p < 0.05$) their resting time standing by 22.5 %. Access to shade did not change ($p > 0.05$) the time of grazing, ruminating standing lying position, and resting standing or lying in the lapse of 24 h at both periods. Access to shade modified the behavior of dairy cows grazing in the temperate climate of Mexico. In addition, cows used the shade shelter preferentially during the night.

Keywords: shade, animal welfare, solar radiation, behavior, grazing.

² Doctoral thesis in Livestock Innovation, Graduate Program in Animal Production, Universidad Autonoma Chapingo
Author: Marisol Ortiz Texon
Advisor: Ricardo D. Améndola Massiotti

1 INTRODUCCIÓN GENERAL

La producción lechera en pastoreo cuenta con percepción positiva por parte de los consumidores, misma que está relacionada con los beneficios para la salud y el bienestar de los animales (Armbrech, Lambertz, Albers, & Gauly, 2019). El bienestar hace referencia al estado persistente de un individuo a lo largo del tiempo (crónico) y puede ser positivo o negativo según su percepción subjetiva del entorno (Lesimple, 2020).

La evaluación del bienestar considera mediciones dirigidas hacia el animal, que reflejan cómo está lidiando con el medio ambiente y el sistema de producción en el que vive (Boissy et al., 2007; Whay, Main, Green, & Webster, 2003), y debe basarse en parámetros conductuales, posturales y fisiológicos (Lesimple, 2020). Las principales reacciones de los animales en condiciones de estrés por calor son el aumento de la frecuencia respiratoria, cardíaca y de la temperatura rectal; además, disminución del consumo y de la actividad física como caminar o rumiar, y una menor producción de leche (Das et al., 2016). El estrés térmico también altera el comportamiento social y de ingestión de las vacas en pastoreo (Vizzotto et al., 2015), y compromete su estado afectivo (Polsky & von Keyserlingk, 2017).

La sombra se ha evaluado como un recurso para disminuir el efecto negativo de las variables ambientales sobre vacas lecheras en pastoreo. Algunos autores han reportado cambios en la producción de leche cuando las vacas hacen uso del recurso, asociando dichas diferencias con alteraciones del comportamiento en pastoreo (Kendall et al., 2006) y con la temperatura corporal (Fisher, Roberts, Bluett, Verkerk, & Matthews, 2008).

El acceso a la sombra, incluso en condiciones moderadas de estrés por calor, modifica los atributos fisiológicos de las vacas lecheras en pastoreo (Vizzotto et al., 2015). Vacas con acceso a sombra presentan una disminución en la temperatura corporal en un rango entre 0.5 y 2% (Muller, Botha, Coetzer, & Smith, 1994b; Tucker, Rogers, & Schütz, 2008; Valtorta, Leva, & Gallardo, 1997; Van laer, Tuytens, Ampe, Sonck, Moons, & Vandaele, 2015). La tasa de respiración de las

vacas también se modifica cuando estas tienen acceso al recurso, como lo demostraron Schütz, Rogers, Poulouin, Cox, y Tucker (2010) y Vizzotto et al. (2015), al reportar una tasa de respiración menor en 18 y 25%.

En los sistemas de producción animal en condiciones templadas se desconoce en gran medida, si las vacas están sufriendo incomodidad ocasionada por calor, y si se requiere actuar para prevenir dicha incomodidad (Van laer, Moons, Sonck, & Tuyttens, 2014). La conducta de vacas lecheras se ha utilizado con la finalidad de determinar si la sombra es un recurso importante para diferentes condiciones ambientales en climas templados. Estudios han demostrado que el uso de sombra modifica el comportamiento de pastoreo (Fisher et al., 2008; Kendall et al., 2006), el tiempo dedicado a la rumia (Vizzotto et al., 2015), y el tiempo de descanso (Kendall et al., 2006; Oliveira, Costa, Neto, Costa, & Maia, 2019). Una forma de determinar el estado emocional en que se encuentra un animal es a través de la identificación de conductas de interacción, que pueden ser afiliativas o agonísticas; sin embargo, el conocimiento del efecto de la sombra sobre las expresiones del comportamiento social del ganado es limitado (Améndola-Massiotti, Castillo, Martínez, Améndola, & Burgueño-Ferreira, 2016).

Si bien lo reportado en diferentes investigaciones muestra que la sombra es un recurso importante para las vacas lecheras en pastoreo, su efecto en condiciones templadas de México no ha sido suficientemente estudiado.

Este documento incluye cuatro capítulos, más allá de este primer capítulo, el segundo consta de una revisión de literatura, donde se analiza y sintetiza información del efecto de la sombra sobre el bienestar animal, usando indicadores productivos, y respuestas fisiológicas y conductuales de vacas lecheras pastoreando en climas templados. En el tercer capítulo se presentan los resultados de una evaluación del efecto del acceso a sombra en el comportamiento de pastoreo de vacas lecheras durante diferentes momentos del año en una zona templada de México. El capítulo cuatro corresponde a las conclusiones generales de esta tesis.

Literatura citada

- Améndola-Massiotti, R., Castillo, N., Martínez, G., Améndola, L., & Burgueño-Ferreira, J. (2016). The behaviour of dairy cows with artificial shade in a temperate region of Mexico. Proceedings of the 50th Congress of the International Society for Applied Ethology, Edinburgh, United Kingdom, 456 p.
- Armbrecht, L., Lambertz, C., Albers, D., & Gauly, M. (2019). Assessment of welfare indicators in dairy farms offering pasture at differing levels. *Animal*, 13, 2336-2347. doi:10.1017/S1751731119000570.
- Boissy, A., Manteuffel, G., Jensen, M. B., Moe, R. O., Spruijt, B., Keeling, L. J., ... & Aubert, A. (2007). Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. *Physiology & Behavior*, 92, 375-397. doi: 10.1016/j.physbeh.2007.02.003.
- Das, R., Sailo, L., Verma, N., Bharti, P., Saikia, J., Imtiwati, & Kumar, R. (2016). Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary World*, 9(3), 260-268. doi:10.14202/vetworld.2016.260-268.
- Fisher, A. D., Roberts, N., Bluett, S. J., Verkerk, G. A., & Matthews, L. R. (2008). Effects of shade provision on the behaviour, body temperature and milk production of grazing dairy cows during a New Zealand summer. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 51(2), 99-105. doi: 10.1080/00288230809510439.
- Kendall, P. E., Nielsen, P. P., Webster, J. R., Verkerk, G. A., Littlejohn, R. P., & Matthews, L. R. (2006). The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. *Livestock Science*, 103, 148-157. doi: 10.1016/j.livsci.2006.02.004.
- Lesimple, C. (2020). Indicators of horse welfare: State-of-the-Art. *Animals*, 10, 294. doi:10.3390/ani10020294.
- Muller, C. J. C., Botha, J. A., Coetzer, W. A., & Smith, W. A. (1994b). Effect of shade on various parameters of Friesian cows in a Mediterranean climate in South Africa. 2. Physiological responses. *South African Journal of Animal Science*, 24, 56-60.
- Oliveira, S. E. O., Costa, C. C. M., Neto, M. C., Costa, F. A. D., & Maia, A. S. C. (2019). Effects of shade location and protection from direct solar radiation on the behavior of Holstein cows. *International Journal of Biometeorology*, 63, 1465-1474. doi:10.1007/s00484-019-01747-5.
- Polsky, L., & von Keyserlingk, M. A. G. (2017). Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*, 100, 8645-8657. doi:10.3168/jds.2017-12651.
- Schütz, K. E., Rogers, A. R., Poulouin, Y. A., Cox, N. R., & Tucker, C. B. (2010). The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 93, 125-133. doi:10.3168/jds.2009-2416.

- Tucker, B. C., Rogers, A. R., & Schütz, K. E. (2008). Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Applied Animal Behaviour Science*, 109, 141-154. doi: 10.1016/j.applanim.2007.03.015.
- Valtorta, S. E., Leva, P. E., & Gallardo, M. R. (1997). Evaluation of different shades to improve dairy cattle well-being in Argentina. *International Journal of Biometeorology*, 41, 65-67.
- Van laer, E., Moons, C. P. H., Sonck, B., & Tuyttens, F. A. M. (2014). Importance of outdoor shelter for cattle in temperate climates. *Livestock Science*, 159, 87–101. doi: 10.1016/j.livsci.2013.11.003.
- Van laer, E., Tuyttens, F. A. M., Ampe, B., Sonck, B., Moons, C. P. H, & Vandaele, L. (2015). Effect of summer conditions and shade on the production and metabolism of Holstein dairy cows on pasture in temperate climate. *Animal*, 9(9), 1547-1558. doi: 10.1017/S1751731115000816.
- Vizzotto, E. F., Fischer, V., Thaler Neto, A., Abreu, A. S., Stumpf, M. T., Werncke, D., ... & McManus, C. M. (2015). Access to shade changes behavioral and physiological attributes of dairy cows during the hot season in the subtropics. *Animal*, 9(9), 1559–1566. doi: 10.1017/S1751731115000877.
- Whay, H. R., Main, D. C. J., Green, L. E., & Webster, A. F. J. (2003). Animal-based measures for the assessment of welfare state of dairy cattle, pigs and laying hens: Consensus of expert opinion. *Animal Welfare*, 12, 205-217.

Este capítulo fue enviado a *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* el 15 de abril de 2021.

2 SOMBRA Y BIENESTAR DE VACAS LECHERAS EN PASTOREO BAJO CONDICIONES DE CLIMA TEMPLADO

Marisol Ortiz-Texon¹, Lucía Améndola-Saavedra², Rodolfo Ramírez-Valverde¹, María Esther Ortega-Cerrilla³, Juan Andrés Burgueño-Ferreira⁴, Ricardo Daniel Améndola-Massiotti^{1*}

¹Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo, carretera México-Texcoco km 38.5. CP. 56230, Chapingo, Estado de México.

² Faculty of Land and Food Systems, University of British Columbia, 2329 West Mall, Vancouver, British Columbia Canada, V6T 1Z4.

³Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, carretera México-Veracruz, Km. 45, CP. 56237, Texcoco, Estado de México.

⁴Colegio de Postgraduados, carretera México-Texcoco Km. 36.5, CP. 56230, Montecillo, Estado de México.

*Autor para correspondencia: (r_amendola@yahoo.com).

2.1 RESUMEN

La producción lechera en pastoreo cuenta con percepción positiva por parte de los consumidores, misma que está relacionada con sus beneficios para la salud y el bienestar de los animales. El creciente interés de la sociedad por el tratamiento ético de los animales de producción ha derivado en un incremento en el estudio del bienestar animal; evaluación que considera indicadores de salud, fisiológicos, y emocionales. El estrés térmico es un factor determinante en el bienestar de las vacas lecheras, ya que puede desencadenar alteraciones que van desde la incomodidad física hasta las alteraciones metabólicas. El objetivo de esta revisión de literatura fue analizar investigaciones recientes relacionadas con el uso de sombra y su efectividad para contrarrestar los efectos del estrés térmico en vacas lecheras en pastoreo bajo condiciones de clima templado. La utilización de la sombra está determinada por los niveles de radiación solar bloqueada por la estructura, la superficie y la proximidad del recurso, así como por cambios en la temperatura y humedad del ambiente. El uso de sombra reduce la temperatura corporal y la frecuencia respiratoria, la concentración de cortisol en leche y saliva de las vacas lecheras y ocasionalmente mejora la producción de leche. Por otra parte, las vacas con acceso a sombra disminuyen la frecuencia de conductas agonísticas y expresan en mayor medida comportamientos sociopositivos, por lo que se puede concluir que la sombra es un recurso eficiente para mejorar el bienestar de vacas con estrés térmico pastoreando en zonas templadas.

Palabras clave: Estrés térmico; radiación solar; respuesta conductual; respuesta hormonal; cortisol.

ABSTRACT

Dairy production on pasture has a positive perception by consumers, which is related to its benefits for animals' health and welfare. The growing interest of the society in the ethical treatment of production animals has led to an increase in the study of animal welfare; evaluation that considers health, physiological, and emotional indicators. Heat stress is a key factor in dairy cows' welfare, as it might trigger alterations ranging from physical discomfort to metabolic alterations. The objective of this review was to analyze recent research related to the use of shade and its effectiveness in counteracting the effects of heat stress on grazing dairy cows in temperate climates. The use of shade is determined by the levels of solar radiation blocked by the structure, area, and proximity of the resource, as well as by changes in temperature and humidity of the environment. Using shade reduces body temperature and respiratory rate, the concentration of cortisol in milk and saliva of dairy cows, and occasionally improves milk production. On the other hand, cows with access to shade decrease the frequency of agonistic behaviors and express socio-positive behaviors to a greater extent, so it can be concluded that shade is an efficient resource to improve cows' welfare with heat stress grazing in temperate areas.

Key Words: Heat stress; solar radiation; behavioral response; hormonal response; cortisol.

2.2 INTRODUCCIÓN

La producción lechera en pastoreo cuenta con percepción positiva por parte de los consumidores, misma que está relacionada con los beneficios para la salud y el bienestar de los animales (Armbrech *et al.*, 2019). El estrés térmico es un factor determinante en el bienestar de las vacas lecheras, ya que puede desencadenar alteraciones que van desde la incomodidad física

hasta las alteraciones metabólicas. Para el ganado lechero que produce en regiones templadas, muchas veces no se considera importante la prevención del estrés por calor; de hecho, frecuentemente no se proporciona sombra a las vacas en pastoreo (Van laer *et al.* 2015b, Veissier *et al.* 2018). No obstante, dependiendo de las condiciones climáticas de la región y de la hora del día, la falta de sombra expone al ganado a temperaturas y radiación solar que pueden inducir estrés (Schütz *et al.* 2009). La productividad y bienestar del ganado lechero pueden ser impactadas negativamente por el estrés térmico (West 2003, Polsky y von Keyserlingk 2017). En la presente revisión de literatura se definen las regiones templadas según la clasificación climática de Köppen, es decir, dentro del Grupo C, correspondiente a climas templados lluviosos con la temperatura media del mes más frío entre -3 °C y 18 °C, y la del mes más cálido mayor que 10 °C (García 2004).

El bienestar hace referencia al estado persistente de un individuo a lo largo del tiempo (crónico) puede ser positivo o negativo según su percepción subjetiva del entorno, y es indicado por parámetros conductuales, posturales y fisiológicos. Sentir una emoción negativa (por ejemplo, estrés térmico) de forma regular a lo largo del tiempo puede conducir a un estado de bienestar negativo en el individuo, mientras que una sucesión de emociones positivas es precursora de un estado de bienestar positivo (Korte *et al.* 2007)

Diversos estudios acerca del efecto de las condiciones ambientales y la provisión de sombra en el ganado se han llevado a cabo en climas tropicales y subtropicales, donde es común encontrar periodos largos de calor (Muller *et al.* 1994, Roman-Ponce *et al.* 1977, Valtorta *et al.* 1997, Gaughan *et al.* 2010, Kamal *et al.* 2018); desafortunadamente, existe menos información disponible para climas templados (Kendall *et al.* 2006, Fisher *et al.* 2008; Van laer *et al.* 2014). En revisiones previas acerca del estrés térmico se ha incluido el uso de sombra como una medida para reducir su impacto en vacas lecheras de climas cálidos (West 2003, Das *et al.* 2016, Kamal

et al. 2018); no obstante, es necesaria una síntesis integradora de literatura relacionada con el efecto de la sombra sobre vacas lecheras en pastoreo bajo condiciones de climas templados. Por tanto, el objetivo de esta revisión es analizar y sintetizar información del efecto de la sombra sobre el bienestar animal, usando indicadores productivos, y respuestas fisiológicas y conductuales de vacas lecheras pastoreando en climas templados.

2.3 ESTRÉS TÉRMICO Y BIENESTAR ANIMAL

Un animal homeotermo necesita estar en equilibrio térmico con su ambiente, que incluye radiación, temperatura y movimiento del aire y humedad (Kadzere *et al.* 2002). El organismo animal presenta una zona ambiental termo neutral donde el cuerpo no necesita energía para calentarse o enfriarse (West, 2003), diversos autores coinciden en que esa zona termo neutral para las vacas lecheras se encuentra entre -0.5 y 25 °C (-0.5-20 °C: Johnson 1987, 5-25 °C: Roenfeldt 1998). Sin embargo, Yousef (1985) reporta que para mantener una temperatura corporal fisiológica de 38.4 a 39.1 °C la zona ambiental termo neutral debe estar en un rango de 16 a 25 °C.

Las condiciones ambientales que impulsan el estrés por calor son interpretadas utilizando principalmente el índice de temperatura y humedad (ITH) y el índice de carga térmica (HLI). El ITH fue propuesto por Armstrong (1994) como un buen indicador de estrés térmico en vacas lecheras, para lo cual considera un valor ≤ 71 como zona de confort térmico, de 72 a 79 como estrés por calor leve, de 80 a 90 como estrés por calor moderado, y valores mayores a 90 como estrés por calor severo. Ravagnolo y Misztal (2002) definieron la estimación de los valores de ITH conforme a la ecuación siguiente: $ITH = (1.8 \times T + 32) - ((0.55 - 0.0055 \times RH) \times (1.8 \times T - 26))$; donde T es la temperatura del aire (°C) y RH es la humedad relativa (%).

El HLI incorpora otras variables climáticas que contribuyen al confort térmico, ya que además de temperatura y humedad del aire, toma en cuenta la intensidad de la radiación solar y la

velocidad del viento (Van laer *et al.* 2015b, Veissier *et al.* 2018). La temperatura del globo negro (T_{bg}) es una medida indirecta de la carga de calor radiante del ambiente, obtenida con un termómetro ubicado en el centro de una esfera hueca de cobre, con un diámetro de 15 cm y un espesor de 0.5 mm, pintado externamente con tinta negro mate (Abreu *et al.* 2011). La ausencia de termómetros de globo negro en diversas estaciones meteorológicas conllevó al desarrollo de ecuaciones que incorporan variables meteorológicas para estimar la T_{bg} . Como la ecuación propuesta por Hahn *et al.* (2003) en la cual $T_{bg} = 1.33 \times T_a - 2.65 \times T_a^{0.5} + 3.21 \times \log(Rad + 1) + 3.5$; donde T_a =temperatura del aire (en °C) y Rad = intensidad de la radiación solar.

La ecuación para el HLI propuesta por Gaughan *et al.* (2008) considera dos rangos de temperatura del globo negro, cuando $T_{bg} > 25$, $HLI = 8.62 + 0.38 \times RH + 1.55 \times T_{bg} - 0.5 \times WS + e(2.4-WS)$, cuando $T_{bg} < 25$, $HLI = 10.66 + 0.28 \times RH + 1.3 \times T_{bg} - WS$; donde RH =humedad relativa del aire en % y WS =velocidad del viento en m/s. Un valor de HLI menor que 70 indica condiciones termo neutrales para el ganado; valores entre 70 y 77 condiciones cálidas, valores entre 77 y 85 indican condiciones calientes, y valores superiores a 85 indican condiciones muy calientes (Gaughan *et al.* 2008).

Las vacas lecheras que experimentan estrés térmico en condiciones de pastoreo modifican su comportamiento, con actitudes como la suspensión del pastoreo, búsqueda de sombra, y la permanencia durante más tiempo cerca de los puntos de agua (Osei-Amponsah *et al.* 2009). Un incremento de calor requiere mecanismos termorreguladores efectivos para mantener la temperatura del cuerpo y la homeostasis fisiológica, dentro de estos mecanismos se incluye la respiración. El aumento de la frecuencia respiratoria (FR), por encima de 40 respiraciones/min puede considerarse como jadeo para aumentar el enfriamiento del cuerpo a través de la pérdida de calor por evaporación (Silanikove 2000).

Períodos prolongados de alta temperatura ambiental acoplados con alta humedad relativa comprometen la capacidad de la vaca lechera para disipar el exceso de calor corporal. Las vacas con temperatura corporal elevada tienen menor consumo de alimento y producen leche con menor eficiencia; esta disminución puede estar relacionada con la alteración de la ingesta de alimento, el retraso entre la ingesta y la utilización de los nutrientes consumidos, o cambios en el estado endocrino de la vaca (West 2003).

La activación del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal y el consiguiente aumento de las concentraciones de glucocorticoides en plasma, son dos de las respuestas más importantes de los animales al estrés térmico; la activación del área preóptica estimula al hipotálamo a generar un factor liberador de corticotropina que actúa en la hipófisis anterior para liberar la hormona adrenocorticotrópica, y esto estimula la corteza suprarrenal para producir glucocorticosteroides, principalmente cortisol (Silanikove 2000).

Las vacas que reciben más protección contra la radiación solar presentan una TC mínima más baja y con aumento menos pronunciado en días con los niveles más altos de radiación solar (Tucker *et al.* 2008, Schütz *et al.* 2009). Con estos resultados se demostró que la radiación solar tiene un efecto importante en la termorregulación de los rumiantes en pastoreo.

En conclusión, las vacas lecheras en pastoreo con estrés térmico reducen su actividad de pastoreo y por ende la ingesta de alimento y pueden llegar a producir menos leche, también aumentan las concentraciones de glucocorticoides en plasma; el acceso a sombra como medida de protección contra la radiación solar es una solución. El acceso a sombra se ha evaluado como un recurso para disminuir el efecto negativo de las variables ambientales sobre vacas lecheras en pastoreo. En las siguientes secciones revisaremos la evidencia sobre los efectos de la sombra en la producción de leche, cambios fisiológicos y conductuales.

2.4 EFECTOS DE LA SOMBRA EN VACAS LECHERAS EN PASTOREO

2.4.1 RESPUESTAS FISIOLÓGICAS

El acceso a la sombra, incluso en condiciones moderadas de estrés térmico, modifica los atributos fisiológicos de las vacas lecheras en pastoreo (Vizzotto *et al.* 2015). La TC, la FR, y la concentración de cortisol, son parámetros fisiológicos que se han evaluado como respuesta al uso de la sombra en vacas en pastoreo.

Temperatura corporal y frecuencia respiratoria

En condiciones de clima templado, los cambios de TC en respuesta al uso de sombra son variables. Algunos estudios han demostrado una disminución de TC en un rango de 0.5 a 2.0 % en vacas con acceso a sombra comparadas con vacas sin acceso a sombra (Muller *et al.* 1994, Valtorta *et al.* 1997, Tucker *et al.* 2008, Van laer *et al.* 2015b); no obstante, en otros estudios no se encontró esa disminución (Schütz *et al.* 2010, Vizzotto *et al.* 2015, Palacio *et al.* 2015). Diferentes factores pueden explicar la variación de TC en resultados tanto dentro como entre estudios, como por ejemplo los niveles de radiación solar, la temperatura ambiental, el ITH y HLI.

La radiación solar afecta directamente la TC de vacas lecheras. El efecto de la provisión de sombra sobre la TC es más evidente cuanto mayor sea la protección contra la radiación; las vacas provistas con mayor protección (99%) contra la radiación solar presentan una TC menor y con aumentos menos marcados que aquellas en las que la sombra solo bloquea 25 y 50 % de la radiación (Tucker *et al.* 2008; Cuadro 1).

La TC se ve afectada tanto por la provisión de sombra como el uso que de ella hagan los animales. Cuando las vacas pastorean sin provisión de sombra, la TC se incrementa con relación al aumento de la temperatura ambiente, si ésta sobrepasa 25 °C (Muller *et al.* 1994), concordando

con el aumento de 0.4 °C en la TC de las vacas sin sombra (Fisher *et al.* 2008) en un clima templado de Nueva Zelanda donde la temperatura máxima del aire fue de 27 °C. Estos resultados están en línea con otros estudios en vacas lecheras donde sugieren que 25 °C es el límite superior de la zona termo neutral (Berman *et al.* 1985). Los efectos de la sombra en la TC dependen en gran medida de su grado de uso. La TC de las vacas que no tuvieron sombra y las que la usaron durante menos de 10 % aumentó conforme incrementó el HLI (temperatura del aire >25 °C en los días más calurosos), pero este aumento fue menos marcado en vacas que usaron la sombra durante más de 10 % del día (Veissier *et al.* 2018).

El ITH y HLI también influyen en la TC. Se ha reportado una diferencia de 2 % en la TC entre vacas con y sin sombra cuando el ITH alcanza valores promedio de 73.1 (Valtorta *et al.* 1997), valor superior al crítico de estrés térmico (ITH = 72; Ravagnolo y Misztal 2002). En otro estudio en el cual no encontraron diferencias en la TC, el ITH no sobrepasó 72 en la mayoría de los días (Palacio *et al.* 2015). También se ha reportado que cuando el HLI alcanza un valor de 85 se observa una diferencia en TC de 0.8 %, siendo menor en las vacas que tienen acceso a la sombra (Van laer *et al.* 2015b).

Un factor importante por considerar y que puede limitar la comparabilidad entre estudios es la forma en la que se mide la TC entre estudios. Por ejemplo, la TC se puede medir en vagina (Fisher *et al.* 2008, Tucker *et al.* 2008) o recto (Muller *et al.* 1994, Valtorta *et al.* 1997, Van laer *et al.* 2015b, Veissier *et al.* 2018). Asimismo, se ha sugerido la medición de la temperatura en la piel, además de la temperatura rectal y vaginal, ya que es un buen indicador de estrés ambiental (Spiers *et al.* 2018, Nejad *et al.* 2019). Independientemente del tipo de medición, la sombra es un recurso efectivo para disminuir la TC en vacas lecheras bajo estrés térmico.

La FR de las vacas se modifica con el acceso a sombra; en este sentido, la mayoría de las investigaciones han demostrado que, en ese caso, la FR disminuye 8 a 25 % (Cuadro 1). La FR aumenta cuando la temperatura ambiental supera 25 °C y está relación con hora del día; la mayor diferencia ocurre entre vacas con y sin sombra a las 13:00 h (Valtorta *et al.* 1997). En la mayor parte de las investigaciones, la FR se incrementa conforme aumenta el ITH. Por ejemplo, Schütz *et al.* (2008) reportaron que la FR aumentó de 29.4 a 49.4 respiraciones/min al pasar de ITH menor que 70 a ITH mayor que 75. Una diferencia en FR de 25 % mayor en vacas sin sombra (Vizzotto *et al.* 2015), podría indicar que, como señalan Kadzere *et al.* (2002), los animales incrementan la FR como mecanismo para disipar el calor.

Si bien las vacas responden con aumento en FR con el incremento de HLI, estas respuestas en ocasiones no son suficientes para que mantengan su TC, como lo demuestra el aumento de la TC al aumentar el HLI cuando no tienen acceso a la sombra (Muller *et al.* 1994, Valtorta *et al.* 1997, Veissier *et al.* 2018). Al respecto, De Andrade *et al.* (2017) encontraron que la FR en vacas aumentó 36 respiraciones/min inmediatamente después de la exposición al estrés térmico, posterior al incremento en FR se observó un aumento de 3 y 4% en la temperatura vaginal y rectal respectivamente. Por lo anterior, la FR puede considerarse un indicador muy sensible al estrés por calor y por lo tanto de la efectividad de la sombra para contrarrestarlo. Proporcionar una cantidad adecuada de sombra al ganado lechero permite una reducción en la FR, éste utilizará el recurso para evitar un aumento en TC; la disminución en la FR es más pronunciada en vacas con acceso a 9.6 que 2.4 m² de sombra/vaca (Schütz *et al.* 2010), lo cual concuerda con la cantidad de sombra recomendada por Higgins *et al.* (2011).

En resumen, los beneficios de la sombra en el bienestar de las vacas lecheras son mayores si la temperatura ambiental supera los 25 °C, lo que se manifiesta en menor TC de las vacas que

hacen uso del recurso; no obstante, bajo ese estrés las vacas pueden aumentar la FR como mecanismo de compensación para reducir su TC.

Concentración de cortisol

Las concentraciones de cortisol aumentan en relación con incrementos en la temperatura ambiental (Muller *et al.* 1994) y HLI (Veissier *et al.* 2018), incluso en condiciones de clima templado (Cuadro 1). Las concentraciones vespertinas (15:00) de cortisol en leche se ven afectadas por el HLI (Veissier *et al.* 2018); cuando el HLI sobrepasa 80, las concentraciones son más altas en la tarde para las vacas que no tuvieron acceso a sombra. Estos resultados indican que las vacas sin sombra estuvieron estresadas por un período prolongado durante la tarde en días calurosos. Además, la concentración de cortisol en la leche está altamente correlacionada con los niveles plasmáticos, los mecanismos de flujo de la hormona influyen en sus concentraciones en la leche; cuando los niveles plasmáticos disminuyen después de un período de elevación, el cortisol se difunde desde la leche dentro de los alvéolos hasta la sangre, regresando a los niveles basales 4 h posteriores a la elevación (Verkerk *et al.* 1998). Esta relación explicaría porque el aumento en la concentración de cortisol en las vacas estresadas solo se detectó en la leche por la tarde, y no por la mañana del día siguiente. También se ha demostrado que el cortisol en plasma disminuye debido a la provisión de sombra (Muller *et al.* 1994).

En el estudio de Veissier *et al.* (2018), en el cual las concentraciones de cortisol fecal aumentaron con el incremento de HLI, indica que la concentración de glucocorticoides fecales puede ser un indicador de estrés por calor (Rees *et al.* 2016). Además, la concentración de metabolitos de cortisol en muestras fecales de rumiantes refleja la producción de cortisol en sangre después de un período de 10-12 h, debido al tiempo de tránsito a través del intestino (Möstl y Palme 2002). Otro método no-invasivo para medir el efecto de la provisión de sombra en terneros Holstein

bajo estrés térmico fue probado por Kovács *et al.* (2019), quienes midieron la concentración de cortisol en saliva; los niveles de la hormona aumentaron con el incremento del ITH a través del día, las concentraciones hasta las 08:00 h fueron similares; sin embargo, a las 12:00 h hubo un aumento de 51 vs. 342 % para los terneros con y sin sombra, a las 16:00 h se alcanzaron los niveles máximos con incrementos de 200 y 500 % mayores, respectivamente. Además, en ese estudio, los valores más altos de concentración de cortisol también ocurrieron dentro de 2 a 4 h después de la exposición a la carga de calor más alta.

Con base en lo reportado por diferentes autores se puede concluir que, en climas templados, la concentración de cortisol en leche, heces y saliva puede ser indicador factible para medir el efecto del estrés térmico en vacas lecheras y así estimar la eficacia del uso de la sombra para contrarrestarlo.

2.4.2 RESPUESTA CONDUCTUAL

Para satisfacer sus necesidades prioritarias (por ejemplo, de sustento de vida, salud y confort; Hurnik 1988), el ganado lechero en pastoreo invierte tiempo disponible, principalmente en pastoreo, rumia y descanso. La actividad de pastoreo generalmente ocurre en dos periodos, uno que inicia al amanecer y otro después del mediodía (Gregorini 2006, Sheahan *et al.* 2013), aunque también se ha indicado que momentos inmediatamente antes de la puesta del sol ocurre el período de pastoreo más intensivo del día, con un tiempo de pastoreo nocturno relativamente bajo (Sheahan *et al.* 2013). Los episodios de rumia pueden durar de 30 s a 2 h, con hasta 20 episodios cada día y ocupa alrededor de 7 horas del día (Beauchemin 2018), la rumia se presenta a media mañana y es reiniciada al ponerse el sol (Fraser y Broom 1990).

Adicionalmente, el ganado lechero requiere invertir parte del tiempo disponible en descansar, principalmente echado sobre el sustrato, para restaurar las funciones metabólicas,

destinar energía a rumiar, termorregular y reducir el riesgo de depredación (Broom 1981, Herbers 1981). A pesar de ser un animal doméstico, el ganado lechero conserva muchos rasgos atávicos de la estructura social de sus ancestros (Rault 2012); por tanto, al ser animales gregarios, el establecimiento y mantenimiento de las relaciones entre individuos depende de la emisión de conductas sociales (Alexander 1974).

En condiciones climáticas que sobrepasan la zona termo neutral, para controlar la temperatura corporal y lograr mantener la demanda de energía, el ganado lechero en pastoreo modifica sus patrones conductuales a lo largo del día. Como ejemplo, al reducir la ingesta voluntaria y por ende el tiempo de pastoreo, el ganado controla la producción de calor (Beede y Collier 1986, Combs 1996), pero al incrementar el tiempo de pastoreo nocturno, el ganado compensa la baja ingesta de alimento durante el día (Fisher *et al.* 2002, Kendall *et al.* 2006). Asimismo, disminuyendo el tiempo de descanso en postura echada e incrementando el descanso de pie, el ganado lechero maximiza el flujo del aire alrededor del cuerpo, con lo que se reduce la temperatura corporal (Schütz *et al.* 2008). Asimismo, una de las principales estrategias que el ganado lechero utiliza para enfrentar situaciones termo-estresoras, es la búsqueda y utilización de sombra (Johnson 1987, Combs 1996, Broom y Fraser 2007). Dado que la conducta social ocurre en mayor frecuencia cuando las necesidades de sustento de vida y salud han sido satisfechas, cuando el ganado lechero se encuentra en estrés térmico, la expresión de conductas sociales se ve alterada (Améndola *et al.* 2015).

Para el ganado lechero en pastoreo bajo condiciones templadas se desconoce mayormente si la sombra es un recurso importante para compensar el estrés térmico en vacas lecheras (Van laer *et al.* 2014). En las siguientes secciones presentaremos evidencia del efecto de

la provisión de sombra sobre los cambios en el tiempo de pastoreo, rumia y descanso de vacas lecheras, así como los factores que determinan el uso que las vacas hacen del recurso.

Uso de la sombra

En un estudio realizado en Nueva Zelanda, las vacas mostraron mayor motivación para permanecer de pie en la sombra que descansar echadas en un lugar no sombreado, incluso después de que previamente se les privó de echarse durante 12 h. Las vacas permanecieron de pie bajo la sombra cuando la temperatura del aire fue mayor a 25 °C, lo que demuestra que la sombra es un recurso importante de las vacas para disipar el calor, incluso sacrificando otros aspectos de confort (Schütz *et al.* 2008). Se ha propuesto que el conflicto entre descansar echadas o permanecer de pie debido a episodios de estrés por calor, puede desencadenar frustración en las vacas. Polsky y Von Keyserlingk (2017) indican que el malestar que las vacas experimentan inicialmente durante el estrés por calor puede tener efectos profundos en la termorregulación, ya que las molestias físicas y mentales experimentadas reemplazarán a cualquier otro estado afectivo, incluso la fuerte motivación para descansar.

El uso de sombra por el ganado lechero está relacionado con la cantidad de radiación solar bloqueada por la estructura. Tucker *et al.* (2008) evaluaron niveles de bloqueo de radiación de 25, 50 y 99 %. Estos autores encontraron que las vacas usaron la sombra 65 % del tiempo con el nivel de bloqueo de 99 %. Lo anterior también fue comprobado por Schütz *et al.* (2009), quienes reportaron que las vacas prefieren la sombra que bloquea mayor cantidad de radiación solar; comparado con 25 % de bloqueo, las vacas que fueron provistas con 99 % de bloqueo usaron la sombra por más tiempo (72.3 %); asimismo cuando se comparó 25 vs. 50 % dedicaron 72 % del tiempo en la sombra que bloqueó 50 %. Incluso se ha demostrado que las vacas pasan más tiempo bajo sombra que brinda 100 % de bloqueo que las de 50 o 70 %. Cuando la sombra provee 100 %

de bloqueo, las vacas permanecen a la sombra más de 60 % del tiempo (Oliveira *et al.* 2019). Estos resultados confirman que el nivel de protección contra la radiación solar es un factor importante en el uso del recurso.

Si bien la sombra reduce los efectos negativos del estrés por calor, poco se sabe acerca sobre qué disponibilidad (área) por animal se requiere en el caso de vacas lecheras en pastoreo. Al comparar el efecto de proveer 2.4 o 9.6 m² de sombra por vaca, se encontró que los animales pasaron más del doble de tiempo en la estructura que proporcionó mayor área de sombreado. Además, los cambios ambientales influyeron en el uso; las vacas con 9.6 m² usaron en mayor cantidad la sombra en el día con HLI más alto (HLI: 95, ITH: 72, temperatura del aire: 24.9 °C), las vacas con 2.4 m² comenzaron a competir activamente por la sombra cuando el HLI era aproximadamente 75 (la temperatura media del aire en los días con HLI de 74 a 76 osciló entre 19 y 25 °C) (Schütz *et al.* 2010). Se ha comprobado que la proporción de vacas que usan la sombra aumenta por cada m² de aumento en el tamaño de la sombra (Schütz *et al.* 2014); cuando la cantidad de sombra excedió 2 m²/vaca, la proporción de vacas que usaron la sombra aumentó en 3.1 % por cada 1 m² de aumento en el área de la sombra.

Con HLI de 90, la probabilidad de uso de sombra alcanzó 48 % (Van laer *et al.* 2015a); mientras que dicha probabilidad alcanzó 10 % con HLI de 68 y 65 % con HLI de 85 (Veissier *et al.* 2018). Además de las condiciones ambientales, otros factores pudieran estar involucrados en el uso de sombra, como la habituación de las vacas a la sombra, la tendencia gregaria del ganado (las vacas siguen a otras dentro o fuera de la sombra para mantener la cohesión del grupo), temperamento (tendencia a explorar el ambiente), susceptibilidad al estrés por calor, y la posición en la jerarquía social (Van laer *et al.* 2015a, Veissier *et al.* 2018).

La cantidad y características de la sombra no son los únicos factores que determinan su uso. Coimbra *et al.* (2012) determinaron que el tiempo en que las vacas permanecieron bajo la sombra, fue mayor cuando el bebedero se colocó en el pasillo que si éste se colocaba en el potrero (sombra en el potrero en ambos casos), aunque el número de visitas a la sombra fue el mismo. Los autores consideraron que la mayor distancia al recurso agua (cuando el bebedero se encontró en el pasillo) indujo a los animales a buscar otra fuente de termorregulación como la sombra. Por el contrario, Oliveira *et al.* (2019) reportaron que la vacas permanecieron alrededor de 35 % más tiempo bajo la sombra cuando se redujo su distancia de 40 a 5 m del bebedero y comedero. Se concluye que la manera en que los recursos se encuentran distribuidos en el espacio utilizado por los animales es otro factor importante que afecta el uso de la sombra, pero que aún no es bien comprendido.

En conclusión, el uso de sombra es afectado por los niveles de radiación solar bloqueada, la cantidad y proximidad del recurso, y los niveles de temperatura y humedad del ambiente. Aun así, también en clima templado, las vacas buscan la sombra para disminuir los efectos del estrés térmico; por tanto, es importante considerar los factores involucrados en el uso de sombra para mejorar su bienestar, y para mantener su confort y prevenir la competencia por el recurso.

Pastoreo

En el estudio de Kendall *et al.* (2006), durante el verano con temperaturas medias que no sobrepasaron 20.4 °C y con ITH máximo de 74.1, las vacas con sombra pastorearon menos durante la tarde (de 12:00 a 14:00 h), que las que no tuvieron acceso al recurso (Cuadro 2), pero pastorearon más entre las 01:00 y 02:00 h, por lo que el tiempo de pastoreo en las 24 h no fue diferente. Esto coincide con los hallazgos de Fisher *et al.* (2008), quienes tampoco encontraron

diferencias en el tiempo total de pastoreo durante 24 h, ya que el tiempo dedicado a estar en la sombra fue compensado aumentando el pastoreo nocturno.

Palacio *et al.* (2015) observaron diferencias en el tiempo de pastoreo, vacas con acceso a sombra pastorearon más durante la semana más calurosa del estudio, cuando el ITH fue mayor a 72; es posible que el uso de sombra proporcionara suficiente enfriamiento para compensar la producción de calor metabólico asociada con el consumo. Algo similar sucedió en el trabajo de Vizzotto *et al.* (2015), aun cuando de manera general no se observaron diferencias, las vacas con acceso a sombra pastorearon 29 % más en el día más caluroso del estudio; además, las vacas que no tuvieron disponibilidad de sombra aumentaron la ingesta de agua y el tiempo cerca del bebedero.

La calidad y disponibilidad del forraje puede afectar la forma en que las vacas hacen el intercambio entre el uso de sombra y el pastoreo, ya que cuando tienen libre acceso a forraje de alta calidad pueden satisfacer sus necesidades metabólicas mediante el pastoreo en mañana y tarde (Tucker *et al.* 2008).

Existe evidencia que el uso de sombra modifica la conducta de pastoreo, ya que el tiempo que las vacas hacen uso del recurso durante el día, lo compensan pastoreando por la noche. Los nutrientes metabolizados generan calor, que puede contribuir al mantenimiento de la TC en un ambiente frío; no obstante, en condiciones cálidas, este calor necesita ser disipado para mantener la TC y funciones fisiológicas normales, por lo que ante una situación de estrés térmico las vacas tienden a minimizar el pastoreo para evitar generar más calor (Silanikove 2000). El acceso a sombra ayudará a disminuir cambios en el comportamiento de la vaca lechera por efecto del ambiente durante los momentos más calurosos del día.

Rumia

Vizzotto *et al.* (2015) detectaron mayor tiempo de rumia en vacas con acceso a sombra; las vacas sin sombra disminuyeron el tiempo dedicado a la rumia, mientras que las que tuvieron acceso al recurso prefirieron rumiar de pie en la parte sombreada de la pradera. Por su parte, Moretti *et al.* (2017) sugieren que la conducta de rumia podría ser una herramienta valiosa para evaluar el efecto del estrés por calor en vacas Holstein; en su estudio el tiempo de rumia disminuyó 15.4 % cuando pasaron de un ITH seguro (menor a 68) a incomodidad leve (ITH entre 68 y 72), y 53 % cuando pasaron de un ITH seguro a emergencia (ITH mayor a 84). El estrés por calor reduce y cambia la proporción de ácidos grasos volátiles, por lo que se generan cambios en el pH del rumen, alterando su microbiota y modifica los patrones de fermentación, a la vez que se reduce la motilidad intestinal y las contracciones ruminales (Yadav *et al.* 2013), con ello el tiempo de rumia disminuye.

Descanso

Se ha reportado que el porcentaje de tiempo de inactividad ya sea en posición de pie o echadas, es mayor cuando la sombra bloquea solamente 30 % de la radiación solar comparado con 50, 70 y 100 % (Oliveira *et al.* 2019). En la mayoría de las investigaciones no se han detectado diferencias en el tiempo que las vacas dedican a descansar de pie cuando tienen acceso a sombra (Cuadro 2). En la investigación de Kendall *et al.* (2006), las vacas permanecieron de pie mientras hacían uso de la sombra entre las 12:00 y las 14:00 h; sin embargo, el tiempo total de descanso de pie en 24 h no fue diferente entre vacas con o sin sombra.

A diferencia del tiempo de pie, en más de la mitad de las investigaciones revisadas, las vacas con acceso a sombra modificaron su tiempo de descanso echadas. Palacio *et al.* (2015) observaron que, en algunas semanas del experimento, las vacas con acceso a sombra pasaron

más tiempo echadas durante las horas de mayor calor (11:30 a 15:30 h); no obstante, no detectaron diferencias entre vacas con y sin sombra en el tiempo total que permanecieron echadas durante 24 h. Este resultado implicaría que las vacas sin acceso a sombra fueron capaces de compensar los menores tiempos de descanso durante las horas pico, permaneciendo mayor tiempo echadas en otras horas del día. Por su parte, Vizzotto *et al.* (2015) en un estudio realizado en un clima templado subtropical de Brasil, encontraron que el acceso a sombra provocó que las vacas dedicaran más tiempo a descansar mientras permanecían echadas en comparación con vacas que no tuvieron acceso a sombra.

Se ha demostrado a través de la respuesta conductual que, en vacas bajo estrés térmico, permanecer de pie puede facilitar su enfriamiento y propiciar una disminución de 0.22 °C en la TC; en cambio, permanecer echadas la aumenta 0.17 °C (Allen *et al.* 2015). El valor del ITH juega un papel crucial en la conducta de las vacas bajo estrés térmico; Herbut y Angrecka (2018) determinaron que existe una disminución de 21 % en el tiempo diario que las vacas permanecen echadas, al pasar de un ITH de 68 durante 3 h a un ITH mayor a 68 durante más de 12 h.

Estos hallazgos indican que la ausencia de sombra modifica el comportamiento de las vacas, ya que necesitan buscar estrategias tales como cambiar sus horas de descanso para enfriarse permaneciendo de pie, mientras que las que tienen oportunidad de acceder al recurso pueden permanecer echadas por tiempos más largos durante las horas más calurosas, ya que la sombra les permite suficiente enfriamiento. Esto representa evidencia adicional de que la carencia de sombra tiene impacto negativo sobre el bienestar de vacas lecheras que pastorean en clima templado.

Interacciones sociales

Una forma de determinar el estado emocional en que se encuentra un animal es a través de la identificación de su conducta social, la conducta afiliativa es un indicador del estado afectivo positivo de los animales de granja, la conducta de afiliación ha sido menos estudiada que la competencia social (Boissy *et al.* 2007). En este sentido, en un estudio realizado en México por Améndola *et al.* (2015), se demostró que vacas en un sistema silvopastoril presentaron 62 % mayor frecuencia de interacciones afiliativas que en un sistema de monocultivo, lo que pudo atribuirse, en parte, a la mayor disponibilidad de sombra en el sistema silvopastoril.

Las conductas negativas como la agresión, inducidas por el estrés térmico, pueden impactar negativamente el estado afectivo del animal (Polsky y Von Keyserlingk 2017). El efecto del acceso a sombra sobre la frecuencia de interacciones agonísticas ha sido poco estudiado, pero se ha encontrado que la sombra reduce el estado afectivo negativo de las vacas lecheras cuando se encuentran fuera de su zona termo neutral.

Se ha demostrado que la interacción entre la cantidad de sombra disponible por animal y el nivel de calor en el ambiente, afecta la frecuencia de interacciones agonísticas en el ganado lechero; es decir, que entre menor es el área sombreada y mayor la temperatura, el valor de la sombra incrementa y por tanto los animales compiten más por el recurso. En Nueva Zelanda, Schütz *et al.* (2010) encontraron que las vacas participaron en menos interacciones agonísticas (3.2 vs. 10.7 interacciones/m²) al proporcionarles mayor cantidad de sombra por vaca (9.6 m²) que cuando esta área fue menor (2.4 m²). En este estudio, las vacas en el tratamiento con menor área comenzaron a competir por el recurso a partir de un HLI de 75. En el mismo sentido, Fisher *et al.* (2008) indican que un área de 3.6 m² de sombra por vaca pudo no ser suficiente para permitir que todo el grupo hiciera uso completo del recurso, debido a los efectos de la jerarquía social. De esta

manera, proporcionar un área total mayor o más de un área de sombra puede ser útil, permitiendo que las vacas de menor jerarquía eviten a los animales dominantes.

Vizzotto *et al.* (2015) reportaron un aumento de los eventos de agresión en las vacas privadas de sombra, además estas vacas podían observar a las otras vacas acceder a la sombra, lo que pudo haber aumentado su frustración a medida que aumentaba la severidad del estrés térmico. Por su parte Coimbra *et al.* (2012) constataron que la frecuencia de interacciones agonísticas fue mayor en vacas con sombra y el bebedero colocado en el pasillo, que con sombra y el bebedero dentro del potrero (sombra en el potrero en ambos casos), lo que demostró que hubo competencia por la sombra cuando el agua estaba ubicada en el pasillo y la protección de la sombra se volvió un recurso más importante en la termorregulación de las vacas si el agua no estaba cercana.

2.4.3 PRODUCCIÓN DE LECHE

En el Cuadro 3, se presenta un resumen de la información, obtenida por diferentes autores sobre producción de leche de vacas con y sin acceso a sombra. Aunque en algunas investigaciones se ha demostrado que la provisión de sombra en climas templados incrementa la producción de leche (Kendall *et al.* 2006, Fisher *et al.* 2008), otros autores no han encontrado este efecto (Schütz *et al.* 2010, Palacio *et al.* 2015, Vizzotto *et al.* 2015). Este contraste puede deberse, entre otras causas, a que las diferencias asociadas a la provisión de sombra son leves, tal como se observa en las escasas diferencias de producción en términos porcentuales.

Kendall *et al.* (2006) y Fisher *et al.* (2008) obtuvieron respuestas mínimas pero similares en la producción de leche, ambos trabajos se realizaron en la misma zona durante el verano con temperaturas medias que no sobrepasaron los 20.4 y 22.1 °C, y con un ITH máximo de 74.1 y 75.4, respectivamente. En contraste, en el estudio de Palacio *et al.* (2015) en el cual el ITH rara vez

sobrepasó valores de 72, no se detectaron diferencias en producción de leche por efecto de acceso a sombra. Se ha reportado que la producción de leche se reduce en 0.41 kg por cada incremento de una unidad ITH en valores mayores a 69 (Spiers *et al.* 2004). Esto sugiere que tal vez el efecto de la sombra sobre la producción de leche es más evidente en condiciones climáticas en que el ITH sobrepase valores de 72. Sin embargo, Vizzoto *et al.* (2015) no detectaron efecto de sombra sobre producción de leche, aunque el ITH superó el valor de 72 durante varios días; los autores reportaron que la temperatura nocturna fue baja. Al respecto, se ha sugerido que, si la temperatura nocturna permanece por debajo de 21 °C durante al menos 3 h, los animales pueden disipar el calor ganado durante el día (Igono *et al.* 1992).

Se ha demostrado que las vacas reducen el consumo de materia seca en 0.85 kg por cada aumento de 1 °C en la temperatura del aire por encima de la zona termo neutral (West 2003). En el mismo sentido, Kendall *et al.* (2006) atribuyeron las diferencias en la producción de leche a un incremento en el pastoreo nocturno, lo que propició un aumento en la producción de leche de la ordeña matinal en las vacas con acceso a sombra. El consumo de alimento está muy relacionado con la producción lechera, Perano *et al.* (2015) encontraron una disminución de 5 % en la producción de leche con una reducción en el consumo de alimento de 14 % en vacas bajo estrés térmico. Por su parte, Spiers *et al.* (2004) detectaron que el consumo de alimento disminuyó un día después al inicio del estrés térmico, en tanto que la producción de leche lo hizo dos días después, lo que indica que la reducción en producción fue consecuencia de la reducción en consumo. De manera similar, en el trabajo de Van laer *et al.* (2015b) en Bélgica, el aumento de HLI se asoció con una disminución de la producción de leche para las vacas sin provisión de sombra después de dos días, la que disminuyó 4.2 % al pasar de un HLI de 65 a 85.

El incremento en la producción de leche en vacas con sombra en los estudios de Fisher *et al.* (2008) y Kendall *et al.* (2006), pudiera corresponder a que las vacas que tuvieron acceso a sombra presentaron una TC menor, ya que de acuerdo con Spiers *et al.* (2004) la TC es un indicador asociado de la reducción de leche cuando las vacas se encuentran en estrés térmico. Probablemente corroborando esta relación, en los estudios de Schütz *et al.* (2010), Palacio *et al.* (2015) y Vizzoto *et al.* (2015) no se observaron efectos de la sombra sobre TC ni producción de leche.

De los estudios revisados en esta sección se puede concluir que, si el estrés térmico no es lo suficientemente severo como para propiciar cambios en la conducta de pastoreo o un incremento en la TC, la producción de leche no se verá afectada por proveer acceso a sombra. Por otra parte, en condiciones ambientales en las cuales las vacas tienen suficiente enfriamiento nocturno, se contrarresta el efecto de su estrés térmico diurno porque pueden disipar el calor ganado durante el día, mitigando consecuencias sobre la producción. Estos resultados fundamentan la necesidad de no vincular necesariamente las mejoras en bienestar animal con aumento en la productividad (Martínez *et al.* 2016).

2.5 CONCLUSIONES

Con base en la literatura revisada, se puede concluir que, si la temperatura ambiental supera 25 °C, la provisión de sombra mejora el bienestar del ganado lechero en pastoreo. La sombra previene un incremento en la temperatura corporal, frecuencia respiratoria y concentración de cortisol; sin embargo, la producción de leche no siempre aumenta por la provisión de sombra. Adicionalmente, el ganado tiene una motivación muy alta para acceder a la sombra, incluso a costa de una reducción de los tiempos de descanso, lo que indica que la provisión de sombra es un recurso de gran valor que provoca estados afectivos positivos. No obstante, diversos factores

afectan el uso de sombra y, por tanto, modifican el grado de su beneficio sobre el bienestar. El uso de sombra depende de los niveles de radiación solar bloqueada, la cantidad y proximidad del recurso, y los niveles de temperatura y humedad del ambiente. En consecuencia, se recomienda que en condiciones climáticas que sobrepasen 25 °C se debe proveer de sombra al ganado lechero para incrementar su bienestar; no obstante, se debe prestar especial atención a la calidad y cantidad de sombra provista, para así maximizar el beneficio y reducir la competencia por el recurso.

2.6 LITERATURA CITADA

Abreu PG, Abreu VMN, Franciscón L, Coldebella A, Do Amaral AG (2011) Estimativa da temperatura de globo negro a partir da temperatura do bulbo seco. *Engenharia na Agricultura* 19: 557-563.

Alexander RD (1974) The evolution of social behavior. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5: 325-383.

Allen JD, Hall LW, Collier RJ, Smith JF (2015) Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows, experiencing mild to moderate heat stress. *Journal of Dairy Science* 98: 118-127.

Améndola L, Solorio FJ, Ku-Vera JC, Améndola-Massiotti RD, Zarza H, Galindo F (2015) Social behaviour of cattle in tropical silvopastoral and monoculture systems. *Animal* 10: 863-867.

Armbrecht L, Lambertz C, Albers D, Gauly M (2019) Assessment of welfare indicators in dairy farms offering pasture at differing levels. *Animal* 13: 2336-2347.

Armstrong DV (1994) Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science* 77: 2044-2050.

Beauchemin KA (2018) Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 101:4762-4784.

- Beede DK, Collier RJ (1986) Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *Journal of Animal Science* 62: 543-554.
- Berman A, Folman Y, Kaim M, Mamen M, Herz Z, Wolfenson D, et al. (1985) Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. *Journal of Dairy Science* 68: 1488-1495.
- Boissy A, Manteuffel G, Jensen MB, Moe RO, Spruijt B, Keeling LJ, et al. (2007) Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. *Physiology & Behavior* 92: 375-397.
- Broom DM (1981) *Biology of behaviour*. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom. 320 p.
- Broom DM, Fraser AF (2007) *Domestic animal behaviour and welfare*. 4th Edition. CABI. Wallingford, United Kingdom.
- Coimbra PAD, Machado Filho LCP, Hötzel MJ, (2012) Effects of social dominance, water trough location and shade availability on drinking behaviour of cows on pasture. *Applied Animal Behaviour Science* 139: 175-182.
- Combs D (1996) Drinking water requirement for heat stressed dairy cattle. University of Wisconsin Dairy Profit Report. 8(3).
- Das R, Sailo L, Verma N, Bharti P, Saikia J, Imtiwati, Kumar R (2016) Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary World* 9: 260-268.
- De Andrade RF, Mogollón GHD, Vallejo AVH, De Souza NC, José VC, Roberto SJ (2017) Thermoregulatory responses of Holstein cows exposed to experimentally induced heat stress. *Journal of Thermal Biology* 66: 68-80.
- Fisher AD, Roberts N, Bluett SJ, Verkerk GA, Matthews LR (2008) Effects of shade provision on the behaviour, body temperature and milk production of grazing dairy cows during a New Zealand summer. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 51: 99-105.
- Fraser AF, Broom DM (1990) *Farm animal behaviour and welfare*. 3rd Edition. Publisher: Bailliere Tindall then CABI. Wallingford, United Kingdom. 437p.

- García E. (2004) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Quinta Edición Instituto de Geografía de la UNAM. México. 90p.
- Gaughan JB, Mader TL, Holt SM, Lisle A (2008) A new heat load index for feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 86: 226-234.
- Gaughan JB, Bonner S, Loxton I, Mader TL, Lisle A, Lawrence R (2010) Effect of shade on body temperature and performance of feed lot steers. *Journal of Animal Science* 88: 4056-4067.
- Gregorini P, Tamminga S, Gunter SA (2006) Review: Behavior and daily grazing patterns of cattle. *The Professional Animal Scientist* 22: 201-209.
- Hahn GL, Mader TL and Eigenberg RA (2003) Perspective on development of thermal indices for animal studies and management. In: Lacetera N, Bernabucci U, Khalifa HH, Ronchi B, Nardone A (ed). *Proc Symp Interactions between climate and animal production*, Wageningen Academic Publishers. Wageningen, The Netherlands. pp: 31-44.
- Herbers JM (1981) Time resources and laziness in animals. *Oecologia* 49: 252-262.
- Herbut P, Angrecka S (2018) Relationship between THI level and dairy cows' behaviour during summer period. *Italian Journal of Animal Science* 17: 226-233.
- Higgins SF, Agouridis CT, Wightman SJ (2011) Shade options for grazing cattle. University of Kentucky. College of Agriculture. Lexington, USA. 8p.
- Hurnik JF (1988) Welfare of farm animals. *Applied Animal Behaviour Science*. 20: 105-117.
- Igono MO, Bjotvedt G, Sanford-Crane HT (1992) Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holstein cows in desert climate. *International Journal of Biometeorology* 36: 77-87.
- Johnson HD (1987) Bioclimates and livestock. In: Johnson HD (ed). *Bioclimatology and the adaptation of livestock*. World Animal Science. Elsevier Science Publ. Co. New York, USA 35p.
- Kadzere CT, Murphy MR, Silanikove N, Maltz E (2002) Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science* 77: 59-91.

- Kamal R, Dutt T, Patel M, Dey A, Bharti PK, Chandran PC (2018) Heat stress and effect of shade materials on hormonal and behavior response of dairy cattle: A review. *Tropical Animal Health and Production* 50: 701-706
- Kendall PE, Nielsen PP, Webster JR, Verkerk GA, Littlejohn RP, Matthews LR (2006) The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. *Livestock Science* 103: 148-157.
- Korte SM, Olivier B, Koolhaas JM (2007) A new animal welfare concept based on allostasis. *Physiology & Behavior* 92: 422-428.
- Kovács L, Kézér FL, Ruff F, Szenci O, Bakony M, Jurkovich V (2019) Effect of artificial shade on saliva cortisol concentrations of heat-stressed dairy calves. *Domestic Animal Endocrinology* 66: 43-47.
- Lesimple C (2020) Indicators of Horse Welfare: State-of-the-Art. *Animals*: 10: 294.
- Martínez GM, Suárez VH, Ghezzi MD (2016) Bienestar animal en bovinos de leche: selección de indicadores vinculados a la salud y producción. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 42: 153-160.
- Moretti R, Biffani S, Chessa S, Bozzi R (2017) Heat stress effects on Holstein dairy cows' rumination. *Animal* 11: 2320–2325.
- Möstl E, Palme R (2002) Hormones as indicators of stress. *Domestic Animal Endocrinology* 23: 67-74.
- Muller CJC, Botha JA, Coetzer WA, Smith WA (1994) Effect of shade on various parameters of Friesian cows in a mediterranean climate in South Africa. 2. Physiological responses. *South African Journal of Animal Science* 24:56-60.
- Nejad JG, Lee BH, Kim JY, Chemere B, Kim SC, Kim BW et al. (2019) Body temperature responses and hair cortisol levels in dairy Holstein cows fed high- and low-forage diet and under water deprivation during thermal-humidity exposure. *Annals of Animal Science* 19: 113–125.

- Oliveira SEO, Costa CCM, Neto MC, Costa FAD, Maia ASC (2019) Effects of shade location and protection from direct solar radiation on the behavior of Holstein cows. *International Journal of Biometeorology* 63: 1465-1474.
- Osei-Amponsah R, Dunshea FR, Leury BJ, Cheng L, Cullen B, Joy A et al. (2020) Heat stress impacts on lactating cows grazing Australian summer pastures on an automatic robotic dairy. *Animals* 10: 869.
- Palacio S, Bergeron R, Lachance S, Vasseur E (2015) The effects of providing portable shade at pasture on dairy cow behavior and physiology. *Journal of Dairy Science* 98: 6085-6093.
- Perano KM, Usack JG, Angenent LT, Gebremedhin KG (2015) Production and physiological responses of heat-stressed lactating dairy cattle to conductive cooling. *Journal of Dairy Science* 98: 5252–5261.
- Polsky L, Von Keyserlingk MAG (2017) Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science* 100: 8645-8657.
- Rault JL (2012) Friends with benefits: Social support and its relevance for farm animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 136: 1-14.
- Ravagnolo O, Misztal I (2002) Studies on genetics of heat tolerance in dairy cattle with reduced weather information via cluster analysis. *Journal of Dairy Science* 85: 1586-1589.
- Rees A, Fischer-Tenhagen C, Heuwieser W (2016) Effect of heat stress on concentrations of faecal cortisol metabolites in dairy cows. *Reproduction in Domestic Animals* 51: 392-399.
- Roefeldt S (1998) You can't afford to ignore heat stress. *Dairy Manage* 35: 6-12.
- Roman-Ponce H, Thatcher WW, Buffington DE, Wilcox CJ, VanHorn HH (1977) Physiological and production responses of dairy cattle to a shade structure in a subtropical environment. *Journal of Dairy Science* 60: 424-430.
- Schütz KE, Cox NR, Matthews LR (2008) How important is shade to dairy cattle? Choice between shade or lying following different levels of lying deprivation. *Applied Animal Behaviour Science* 114: 307-318.

- Schütz KE, Rogers AR, Cox NR, Tucker CB (2009) Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: Shade use, behaviour, and body temperature. *Applied Animal Behaviour Science* 116: 28-34.
- Schütz KE, Rogers AR, Poulouin YA, Cox NR, Tucker CB (2010) The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 93: 125-133.
- Schütz KE, Cox NR, Tucker CB (2014) A field study of the behavioral and physiological effects of varying amounts of shade for lactating cows at pasture. *Journal of Dairy Science* 97: 3599-3605.
- Sheahan AJ, Gibbs SJ, Roche JR (2013) Diurnal patterns of grazing behavior and humoral factors in supplemented dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96: 3201-3210.
- Silanikove N (2000) Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science* 67: 1-18.
- Spiers DE, Spain JN, Sampson JD, Rhoads RP (2004) Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows. *Journal of Thermal Biology* 29: 759-764.
- Spiers DE, Spain JN, Ellersieck MR, and Lucy MC (2018) Strategic application of convective cooling to maximize the thermal gradient and reduce heat stress response in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 101: 1-15.
- Tucker BC, Rogers AR, Schütz KE (2008) Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Applied Animal Behaviour Science* 109: 141-154.
- Valtorta SE, Leva PE, Gallardo MR (1997) Evaluation of different shades to improve dairy cattle well-being in Argentina. *International Journal of Biometeorology* 41: 65-67.
- Van laer E, Moons CPH, Sonck B, Tuytens FAM (2014) Importance of outdoor shelter for cattle in temperate climates. *Livestock Science* 159: 87-101.

- Van laer E, Moons CPH, Ampe B, Sonck B, Vandaele L, De Campeneere S, et al. (2015a) Effect of summer conditions and shade on behavioural indicators of thermal discomfort in Holstein dairy and Belgian Blue beef cattle on pasture. *Animal* 9: 1536-1546.
- Van laer E, Tuytens FAM, Ampe B, Sonck B, Moons CPH, Vandaele L (2015b) Effect of summer conditions and shade on the production and metabolism of Holstein dairy cows on pasture in temperate climate. *Animal* 9: 1547-1558.
- Veissier I, Van laer E, Palme R, Moons CPH, Ampe B, Sonck B, et al. (2018) Heat stress in cows at pasture and benefit of shade in a temperate climate region. *International Journal of Biometeorology* 62: 585-595.
- Verkerk GA, Phipps AM, Carragher JF, Matthews LR, Stelwagen K (1998) Characterization of milk cortisol concentrations as a measure of short-term stress responses in lactating dairy cows. *Animal Welfare* 7: 77-86.
- Vizzotto EF, Fischer V, Thaler Neto A, Abreu AS, Stumpf MT, Werncke D, et al. (2015) Access to shade changes behavioral and physiological attributes of dairy cows during the hot season in the subtropics. *Animal* 9: 1559-1566.
- West JW (2003) Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 86: 2131-2144.
- Yadav B, Singh G, Verma AK, Dutta N, Sejjan V (2013) Impact of heat stress on rumen functions. *Veterinary World* 6: 992-996.
- Yousef MK (1985) *Stress physiology in livestock*. Vol. 1. CRC Press, Florida, USA. pp: 67-73.

Cuadro 1. Temperatura corporal, frecuencia respiratoria y niveles de cortisol en vacas sin (NS) y con (S) sombra.

Fuente	Condiciones del estudio	Temperatura corporal (°C)		DT (%)	Frecuencia respiratoria (Resp/min)		DFR (%)	Cortisol		DC (%)
		NS	S		NS	S		NS	S	
Muller <i>et al.</i> 1994	TMD<25°C									
	13:00	38.54	38.58	0.1	53.6	52.98	-1.2			
	15:00	38.63	38.55	-0.2	51.6	55.18	6.9			
	TMD>25°C									
	13:00	38.99	38.68	-0.8*	80.99	63.66	-20**	Sangre (nmol /l)		
15:00	39.05	38.69	-0.9*	77.59	66.2	-14.7**	25.57	22.27	-12*	
Valtorta <i>et al.</i> 1997		40.1	39.3	-2*	78.9	60.7	-23*			
Tucker <i>et al.</i> 2008	%Bloqueorad									
	25	37.9	37.9	0						
	50		37.9	0						
	90		37.7	0.5*						
Schütz <i>et al.</i> 2010	Sombra/vaca									
	2.4 m ²	38.5	38.4	-0.3	62	57	-8**			
	9.6 m ²		38.4	-0.3		51	-17.7**			
Vizzotto <i>et al.</i> 2015		39.9	39.5	-1	80.5	60.5	-24.8***			
Palacio <i>et al.</i> 2015		38.6	38.6	0						
Schütz <i>et al.</i> 2014					73	65	-11			
Van laer <i>et al.</i> 2015	HLI=85	39.5	39.2	-0.8*						
Veissier <i>et al.</i> 2018	HLI							Heces (ng/g)		
	79							39.7	35.9	-9.6

DT: diferencia en temperatura corporal entre vacas con y sin sombra. DFR: diferencia en frecuencia respiratoria entre vacas con y sin sombra. DC: diferencia en cortisol entre vacas con y sin sombra. TMD: temperatura máxima durante el día. %Bloqueorad: porcentaje de bloqueo de la radiación solar por la sombra. HLI: (índice de carga térmica). * Diferencia significativa entre tratamientos, dentro de referencia.

Cuadro 2. Tiempo de pastoreo, descanso y rumia de vacas sin (NS) y con (S) sombra.

Fuente	Condiciones del estudio	Tiempo pastoreo (h)		DTP (%)	Tiempo de pie (h)		DTDP (%)	Tiempo echada (h)		DTE (%)	Tiempo rumia (h)		TDR (%)
		NS	S		NS	S		NS	S		NS	S	
Kendall <i>et al.</i> 2006	12:00-14:00	0.9	0.38	136*	0.9	1.54	71*						
	24 h	9.2	8.9	-3.3	3.7	4.1	10.8	8.4	8.3	-1.2			
Tucker <i>et al.</i> 2008	%Bloqueorad												
	25	8.4	8.4	0	5.5	5.2	-5.5	1.6	1.9	18.8			
	50		8.6	2.4		5.2	-5.5		1.7	6.25			
Fisher <i>et al.</i> 2008	99		8.5	1.2		5.4	-1.8		1.6	0			
	15:30-00:30	3.5	3.4	-2.9	1.52	1.50	-1.3	0.02	0.10	400*			
	00:00-03:30	0.35	0.63	80*	0.3	0.2	-33.3	2.9	2.6	-10.3			
Schütz <i>et al.</i> 2010	24 h	8.2	8.2	0	4	4.1	2.5	8.5	8.3	-2.4			
	10:00-15:50												
	Sombra/vaca												
Palacio <i>et al.</i> 2015	2.4 m ²	2.3	2.3	0	2.5	2.7	8	0.9	0.8	-11			
	9.6 m ²		2.1	-9.5		2.9	16		0.8	-11			
Vizzotto <i>et al.</i> 2015	11:30-15:30 (3 h)	0.4	0.7	75*				0.5	0.9	80*			
Vizzotto <i>et al.</i> 2015	5:30-21:00 (11 h)	3.8	3.5	8	3.5	3.52	0	Total			Total		
								2.32	2.9	25	2.7	3.3	22.2**
								Des.			DP		
								1.1	1.5	36**	1.5	1.9	26.7*

DTP: diferencia en tiempo de pastoreo entre vacas con y sin sombra. DTDP: diferencia en tiempo de pie entre vacas con y sin sombra. DTE: diferencia en tiempo echada entre vacas con y sin sombra. TDR: diferencia en tiempo de rumia entre vacas con y sin sombra. * Diferencia significativa entre tratamientos, dentro de referencia. %Bloqueorad: porcentaje bloqueo de la radiación solar de la sombra. Des.: descanso, sin movimientos mandibulares. DP: rumia de pie.

Cuadro 3. Producción de leche de vacas sin (NS) y con (S) sombra.

Fuente	Localización del estudio	Producción		DPL
		NS	S	
Kendall <i>et al.</i> 2006	Hamilton, Nueva Zelanda	17.2	17.7	3%*
	Holstein Friesian	Kg	Kg	
Fisher <i>et al.</i> 2008	Hamilton, Nueva Zelanda	13.85	14.31	3%*
	Holstein-Friesian	Kg	Kg	
Schütz <i>et al.</i> 2010	Hamilton, Nueva Zelanda	18.8	18.5	-2%ns
	Holstein-Friesian	L	L	
Palacio <i>et al.</i> 2015	Saint Lawrence Lowlands	25.6	24.7	-4%ns
	Canadá	L	L	
	Holstein			
Vizzotto <i>et al.</i> 2015	Santa Catarina, Brasil	22.2	21.2	-5%ns
	Holstein	L	L	

DPL: diferencia en producción de leche por día; *: efecto significativo entre tratamientos; ns: no se detectaron efectos significativos entre tratamientos.

Este capítulo fue enviado a *Agrociencia* el 27 de mayo de 2021.

3 COMPORTAMIENTO DE PASTOREO DE VACAS LECHERAS CON ACCESO A SOMBRA

Marisol Ortiz-Texon¹, Rodolfo Ramírez-Valverde¹, María Esther Ortega-Cerrilla², Juan
Andrés Burgueño-Ferreira³, Ricardo Daniel Améndola-Massiotti¹

¹Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo, carretera México-
Texcoco km 38.5. CP. 56230, Chapingo, Estado de México.

²Colegio de Postgraduados, carretera México-Texcoco Km. 36.5, CP. 56230,
Montecillo, Estado de México.

³Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, carretera México-Veracruz,
Km. 45, CP. 56237, Texcoco, Estado de México.

*Autor para correspondencia: (r_amendola@yahoo.com).

3.1 RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo probar la hipótesis de que el acceso a sombra modifica el comportamiento de pastoreo en vacas lecheras. Durante las épocas cálida (mayo) y fresca (octubre) de 2017, 18 vacas Holstein Neozelandés en lactación, se mantuvieron bajo condiciones de pastoreo divididas en dos tratamientos, 1) con acceso a sombra y 2) sin acceso a sombra. Su comportamiento se registró cada diez minutos durante cinco días, en cada fase experimental. Las variables de respuesta fueron los tiempos de: rumia en posición de pie, rumia en posición echada, total de rumia, descanso en posición de pie, descanso en posición echada, descanso total, y pastoreo. Los datos fueron clasificados como de los periodos diurno (07:00 a 19:00 h) y nocturno (19:00 a 07:00 h); para el análisis diurno la información se agrupó en cuatro turnos, T1 (07:00-10:00 h), T2 (10:00-13:00 h), T3 (13:00-16:00 h), y T4 (16:00-19:00 h). En la época cálida (mayo) las vacas con acceso a sombra pastorearon 16% menos ($p < 0.05$) en los turnos de mayor índice de temperatura – humedad (ITH) y radiación solar, momentos en que permanecían en la sombra. Durante la época fresca (octubre) en los momentos de mayor ITH y radiación solar, las vacas con acceso a sombra rumiaron de pie 44% más tiempo ($p < 0.05$), su tiempo total de rumia fue 30.7% mayor ($p < 0.05$); mientras que las vacas sin acceso aumentaron ($p < 0.05$) su tiempo de descanso de pie 22.5%. El acceso a sombra no cambió ($p > 0.05$) el tiempo de rumia de pie o echada, descanso de pie o echada durante las 24 h en ambas épocas. Las vacas usaron preferencialmente la sombra como refugio durante la noche. El acceso a sombra modificó la conducta de vacas lecheras pastando en clima templado de México.

Palabras clave: Bienestar animal, radiación solar, sombra, conducta, pastoreo.

3.2 INTRODUCCIÓN

Hay un creciente interés social en el bienestar de los animales, que ha llevado a buscar mejoras en la manera de producir, que minimicen aspectos ambientales que pueden generar incomodidad en las vacas lecheras.

La exposición de los animales a temperatura ambiental, radiación solar y humedad elevadas provoca un desequilibrio entre la producción de calor metabólico y su disipación, lo que resulta en estrés calórico (Silanikove, 2000; Das *et al.*, 2016). Animales en estrés calórico modifican su comportamiento de pastoreo (Vizzotto *et al.*, 2015), y reducen su actividad física como caminar o rumiar (Das *et al.*, 2016). El índice de temperatura – humedad (ITH) ha sido usado como una medida de confort térmico en vacas lecheras (Ravagnolo y Misztal, 2002); sin embargo, existen investigaciones en las que se demuestra que la radiación solar también juega un papel importante en el confort del ganado lechero (Tucker *et al.*, 2008; Schütz *et al.*, 2009).

En la producción animal en climas templados se desconoce en gran medida si las vacas están sufriendo incomodidad ocasionada por las condiciones ambientales, y si, por tanto, se requiere actuar para prevenir dicha incomodidad (Van laer *et al.*, 2014); de hecho, no es frecuente que se proporcione sombra a las vacas en pastoreo (Van laer *et al.*, 2015b; Veissier *et al.*, 2018). No obstante, existe evidencia de que incluso en condiciones templadas, las vacas pueden presentar moderado estrés térmico (Fisher *et al.*, 2008; Schütz *et al.*, 2009). En dichas condiciones climáticas, proporcionar sombra a las vacas lecheras puede ser un recurso para mitigar los efectos de las condiciones climáticas, permitiéndoles modificar su conducta de pastoreo (Kendall *et al.*, 2006; Palacio *et al.*, 2015), y aumentar

su tiempo de descanso echadas durante las horas de mayor calor (Palacio *et al.*, 2015; Vizzotto *et al.*, 2015). Por lo anterior los objetivos de este estudio fueron investigar cambios en el tiempo de pastoreo, rumia y descanso de vacas lecheras con o sin sombra durante dos épocas del año contrastantes en una zona templada de México.

3.3 MATERIALES Y MÉTODOS

Con la finalidad de determinar el uso de sombra por vacas lecheras en pastoreo en diferentes épocas el año, la investigación se desarrolló en dos fases; la primera en el mes de mayo, que es la época más cálida en el sitio experimental, y la segunda en octubre, considerada una temporada más fresca que coincide con la época de otoño. El trabajo se realizó durante 2017 en las instalaciones del Módulo de Producción de Leche en Pastoreo de la Universidad Autónoma Chapingo (19° 29' N y 98° 54' O, y 2240 msnm). El clima de la región corresponde a un templado subhúmedo, con 644.8 mm de precipitación media anual y régimen de lluvias en verano; la temperatura media anual entre 12 y 18 °C; mayo es el mes más caluroso (17.9 °C) y enero el más frío (11.2 °C) (García, 2004).

Se evaluaron dos tratamientos: 1) con acceso a sombra, y 2) sin acceso a sombra. Para ello, se utilizaron 18 vacas Holstein Neozelandés en lactancia, las cuales se distribuyeron al azar estratificado entre los tratamientos, considerando el peso vivo, días en leche y edad. En la fase experimental de mayo, las vacas tuvieron un peso inicial de 487.9 ± 8.64 kg y una producción inicial de leche de 19.51 ± 1.37 L d⁻¹. En octubre las vacas tuvieron un peso inicial de 523.9 ± 19.8 kg y una producción inicial de leche de 15.98 ± 0.77 L d⁻¹.

Las vacas se manejaron en pastoreo rotacional en seis potreros de praderas asociadas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.). Durante

la fase de mayo, las vacas fueron suplementadas con 2.7 kg MS d⁻¹ de concentrado comercial y 2.1 kg MS d⁻¹ de ensilado de maíz, y durante la de octubre recibieron 2.7 kg MS d⁻¹ de concentrado comercial y 3.5 kg MS d⁻¹ de ensilado de maíz. Las sombras artificiales se construyeron con malla sombra al 80% sostenida por tubos de acero conforme al diseño propuesto por Higgins *et al.* (2011). Se usaron cuatro estructuras de 4 x 4 m cada una (7.11 m² de sombra vaca⁻¹). El bebedero se colocó cerca de la sombra.

El comportamiento de las vacas se registró durante cinco días en cada fase experimental en ciclos de 24 h; el registro de las actividades se realizó cada diez minutos por el método de barrido sugerido por Martin y Batenson (1986), con observadores previamente entrenados. Las observaciones se dividieron en diurnas (de 7:00 a 19:00 h) y nocturnas (de 19:00 a 7:00 h). En función de la radiación solar, el periodo diurno se dividió en cuatro turnos: T1 (7:00-10:00), T2 (10:00-13:00), T3 (13:00-16:00) y T4 (16:00-19:00). El registro de las actividades relacionadas con la conducta de pastoreo incluyó si la vaca se encontraba pastoreando, rumiando de pie o echada, y en descanso (sin movimientos mandibulares) de pie o echada (Penning y Rutter, 2004); además, se registró la ubicación, es decir, si la vaca se encontraba dentro o fuera de la sombra.

La radiación solar, temperatura y humedad relativa se midieron dentro y fuera de la sombra, utilizando un medidor solar (Amprobe® SOLAR-100 Solar Power, Glottertal, Alemania) y un termo higrómetro (Amprobe® THWD-5, Glottertal, Alemania). El ITH se calculó para las 11:00, 15:00 y 17:00 h con la Ecuación 1 (Ravagnolo y Misztal, 2002).

$$ITH = (1.8 \times T + 32) - ((0.55 - 0.0055 \times RH) \times (1.8 \times T - 26)) \dots \quad \text{Ecuación 1}$$

donde T es la temperatura del aire (°C) y RH es la humedad relativa del ambiente (%).

Para determinar los cambios en el uso de sombra, se realizó un análisis con el procedimiento MIXED (SAS, 2004). El modelo incluyó los efectos fijos de tratamiento, periodo, día, su interacción, y el efecto aleatorio de vaca; para el análisis de los periodos diurno y nocturno, se incluyó únicamente el efecto de tratamiento, periodo y día. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey con un $\alpha=0.05$.

Para el análisis de las conductas registradas en los muestreos de barrido, se sumó el tiempo dedicado a cada conducta por vaca para obtener el tiempo total en cada periodo; posteriormente se obtuvo el promedio de cada tratamiento, para los turnos T2, T3 y T4, periodos diurno, nocturno y total. Las variables dependientes fueron tiempos de pastoreo, rumia de pie, rumia echada, total de rumia, descanso de pie, descanso echada y descanso total.

El análisis se realizó con el procedimiento GLM (SAS, 2004), para los turnos T2, T3 y T4, el modelo incluyó el efecto de tratamiento, turno, interacción tratamiento x turno, y día, así como la inclusión de ITH y radiación solar como covariables; para los periodos diurno, nocturno y total el modelo incluyó el efecto de tratamiento día y su interacción. Las medias de los tratamientos se obtuvieron con la instrucción LSMEANS y su comparación se obtuvo con PDIFF.

3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones climáticas

La radiación solar y el ITH durante tres turnos del día en ambas fases, se presentan en la Figura 1. Se detectaron amplias variaciones en ITH y radiación solar entre los tres turnos, así como entre días.

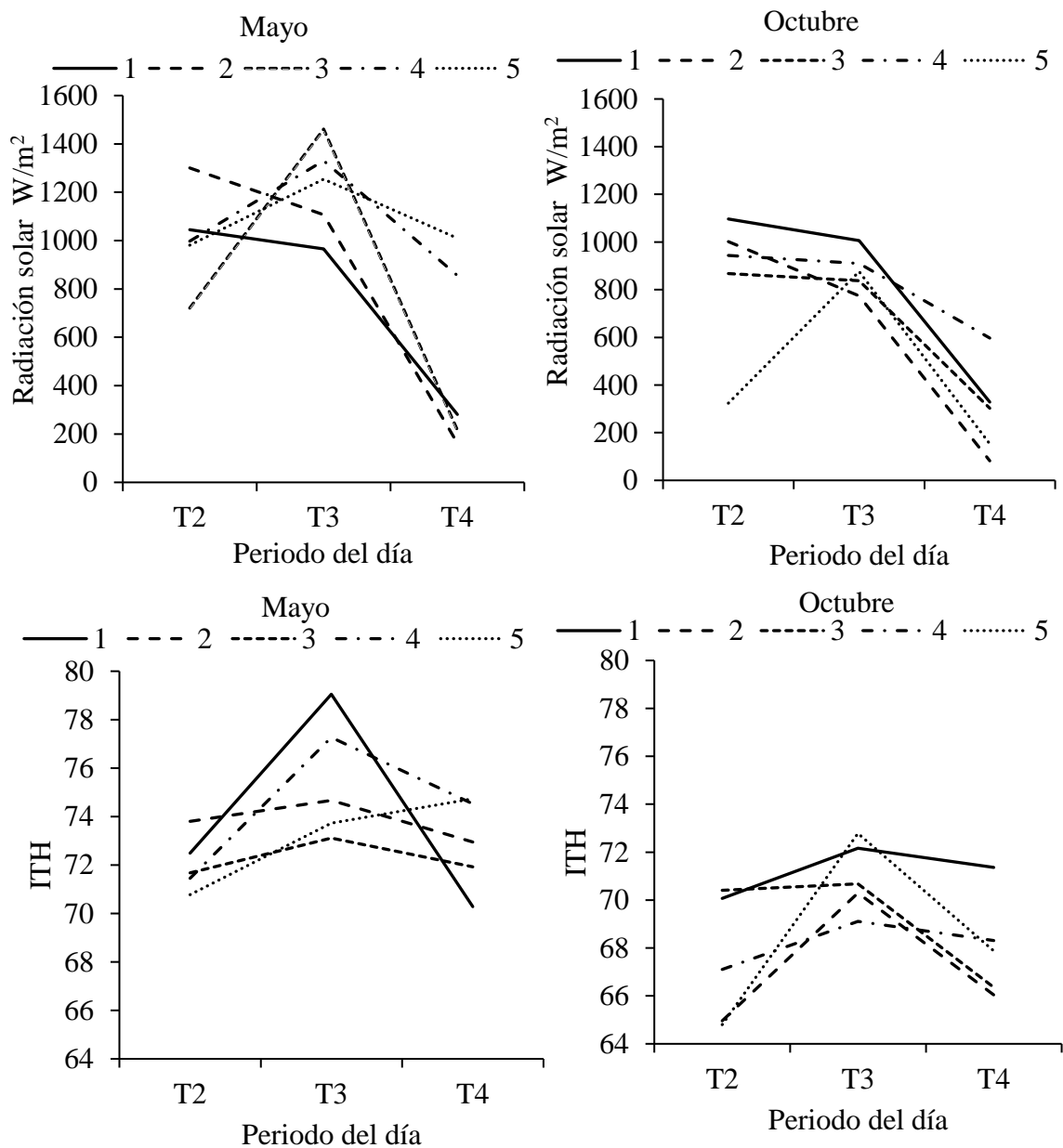


Figura 1. Radiación solar registrada en diferentes turnos del día en los cinco días de muestreo en mayo y octubre; ITH calculado para diferentes turnos del día en los cinco días de muestreo en mayo y octubre.

En general, para ambas variables climáticas los valores mayores en mayo fueron los registrados en el T3; mientras que en octubre la radiación solar en T2 y T3 fue similar.

Los valores más altos de radiación solar durante la época cálida de mayo se presentaron los días 3 y 4, mientras que los valores de ITH en el T3 durante los 5 días experimentales fueron superiores a 72, valor de referencia para estrés por calor leve en ganado lechero (Armstrong,1994). En la época fresca de octubre, la mayor radiación se presentó en el T2 de los días 1 y 2, mientras que el ITH superó 72 en los días 1 y 5 durante el T3.

Uso de sombra

En el Cuadro 4 se muestra el uso de sombra por las vacas. En ambas fases se presentaron diferencias ($p < 0.05$) por efecto de periodo, turno y día, así como su interacción para los cuatro turnos del día.

El uso de sombra no fue diferente ($p > 0.05$) entre los periodos diurno y nocturno en la época cálida de mayo; no obstante, el tiempo que las vacas dedicaron a hacer uso de la sombra durante los días de evaluación fue mayor ($p < 0.05$) durante el T3, mientras que el valor más alto de uso de la instalación se obtuvo en el periodo nocturno del día 1. Los cambios en el uso de sombra a través de los turnos entre las fases experimentales pueden deberse a las evoluciones del ITH y la radiación solar (Figura 1); en mayo ambas variables presentaron los valores más altos en el T3, mismos que sobrepasaron el valor crítico de un ITH de 72. Al respecto, Schütz *et al.* (2010) reportaron que las vacas en un clima templado de Nueva Zelanda usaron en mayor medida la sombra cuando el ITH alcanzó dicho valor (ITH: 72, temperatura del aire: 24.9). Fisher *et al.* (2008) también en un clima templado encontraron que las vacas comenzaron a usar la sombra cuando el ITH alcanzó 73.6 y la temperatura del aire 25 °C.

Cuadro 4. Uso de sombra (min) por vacas lecheras en pastoreo, durante los días de evaluación en diferentes periodos y turnos del día en mayo y octubre.

Periodo o turno	Día					Media periodo o turno	EE	Niveles de significancia		
	1	2	3	4	5			Periodo o turno	Día	Periodo o turno x Día
Mayo										
T1	0	0	0	0	2.2	0.4	4.87	<.0001	0.0013	<.0012
	c	c	c	c	c					
T2	11.1	3.3	2.2	1.1	13.3	6.2				
	c	c	c	c	bc					
T3	37.8	7.8	21.1	31.1	42.2	28				
	a	c	abc	ab	a					
T4	1.11	14.1	0	2.2	12.2	6				
	c	bc	c	c	bc					
Media día	12.5	6.4	5.8	8.6	17.5					
Diurno	50	25.6	23.3	34.4	70	40.7	22.39	0.3891	<.0001	<.0001
	b	b	b	b	b					
Nocturno	193.3	0	54.4	4.4	10	52.4				
	a	b	b	b	b					
Media día	121.7	12.8	38.9	19.4	40					
Octubre										
T1	2.2	17.8	2.2	1.1	6.7	6	6.74	<.0001	<.0001	<.0001
	d	cd	d	d	d					
T2	23.3	40	25.6	10	5.6	20.9				
	bcd	bc	bed	cd	d					
T3	32.2	36.7	8.9	45.5	81.1	40.9				
	bdc	bc	cd	b	a					
T4	10	32.2	8.9	30	13.3	18.9				
	cd	bcd	cd	bcd	cd					
Media día	17	31.7	11.4	21.7	26.7					
Diurno	67.8	126.7	45.6	87.8	106.7	86.9	43.7	0.0071	0.0004	0.0051
	b	b	b	b	b					
Nocturno	163.3	157.8	36.7	273.3	74.4	141.1				
	ab	ab	b	a	b					
Media día	115.6	142.2	41.1	180.6	90.6					

T1 (7:00-10:00), T2 (10:00-13:00), T3 (13:00-16:00), T4 (16:00-19:00). Medias de Periodo o Turno x Día

seguidas de índices similares no son diferentes ($p > 0.05$). EE=Error estándar.

En la época fresca de octubre, el mayor uso de sombra se presentó durante los turnos T2 y T3, pero los valores más altos ($p < 0.05$) se registraron en el periodo nocturno.

La radiación solar influye en la conducta de búsqueda de sombra, como sucedió en esta fase, en que los valores más altos de radiación se presentaron entre T2 y T3, lo que coincidió con el aumento en el uso de sombra durante ambos turnos.

Diversos estudios llevados a cabo en climas templados coinciden en que las vacas hacen un mayor uso del recurso sombra cuando el efecto de la protección contra la radiación solar es mayor (Tucker *et al.*, 2008; Oliveira *et al.*, 2019). Asimismo, existen otros factores determinantes del uso de sombra en vacas en pastoreo, como son la disponibilidad del recurso, la tendencia gregaria del ganado (las vacas siguen a otras dentro o fuera de la sombra para mantener la cohesión del grupo), la susceptibilidad al estrés por calor, y la posición en la jerarquía social (Van laer *et al.*, 2015a; Veissier *et al.*, 2018). En este estudio, las vacas tuvieron un periodo de un mes de habituación a la sombra, además hicieron uso de la estructura durante el primer día de evaluación indicando que estaban acostumbradas a la presencia de la estructura; la disponibilidad de sombra por vaca fue de 7.11 m², valor dentro de lo recomendado por Higgins *et al.* (2011) para vacas lecheras en pastoreo; no obstante, es posible que los efectos de la jerarquía social limitaran el uso de sombra.

Aunque el proceso de domesticación (selección por empatía y protección contra los depredadores) puede haber reducido la sensibilidad de los bovinos a los depredadores, la vigilancia contra estos sigue siendo relevante. Por tanto, el comportamiento anti-predatorio también puede influir en la búsqueda de refugio nocturno por el ganado (Van laer *et al.*, 2014). Además, en condiciones frías, Van laer *et al.* (2015c) reportaron que los refugios artificiales brindan una mejor protección contra la sensación térmica, lo cual puede explicar el mayor uso de sombra nocturno durante octubre en este estudio.

Comportamiento de pastoreo

El resultado del análisis de varianza para comportamiento de pastoreo en los turnos T2, T3 y T4 se muestra en los Cuadros 5 (mayo) y 6 (octubre), se incluye la significancia de los efectos y el porcentaje de reducción en la suma de cuadrados que explican la inclusión de ITH, radiación, e ITH + radiación como covariables.

Cuadro 5. Niveles de significancia del comportamiento de pastoreo para vacas con o sin acceso a sombra para los turnos T2, T3 y T4, en el mes de mayo.

Variable		Tratamiento	%SC	Turno	%SC	Tratamiento x Turno	Día
Pastorea	P	0.0320		<.0001		0.1509	0.7374
	ITH [†]	0.0707	27.4	<.0001	13.3		
	Rad [¶]	0.9951	99.9	0.0002	37.4		
	ITH+Rad [§]	0.9998	100	0.0004	40.3		
Rumia de pie	P	0.2088		<.0001		0.3160	0.6878
	ITH [†]			<.0001	0.5		
	Rad [¶]			<.0001	41.1		
	ITH+Rad [§]			0.0002	42.1		
Rumia echada	P	0.8968		0.0003		0.9809	0.730
	ITH [†]			0.0005	4.4		
	Rad [¶]			0.0007	13.6		
	ITH+Rad [§]			0.0023	28.7		
Rumia total	P	0.1470		<.0001		0.2155	0.9115
	ITH [†]			<.0001	0		
	Rad [¶]			<.0001	34.1		
	ITH+Rad [§]			<.0001	37.8		
Descansa de pie	P	0.4721		0.0020		0.92410	0.8062
	ITH [†]			0.0067	20.5		
	Rad [¶]			0.1391	74.3		
	ITH+Rad [§]			0.1883	77.5		
Descansa echada	P	0.8929		0.0017		0.2547	0.3083
	ITH [†]			0.0029	5.1		
	Rad [¶]			0.0276	48.9		
	ITH+Rad [§]			0.0333	48.9		
Descansa Total	P	0.5494		<.0001		0.4219	0.6538
	ITH [†]			<.0001	13.3		
	Rad [¶]			0.0027	65.4		
	ITH+Rad [§]			0.0042	66.6		

P Nivel de significancia, [†] Nivel de significancia y % de reducción en la suma de cuadrados (%SC) explicada por la inclusión de la covariable ITH, [¶] Nivel de significancia y % de reducción en la suma de cuadrados explicada por la inclusión de la covariable radiación, [§] Nivel de significancia y % de reducción en la suma de cuadrados explicada por la inclusión de ambas covariables.

En la época cálida de mayo hubo efecto de tratamiento ($p < 0.05$) en el tiempo de pastoreo (Cuadro 5), y en todas las actividades hubo efecto de turno ($p < 0.05$); sin embargo, en ninguna actividad hubo efectos de día y de la interacción tratamiento por turno ($p > 0.05$). Para todas las variables, la radiación solar explicó el mayor porcentaje de la suma de cuadrados del efecto de turno. Para tiempo de pastoreo, el ITH explicó 27.4% de la suma de cuadrados del efecto de tratamiento, y la radiación 99.9%, mientras que para el efecto de turno explicaron 13.3 y 37.4%, respectivamente.

Cuadro 6. Niveles de significancia del comportamiento de pastoreo para vacas con o sin acceso a sombra para los turnos T2, T3 y T4, en el mes de octubre.

Variable		Tratamiento	%SC	Turno	Día	Tratamiento x Turno	Día
Pastorea	<i>P</i>	0.8120		<0.0001		0.4529	0.7230
	ITH [†]			0.0082	58.6		
	Rad [¶]			0.0002	13.8		
	ITH+Rad [§]			0.0068	56.4		
Rumia de pie	<i>P</i>	0.0185		0.0048		0.6138	0.5123
	ITH [†]	0.0406	23.6	0.0125	18.1		
	Rad [¶]	0.0711	43.9	0.2138	76.1		
	ITH+Rad [§]	0.0545	34.4	0.1685	71.6		
Rumia echada	<i>P</i>	0.4412		0.0445		0.5475	0.5639
	ITH [†]			0.1986	49.6		
	Rad [¶]			0.0125	0		
	ITH+Rad [§]			0.0976	31.4		
Rumia total	<i>P</i>	0.0626		0.0300		0.8388	0.3432
	ITH [†]	0.1021	20.4	0.0403	4.6		
	Rad [¶]	0.0315	0	0.9069	97.8		
	ITH+Rad [§]	0.0230	0	0.6447	90.1		
Descansa de pie	<i>P</i>	0.0658		<.0001		0.4071	0.0727
	ITH [†]	0.0927	12.9	0.0002	15.7		
	Rad [¶]	0.0352	0	0.0006	36.1		
	ITH+Rad [§]	0.0311	0	0.0008	37.6		
Descansa echada	<i>P</i>	0.6970		0.0100		0.3929	0.1103
	ITH [†]			0.0320	27.3		
	Rad [¶]			0.0113	2.3		
	ITH+Rad [§]			0.1106	55.4		
Descansa total	<i>P</i>	0.0570		<.0001		0.7532	0.1337
	ITH [†]	0.1047	25.9	0.0001	2.3		
	Rad [¶]	0.1352	39.1	0.0030	50.3		
	ITH+Rad [§]	0.1083	27.3	0.0031	49.1		

P Nivel de significancia, [†] Nivel de significancia y % de reducción en la suma de cuadrados (%SC) explicada por la inclusión de la covariable ITH, [¶] Nivel de significancia y % de reducción en la suma de cuadrados

explicada por la inclusión de la covariable radiación, § Nivel de significancia y % de reducción en la suma de cuadrados explicada por la inclusión de ambas covariables.

Estos resultados evidencian la importancia de incluir los niveles de radiación solar junto con el ITH, como indicadores de estrés térmico en vacas lecheras en pastoreo (Tucker *et al.*, 2008; Schütz *et al.*, 2009).

En octubre hubo efecto ($p < 0.05$) de tratamiento (Cuadro 6) para rumia de pie, rumia total, y descanso de pie; además hubo efecto de turno para todas las variables. Para rumia de pie, rumia total, descanso de pie y descanso total, la radiación explicó el mayor porcentaje de la suma de cuadrados del efecto de turno, mientras que, para rumia echada, descanso echada y pastoreo, la mayor proporción la explicó el ITH. En la suma de cuadrados del efecto de tratamiento, el ITH explicó 23.6, 20.4 y 12.9% para rumia de pie, descanso total y descanso de pie. A pesar de que octubre es considerado una época fresca del año, estos resultados indican que los niveles de ITH y radiación solar durante dicho mes, pueden provocar cambios en el comportamiento de las vacas lecheras.

Los tiempos dedicados a cada actividad por las vacas con o sin acceso a sombra durante T2, T3 y T4 se presentan en los Cuadros 7 (mayo) y 8 (octubre).

En la época más cálida, las vacas con sombra mostraron 16% menos tiempo de pastoreo por turno (67.5 vs. 80.5 min \pm 3.92; $p < 0.05$) (Cuadro 7). El acceso a sombra no modificó ($p > 0.05$) los tiempos de rumia en posición de pie o echada, y total; y los tiempos de descanso (en posición de pie o echada, y total). Las vacas con sombra modificaron su tiempo de pastoreo durante el día; esta disminución estuvo relacionada principalmente con la radiación solar; además, el uso de la sombra aumentó cuando la radiación fue más alta, lo que indica que las vacas prefirieron hacer uso del recurso en lugar de dedicarlo a pastorear. En un trabajo realizado en Nueva Zelanda, Kendall *et al.* (2006) también

reportaron disminución de pastoreo en las vacas con sombra; estas pastorearon menos durante la tarde (de 12:00 a 14:00); sin embargo, aumentaron su tiempo de pastoreo nocturno (01:00 y 02:00); por tanto, el tiempo de pastoreo en las 24 h no fue diferente.

En el presente estudio, el tiempo de pastoreo nocturno no fue diferente entre vacas con o sin acceso a sombra ($p = 0.9319$; figura 2); dado que las vacas recibieron suplementación, es probable que no necesitaran compensar el menor tiempo de pastoreo diurno; además, la calidad y disponibilidad del forraje puede afectar la forma en que las vacas hacen el intercambio entre el uso de sombra y el pastoreo, ya que cuando tienen acceso a forraje de alta calidad pueden satisfacer sus necesidades metabólicas mediante el pastoreo en mañana y tarde (Tucker *et al.*, 2008).

Cuadro 7. Medias de mínimos cuadrados para variables de comportamiento de pastoreo (min) en vacas con o sin acceso a sombra durante diferentes turnos del día en mayo.

Efecto	Pastorea	Rumia de pie	Rumia echada	Rumia total	Descansa de pie	Descansa echada	Descansa total
Tratamiento							
NS	80.5 ^a	37.8	9.3	47.2	18.3	6.4	24.7
S	67.7 ^b	40	9.7	54.7	20.4	6.1	26.6
EE	3.92	3.91	1.99	3.54	2.07	1.53	2.15
Turno							
T2	74.2 ^b	56.6 ^a	17.22 ^a	73.9 ^a	19.4 ^a	7.7 ^a	27.1 ^b
T3	51.7 ^c	55.2 ^a	11.22 ^a	66.4 ^a	26.8 ^a	11.1 ^a	37.9 ^a
T4	96.4 ^a	12.4 ^b	0.11 ^b	12.15 ^b	11.9 ^b	0.11 ^b	12 ^c
EE	4.81	4.79	2.44	4.33	2.54	1.88	2.63

NS: vacas sin sombra, S: vacas con sombra, T2 (10:00-13:00), T3 (13:00-16:00), T4 (16:00-19:00). Medias con subíndices similares dentro de columna no son diferentes $p > 0.05$. EE=Error estándar.

Por el contrario, en la época más fresca de octubre (Cuadro 8), el acceso a sombra no afectó ($p > 0.05$) los tiempos dedicados a pastorear, rumiar en posición echada,

descanso en posición echada y total durante las horas de mayor ITH y radiación solar. En esa época, las vacas con acceso a sombra tuvieron 44% más tiempo de rumia mientras estaban de pie (46.4 vs. 32.2 min \pm 4.01 por turno; $p < 0.05$) y 30.7% más tiempo de rumia total (51.5 vs. 39.4 min \pm 4.58 por periodo; $p < 0.05$), y 22.5% menos tiempo descansando de pie (29.3 vs. 37.8 min \pm 3.25 por periodo; $p < 0.05$). En esta época, las vacas con sombra rumiaron más tiempo que las vacas que no tuvieron acceso al recurso durante las horas de mayor ITH y radiación solar, además dedicaron mayor tiempo a la actividad mientras estaban de pie.

Cuadro 8. Medias de mínimos cuadrados para variables de comportamiento de pastoreo (min) en vacas con o sin acceso a sombra durante diferentes turnos del día en octubre.

Efecto	Pastorea	Rumia de pie	Rumia echada	Rumia total	Descansa de pie	Descansa echada	Descansa total
Tratamiento							
NS	56.4	32.2 ^b	7.2	39.4 ^b	37.8 ^a	7.9	45.8
S	57.5	46.4 ^a	5.1	51.5 ^a	29.3 ^b	6.8	36.07
EE	3.06	4.01	1.84	4.58	3.25	1.96	3.69
Turno							
T2	68.7 ^a	40.9 ^a	9.9 ^a	50.9 ^a	38.9 ^a	13.9 ^a	52.8 ^a
T3	39.2 ^b	51.1 ^a	1.4 ^b	52.5 ^a	45.7 ^a	2.6 ^b	48.3 ^a
T4	62.9 ^a	25.8 ^b	7.1 ^{ab}	32.8 ^b	16 ^b	5.6 ^b	21.6 ^b
EE	3.75	4.91	2.26	5.62	3.98	2.4	4.53

NS: vacas sin sombra, S: vacas con sombra, T2 (10:00-13:00), T3 (13:00-16:00), T4 (16:00-19:00). Medias con subíndices similares dentro de columna no son diferentes $p > 0.05$. EE=Error estándar.

Estos resultados coinciden con lo encontrado por Vizzotto *et al.* (2015), en el que las vacas preferían rumiar de pie mientras hacían uso de la sombra. El tiempo total de rumia menor en las vacas que no tuvieron acceso a la sombra, ha sido reportado por Moretti *et al.* (2017), al evaluar el efecto del estrés por calor en vacas Holstein; en su

estudio el tiempo de rumia disminuyó 15% cuando pasaron de un ITH menor que 68 a ITH entre 68 y 72, y 53% cuando pasaron a un ITH mayor que 84; también pudiese estar reflejando una reducción en el consumo de forraje por efecto de estrés térmico.

En la época fresca de octubre, las vacas sin sombra presentaron un mayor tiempo de descanso de pie, lo que se debió a los cambios en ITH. Al respecto, Allen *et al.* (2015) mostraron a través de la respuesta conductual que los tiempos en que las vacas permanecen de pie pueden ayudar a su enfriamiento, propiciando una disminución de 0.22 °C en su temperatura corporal; en tanto que, permanecer echadas la aumenta 0.17 °C; las vacas aumentan la superficie corporal expuesta al viento y, por tanto, aumentan la cantidad de pérdida de calor por convección (Kadzere *et al.*, 2015). El valor del ITH tiene un papel importante en el tiempo diario que la vacas permanecen echadas, éste disminuye 21%, al pasar de un ITH de 68 durante 3 h a un ITH mayor que 68 durante más de 12 h (Herbut y Angrecka, 2018). En el presente estudio aun cuando se observaron diferencias en el tiempo de descanso de pie, durante los turnos del día con mayor ITH y radiación solar en octubre, no se presentaron diferencias durante la noche o en las 24 h.

En la época fresca de octubre el acceso a sombra no modificó el tiempo en que las vacas se dedicaron a pastorear, situación también reportada para estudios realizados en clima templado, donde radiación e ITH (Schütz *et al.*, 2009), así como el acceso a diferentes cantidades de sombra (Schütz *et al.*, 2010), no tuvieron ninguna influencia en el tiempo de pastoreo.

En el presente estudio, no hubo diferencias en el tiempo dedicado a rumiar, descansar, y permanecer echadas entre las vacas con o sin acceso a sombra durante el lapso de 24 h en ambas épocas (Figura 2).

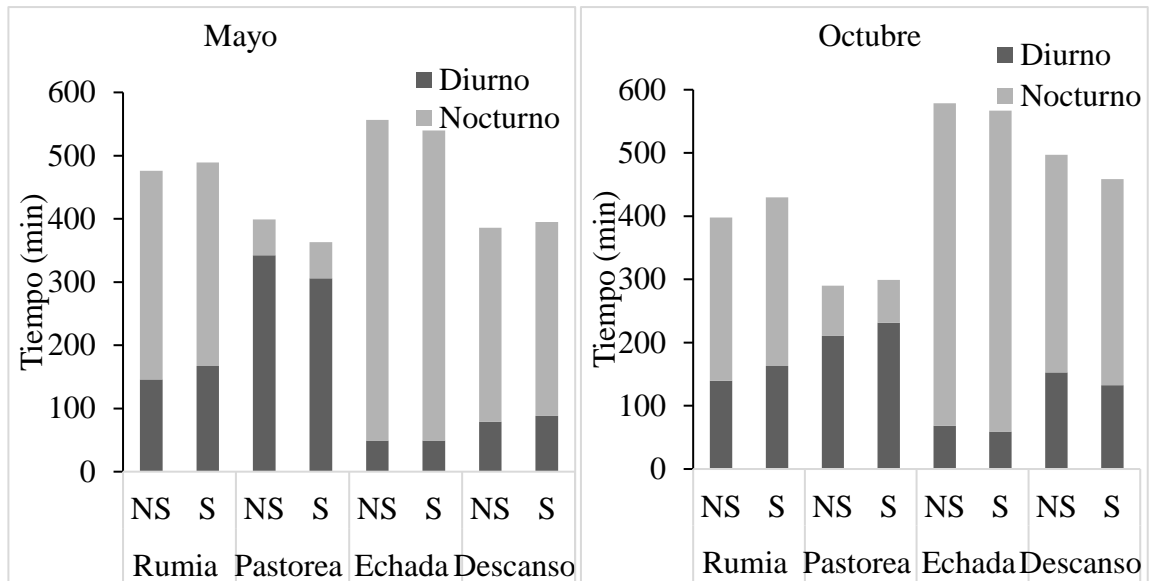


Figura 2. Comportamiento de vacas en pastoreo durante los periodos diurno y nocturno de vacas sin (NS) y con acceso a sombra (S).

El hecho de que el tiempo en que las vacas se dedicaron a pastorear, rumiar, descansar, o echarse durante las 24 h no fuese diferente entre los grupos, puede ser un indicador de que el estrés no fue lo suficientemente severo como para mantener el cambio en el comportamiento a través de los días.

La severidad del estrés por calor depende de las condiciones diurnas y nocturnas. Si la temperatura ambiente tiene valores por debajo de 21 °C en al menos 3 h durante la noche, el animal tiene la oportunidad de disipar el calor ganado durante el día (Igono *et al.*, 1992). En el presente estudio, en ambas fases experimentales, la temperatura nocturna estuvo por debajo de 21 °C durante más de 3 h; por otra parte, la temperatura mínima promedio del mes fue de 10.7 y 8 °C para mayo y octubre. Cambios en la conducta inducidos por el estrés térmico pueden impactar negativamente el estado emocional del animal (Polsky y Von Keyserlingk, 2017). Sentir una emoción negativa (por ejemplo,

estrés térmico) de forma regular a lo largo del tiempo puede conducir a un estado de bienestar negativo en el individuo (Lesimple, 2020). En el presente estudio, la sombra fue efectiva para atenuar los efectos de las condiciones climáticas durante el día en las vacas lecheras, mejorando su comodidad térmica y por tanto su bienestar.

3.5 CONCLUSIONES

Los valores de ITH y radiación solar fueron mayores en la época más cálida, donde los niveles más altos se alcanzaron entre las 13:00 y las 16:00.

El tiempo que las vacas permanecieron bajo la sombra aumentó con incrementos en el ITH y la radiación solar durante el día en ambas épocas, lo que evidenció la necesidad de incluir los niveles de radiación solar junto con el ITH, como indicadores de estrés térmico en vacas lecheras en pastoreo.

El acceso a sombra en las condiciones templadas de este estudio influyó en el comportamiento de vacas lecheras en pastoreo. El ITH y la radiación solar afectaron el tiempo dedicado a las actividades a través de diferentes momentos del día.

Durante la época cálida de mayo, las vacas con acceso a sombra pastorearon menos durante el día, y esta disminución se debió a los cambios en radiación solar. En la época fresca de octubre, las vacas con acceso a sombra rumiaron más, mientras que, las que no tuvieron acceso al recurso aumentaron el tiempo de descanso en pie, dicho aumento se asoció con cambios en el ITH.

La sombra demostró ser beneficiosa para aminorar la incomodidad térmica de las vacas durante el día; además, en el presente estudio se evidenció la preferencia de las vacas lecheras en pastoreo por un refugio nocturno.

3.6 AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado durante los estudios de doctorado del primer autor.

3.7 LITERATURA CITADA

Allen, J. D., L. W. Hall, R. J. Collier, and J. F. Smith. 2015. Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows, experiencing mild to moderate heat stress. *J. Dairy Sci.* 98: 118-127. DOI: 10.3168/jds.2013-7704.

Armstrong, D. V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77: 2044-2050.

Das, R., L. Sailo, N. Verma, P. Bharti, J. Saikia, Imtiwati, and R. Kumar. 2016. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Vet. World.* 9: 260-268. DOI: 10.1080/00288230809510439.

Fisher, A. D., N. Roberts, S. J. Bluett, G. A. Verkerk and L. R. Matthews. 2008. Effects of shade provision on the behaviour, body temperature and milk production of grazing dairy cows during a New Zealand summer. *New Zealand J. Agric. Res.* 51: 99-105. DOI: 10.1080/00288230809510439.

García, M. E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 5a. Ed. Instituto de Geografía de la UNAM. México. 90 p.

Herbut, P., and S. Angrecka. 2018. Relationship between THI level and dairy cows' behaviour during summer period. *Ital. J. Anim. Sci.* 17: 226-233.

Higgins, S. F., C. T. Agouridis, and S. J. Wightman. 2011. Shade Options for Grazing Cattle. University of Kentucky. College of Agriculture, Lexington, Kentucky. 8 p.

- Igono, M. O., G. Bjotvedt, and H. T. Sanford-Crane. 1992. Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holstein cows in desert climate. *Int. J. Biometeorol.* 36: 77-87.
- Kadzere, C. T., M. R. Murphy, N. Silanikove, and E. Maltz. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: A review. *Livest. Prod. Sci.* 77: 59-91. DOI: 10.1016/S0301-6226(01)00330-X.
- Kendall, P. E., P. P. Nielsen, J. R. Webster, G. A. Verkerk, R. P. Littlejohn, and L. R. Matthews. 2006. The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. *Livest. Sci.* 103: 148-157. DOI: 10.1016/j.livsci.2006.02.004.
- Lesimple, C. 2020. Indicators of horse welfare: State-of-the-art. *Animals*: 10: 294. DOI: 10.3390/ani10020294.
- Martin, P., and P. Bateson. 1986. *Measuring Behavior. An Introductory Guide.* Cambridge University Press. Cambridge. pp: 32-41.
- Moretti, R., S. Biffani, S. Chessa, and R. Bozzi. 2017. Heat stress effects on Holstein dairy cows' rumination. *Animal* 11: 2320-2325. DOI: 10.1017/S1751731117001173.
- Oliveira S., E. O., C. C. Costa M., M. Neto C, F. A. Costa D, and A. S. Maia C. 2019. Effects of shade location and protection from direct solar radiation on the behavior of Holstein cows. *Int. J. Biometeorol.* 63: 1465-1474. DOI: 10.1007/s00484-019-01747-5.
- Palacio, S., R. Bergeron, S. Lachance, and E. Vasseur. 2015. The effects of providing portable shade at pasture on dairy cow behavior and physiology. *J. Dairy Sci.* 98: 6085-6093.

- Penning, P. D., and S. M. Rutter. 2004. Ingestive Behaviour. In: *Herbage Intake Handbook*. Penning P. (Ed.) 2a. Ed. The British Grassland Society. Reading, UK. 191 p.
- Polsky, L., and Von Keyserlingk M. A. G. 2017. Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *J. Dairy Sci.* 100: 8645-8657. DOI: 10.3168/jds.2017-12651.
- Ravagnolo O., and I. Misztal. 2002. Studies on genetics of heat tolerance in dairy cattle with reduced weather information via cluster analysis. *J. Dairy Sci.* 85: 1586-1589.
- Schütz, K., E., A. R Rogers, N. R Cox, and C. B. Tucker. 2009. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: Shade use, behaviour, and body temperature. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 116: 28-34. DOI: 10.1016/j.applanim.2008.07.005.
- Schütz, K., E., A. R. Rogers, Y.A. Poulouin, N. R. Cox, and C. B. Tucker. 2010. The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 93: 125-133.
- Silanikove, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest. Prod. Sci.* 67: 1-18. DOI: 10.1016/S0301-6226(00)00162-7.
- Tucker, B. C., A. R. Rogers, and K. E. Schütz. 2008. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 109: 141-154. DOI: 10.1016/j.applanim.2007.03.015.
- Van laer, E., C. P. H. Moons, B. Sonck, and F. A. M. Tuytens. 2014. Importance of outdoor shelter for cattle in temperate climates. *Livest. Sci.* 159:87-101. DOI: 10.1016/j.livsci.2013.11.003.

- Van laer, E., C. P. H. Moons, B. Ampe, B. Sonck, L. Vandaele, S. De Campeneere, and F. A. M. Tuyttens. 2015a. Effect of summer conditions and shade on behavioural indicators of thermal discomfort in Holstein dairy and Belgian Blue beef cattle on pasture. *Animal*. 9: 1536-1546. DOI: 10.1017/S1751731115000804.
- Van laer, E., F. A. M. Tuyttens, B. Ampe, B. Sonck, C. P. H. Moons, and L. Vandaele. 2015b. Effect of summer conditions and shade on the production and metabolism of Holstein dairy cows on pasture in temperate climate. *Animal* 9: 1547-1558. DOI: 10.1017/S1751731115000816.
- Van laer, E., B. Ampe, C. P. H Moons, B. Sonck, and F. A. M. Tuyttens, 2015c. Wintertime use of natural *versus* artificial shelter by cattle in nature reserves in temperate areas. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 163: 39-49. DOI: 10.1016/j.applanim.2014.12.004.
- Veissier, I., E. Van laer, R. Palme, C. P. H Moons, B. Ampe, B. Sonck, S. Andanson, and F. A. M. Tuyttens. 2018. Heat stress in cows at pasture and benefit of shade in a temperate climate region. *Int. J. Biometeorol.* 62: 585-595. DOI: 10.1007/s00484-017-1468-0.
- Vizzotto E., F., V. Fischer, A. Thaler Neto, A. S. Abreu, M. T. Stumpf, D. Werncke, F. A Schmidt, and C. M. McManus. 2015. Access to shade changes behavioral and physiological attributes of dairy cows during the hot season in the subtropics. *Animal* 9: 1559-1566. DOI: 10.1017/S1751731115000877.

4 CONCLUSIÓN GENERAL

En condiciones ambientales donde la temperatura supera 25 °C, la provisión de sombra mejora el bienestar del ganado lechero en pastoreo. La sombra previene un incremento en la temperatura corporal, frecuencia respiratoria y concentración de cortisol; sin embargo, la producción de leche no siempre aumenta por la provisión de sombra. Adicionalmente, el ganado tiene una motivación muy alta para acceder a la sombra, incluso a costa de una reducción de los tiempos de descanso, lo que indica que la provisión de sombra es un recurso de gran valor que provoca estados afectivos positivos.

Vacas lecheras pastando en una zona templada de México, aumentaron su permanencia bajo la sombra en relación con los incrementos en el ITH y la radiación solar durante el día, en una época cálida del año (mayo) y una más fresca en el otoño (octubre). El acceso a sombra influyó en el comportamiento de vacas lecheras en pastoreo, a la vez que el ITH y la radiación solar tuvieron una influencia importante en el tiempo dedicado a las actividades a través del día. Durante mayo las vacas con acceso a sombra pastorearon menos durante el día y esta disminución se debió a los cambios en radiación solar. En octubre, las vacas con acceso a sombra rumiaron más, mientras que, las que no tuvieron acceso al recurso aumentaron el tiempo de descanso en pie, dicho aumento concernió a cambios en el ITH.

La sombra demostró ser beneficiosa para aminorar la incomodidad térmica en las horas de mayor calor, además se evidenció la preferencia de las vacas lecheras en pastoreo por un refugio nocturno.