



**X CONGRESO INTERNACIONAL  
DE SISTEMAS SILVOPASTORILES**  
• POR UNA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE •  
Septiembre / 2019 - MBSA, Paraguay

INICIO

CRÉDITOS

ENTIDADES

COMITÉS

CONTENIDO

SECCIÓN 1

SECCIÓN 2

SECCIÓN 3

SECCIÓN 4

# **X CONGRESO INTERNACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES**

por una producción sostenible

**Libro de Actas**

**Asunción - Paraguay, Septiembre 24 al 26 de 2019**



X CONGRESO INTERNACIONAL  
DE SISTEMAS SILVOPASTORILES  
\* POR UNA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE \*  
Sesiones / 2019 · MVA, Paraguay

INICIO

CRÉDITOS

ENTIDADES

COMITÉS

CONTENIDO

SECCIÓN 1

SECCIÓN 2

SECCIÓN 3

SECCIÓN 4

# X CONGRESO INTERNACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES

por una producción sostenible

## Libro de Actas

### EDITORES

Julián Rivera  
Pablo Peri  
Julián Chará  
Maura Díaz  
Luis Colcombet  
Enrique Murgueitio

ISBN: 978-958-9386-91-0

2019

Editorial CIPAV



INICIO

CRÉDITOS

ENTIDADES

COMITÉS

CONTENIDO

SECCIÓN 1

SECCIÓN 2

SECCIÓN 3

SECCIÓN 4

## Efecto del estrés calórico sobre el bienestar animal de vaquillonas en un sistema silvopastoril respecto de uno pastoril sin sombra

Bottegal, D. <sup>\*1</sup>; Reifschneider, S. <sup>2</sup>; Torres, T. <sup>2</sup>; Gutiérrez, E. <sup>2</sup>; Viana, H. <sup>1</sup>,  
Zimerman, M. <sup>1</sup>, Rodríguez, S. <sup>2</sup>; Bianchi, E. <sup>1</sup>; Auat, M. <sup>2</sup>; Torres, J.C. <sup>2</sup>;  
Fiorenza, M. <sup>2</sup>; Mendez, P. <sup>2</sup>; Drube, M. <sup>2</sup>; Savino, L. <sup>2</sup>; Ballón, M. <sup>1</sup>;  
Suarez, F. <sup>1</sup>; Lara, J. <sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido.

<sup>2</sup>Facultad de Agronomía y Zootecnia, UNT.

[bottegal.diego@inta.gob.ar](mailto:bottegal.diego@inta.gob.ar)

### Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del estrés calórico sobre vaquillonas (Vq.) Braford en un sistema silvopastoril (SP) y uno pastoril sin sombra (PP), en Tucumán, Argentina. Se realizaron evaluaciones de comportamiento grupal e individual, durante seis jornadas, en el periodo estival, para detectar cambios en el repertorio comportamental. Se tomaron muestras de sangre, mensualmente, para analizar la evolución de parámetros fisiológicos. Se realizaron pesajes cada 28d y se estimó la ganancia de peso. Las condiciones ambientales fueron evaluadas mediante el índice de temperatura y humedad e índice de carga térmica (HLI). Los valores de HLI permitieron observar diferencias en las condiciones ambientales entre ambos sistemas, mostrando siempre los menores niveles en SP, especialmente en bajo-copa. Esta situación produjo cambios en el tiempo destinado a cada comportamiento en los días de evaluación en ambos sistemas. En el PP el tiempo que las Vq. estuvieron en el bebedero fue mayor que en SP. Durante las horas de mayor HLI, las Vq. del SP destinan mayor tiempo a estar echadas bajo la sombra. La ganancia de peso y las variables fisiológicas, no mostraron diferencias entre sistemas. El estudio del comportamiento animal conjuntamente con el de las condiciones ambientales permite concluir que los sistemas silvopastoriles son una alternativa eficaz para aminorar los efectos del estrés calórico en bovinos en las regiones subtropicales.

**Palabras clave:** *Prosopis alba*, bovinos, comportamiento animal, sombra.

### Abstract

This study aimed to assess the effect of heat stress on Braford heifer (Vq.) in a silvopastoral system (SP) versus tree-less pasture system (PP), both located in Tucumán, Argentina. In six days during the warm season, individual and group behavioral measurements were made to detect changes in heifers' behavior. Every month, blood samples were taken to detect physiological



INICIO

CRÉDITOS

ENTIDADES

COMITÉS

CONTENIDO

SECCIÓN 1

SECCIÓN 2

SECCIÓN 3

SECCIÓN 4

parameter changes. Besides, the heifers were weighted every 28d and body weight gain was estimated. Environmental conditions were evaluated through humidity and temperature index and heat load index (HLI). The HLI values showed differences between systems, SP had always the lowest levels, especially under trees. This thermal situation could produce changes in behavioral pattern in both systems. In PP the animals spent more time drinking than in SP. During the hottest hours (with highest level of HLI), SP's heifers spent more time lying under trees. Body weight gain and physiological variables did not show differences between systems. The study of animal behavior and environmental conditions (expressed by HLI) allow us to conclude that silvopastoral systems are an effective alternative to reduce the heat stress in cattle raised under subtropical conditions.

**Keywords:** *Prosopis alba*, cattle, animal behavior, shade.

### Introducción

El cambio climático tiene un impacto negativo sobre los sistemas ganaderos, dado que disminuye la calidad y cantidad de forraje, aumenta el consumo de agua y la incidencia de enfermedades del ganado, afecta la eficiencia productiva y el bienestar de los bovinos, producto del estrés calórico (Thornton *et al.*, 2009; Nardone *et al.*, 2010). En este contexto, la incorporación del estrato arbóreo a los sistemas pastoriles (PP), es decir la instalación de un sistema silvopastoril (SP), puede ser considerada una alternativa para disminuir el impacto ambiental negativo sobre los animales y mejorar la estabilidad de los sistemas (Morales *et al.*, 2017; Huertas *et al.*, 2018). La interacción animal-ambiente debe ser considerada uno de los puntos críticos para asegurar la eficiencia productiva del sistema. Esta interacción se puede interpretar mediante el análisis de las condiciones climáticas imperantes en el sistema y de las variables comportamentales, fisiológicas y productivas de los bovinos (Navarini *et al.*, 2009), entendidas estas últimas como una respuesta a las primeras. El estrés calórico se expresa en el bovino en aumento de la temperatura corporal, frecuencia respiratoria, mayor nivel de jadeo y cambios en la fisiología (Mader *et al.*, 2006; de Araújo Marques *et al.*, 2011; Baumgard y Rhoads, 2013; Barragán Hernández *et al.*, 2015). Algunos estudios demuestran cambios en el comportamiento durante los días o las horas del día de mayor calor (Améndola *et al.*, 2016; Foust y Headlee, 2017). En este sentido, existen índices que combinan las variables ambientales y permiten predecir situaciones de estrés térmico (Buffington *et al.*, 1981), como el índice de temperatura y humedad (ITH) (Valtorta y Gallardo, 1996; Lara *et al.*, 2014) o el índice de carga térmica (HLI), recomendado para zonas tropicales por considerar el efecto de la radiación solar y la velocidad del viento sobre el animal (Gaughan *et al.*, 2008). El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del estrés calórico, valorado mediante índices ambientales, sobre el



INICIO

CRÉDITOS

ENTIDADES

COMITÉS

CONTENIDO

SECCIÓN 1

SECCIÓN 2

SECCIÓN 3

SECCIÓN 4

bienestar animal de vaquillonas en un sistema silvopastoril y en uno pastoril sin sombra.

### Materiales y Métodos:

El estudio se realizó en el Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido-INTA (clima subtropical subhúmedo con estación seca), Tucumán, Argentina. Un total de 48 vaquillonas (Vq.) Braford, fueron distribuidas aleatoriamente en cuatro grupos de 12 animales, asignando 2 grupos o repeticiones/sistema. Se evaluó un sistema silvopastoril (SP: pastura *Chloris gayana* con estrato arbóreo de *Prosopis alba* de 20 años de edad y un marco de plantación de 10m x 10m) y uno pastoril (PP, pastura *C. gayana* sin árboles y sin sombra). Cada repetición contó con 2,7ha, donde se realizaba pastoreo rotativo en parcelas de 0,9 ha. Además, cada sistema presentó una parcela de reserva de forraje de 3ha. Desde el ingreso de las Vq. (160kg de peso vivo y 8 meses de edad) en junio/18 hasta su egreso en marzo/19 se realizaron pesadas (previo encierre de 18hs en corrales sin agua ni comida) cada 28 días, para estimar la ganancia de peso (carne.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>). A su vez, antes de cada cambio de parcela se realizó muestreo de disponibilidad forrajera (kg.ha<sup>-1</sup>) por método de doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975), el cual consistió en seleccionar cinco patrones en cada lote. Para el SP se tomaron patrones en entre-copa (EC) y en bajo-copa (BC) de los árboles. Se realizaron 50 observaciones por condición de la pastura. La disponibilidad se calculó como el promedio de las estimaciones visuales.

En ambos sistemas y en la época estival (noviembre/18-marzo/19) se registró, a una altura de 1,6m del suelo, cada 15 min: temperatura y humedad relativa ambiente mediante Hygrochrom Ibutton®, temperatura de globo negro (esferas plásticas negras de 8cm de diámetro con Thermochrom Ibutton®) y velocidad del viento con anemómetro. Dentro del SP se consideraron dos sitios de evaluación ambiental: BC y EC. Con cada registro ambiental se calculó el ITH (Valtorta y Gallardo, 1996) y el HLI (Gaughan *et al.*, 2008). El ITH presenta cuatro rangos asociados al estrés térmico (siendo normal un ITH<74), mientras que el HLI consta de un nivel umbral de estrés para bovinos Braford de 90.

Se realizaron mediciones de comportamiento animal en seis jornadas de 12h diarias (7:00-18:30h) con intervalos de 15d entre diciembre/18 y marzo/19. En cada jornada, se establecieron cuatro sesiones de observación: mañana (7:00-9:30h); mediodía (10:00-12:30h); siesta (13:00-15:30h) y tarde (16:00-18:30h). Las observaciones se realizaron cada 3 minutos y de manera simultánea en todas las repeticiones, mediante la técnica de muestreo por barrido (observación grupal) y focal (sobre tres Vq. individualizadas). Se consideraron los siguientes estados: Rumia (Rum) echada o parada, Parada,



INICIO

CRÉDITOS

ENTIDADES

COMITÉS

CONTENIDO

SECCIÓN 1

SECCIÓN 2

SECCIÓN 3

SECCIÓN 4

Pastoreo, Echada, Locomoción y Beber. Además, se registró la ubicación de las Vq. en el SP: BC o EC. También se evaluó el score de jadeo propuesto por Mader *et al.* (2006) en cinco momentos del día.

Por otra parte, cada 30d, entre noviembre/18-febrero/19, se tomaron muestras de sangre de todas las Vq, por venopunción, para evaluar la concentración plasmática de proteínas totales, globulinas, albúminas, urea y hematocrito.

Los datos se analizaron a través del paquete estadístico Infostat 2014, utilizando modelos lineales mixtos y test DGC (Di Rienzo *et al.*, 2002) para comparación de medias ( $\alpha=0,05$ ). El sistema y el día (o la sesión, según correspondiera) se consideraron como efectos fijos; el grupo y el animal como efecto aleatorio. Los datos de comportamiento se transformaron mediante arcoseno ( $\sqrt{\text{proporción}}$ ). Las variables ambientales se analizaron de manera descriptiva. Cuando la interacción (Sistema\*Día) no presentó efecto, se analizaron los efectos principales de manera individual.

#### **Resultados y discusión:**

La ganancia de peso de las vaquillonas no presentó diferencias entre sistemas (266,4 SP vs 263 PP kg carne.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>). Sin embargo, la disponibilidad forrajera fue mayor, en términos absolutos, en PP que en SP (9,5 vs 7,6 tn ms.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>) aunque no se presentaron diferencias estadísticas. De esta manera, los resultados de producción de carne podrían asociarse a mejoras en la calidad de las pasturas en SP (Peri *et al.*, 2007; Sousa *et al.*, 2010) producto de cambios favorables en el suelo y microclima bajo la canopia arbórea (Pollock *et al.*, 2009). Asimismo, Baldassini *et al.* (2018) y Santos *et al.* (2018) destacaron que la menor producción de materia seca en SP puede asociarse a una disminución en la radiación disponible por efecto del sombreado impuesto por la copa de los árboles.

Las condiciones ambientales, expresadas mediante los valores de HLI, fueron más estresantes en PP, a partir de diciembre se mostraron siempre superiores ( $p<0,0001$ ) a los niveles alcanzados en los demás sitios, siendo BC el sitio de menor estrés térmico (Gráfico 1). Desde noviembre a marzo la cantidad de registros de HLI>90 representaron para PP, EC y BC un total de 38d, 31d y 20d respectivamente, sobre 151d registrados. Por su parte, los valores medios de ITH no permitieron detectar diferencias entre sitios durante la época estival, coincidente con Lara *et al.* (2014). De esta manera, el ITH pierde relevancia en condiciones subtropicales, al no considerar el efecto de la radiación solar. Asimismo, es posible encontrar altos niveles de ITH en SP, dado que la humedad relativa en estos sitios puede ser mayor que en sistemas sin árboles (Lopes *et al.*, 2016).



INICIO

CRÉDITOS

ENTIDADES

COMITÉS

CONTENIDO

SECCIÓN 1

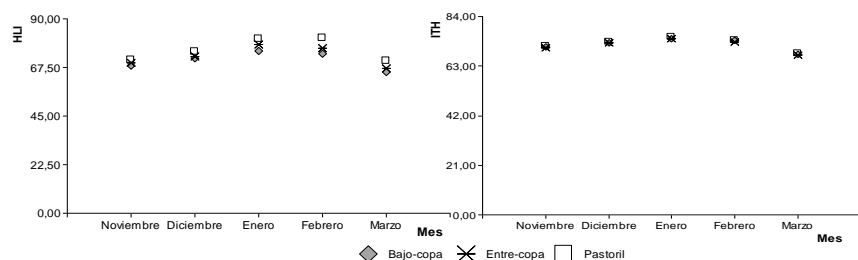
SECCIÓN 2

SECCIÓN 3

SECCIÓN 4

Durante las jornadas de comportamiento la condiciones térmicas más estresantes, por orden de severidad, se presentaron los día 3 (24/enero), 2 (9/enero) y 5 (20/febrero) de observación (Gráfico 2). Coincidentemente, el día 3 registró la mayor cantidad de animales jadeando, donde PP se diferenció de SP por la mayor cantidad de Vq. con score 2 de jadeo ( $p < 0,0001$ ). El día 3, en ambos sistemas, también registró la mayor cantidad de animales parados, posiblemente como un mecanismo para disipar el calor corporal (Bottegal *et al.*, 2018).

Durante las jornadas de comportamiento se observó que los momentos del día donde el HLI era máximo correspondían al mediodía y siesta. En estas sesiones las Vq del SP permanecieron más tiempo en BC ( $p < 0,001$ ), más tiempo echadas ( $p = 0,0089$ ) y echadas rumiando ( $p = 0,0014$ ) que las Vq. de PP. Existen evidencias que demuestran que la mayor parte de la rumia se realiza echada, especialmente durante la noche (Kilgour, 2012). En ambos sistemas, la Rumia fue menor a la mañana ( $p = 0,0091$ ) debido, posiblemente, a que las Vq. destinan las horas más frescas del día (menor HLI) al pastoreo. En este sentido, en SP las sesiones de mayor pastoreo fueron durante la tarde y la mañana (67 y 55% del tiempo, respectivamente). Por su parte, en PP la mañana fue la sesión de mayor pastoreo (60% del tiempo) y durante la tarde incrementaron el tiempo que permanecieron echadas. Vale destacar que el tiempo destinado al pastoreo, durante el estudio, fue semejante en ambos sistemas pese a las diferencias térmicas existentes entre sistemas (Tabla 1). Foust y Headlee, (2017) sostienen que el patrón de comportamientos de los bovinos no sólo responde al efecto térmico sino también a un esquema de comportamiento diurno, donde el pastoreo es máximo durante la salida y puesta de sol. En ambos sistemas y durante el mediodía, se observó a las Vq. más tiempo bebiendo ( $p = 0,0147$ ). Beber mostró una tendencia de ser superior en PP que en SP, los días 3, 2 y 5. El comportamiento de Locomoción fue superior en PP. Lopes *et al.* (2016) arribaron a resultados similares al evaluar un sistema pastoril vs dos arreglos silvopastoriles.



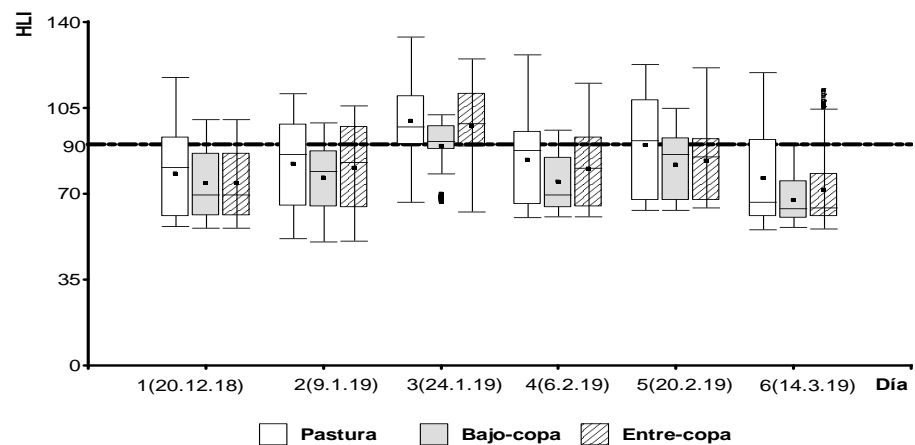
**Gráfico 1:** Valores medios de HLI e ITH en sitios (pastoril, entre-copa y bajo-copa) en los meses de la época estival.





INICIO  
CRÉDITOS  
ENTIDADES  
COMITÉS  
CONTENIDO  
SECCIÓN 1  
SECCIÓN 2  
SECCIÓN 3  
SECCIÓN 4

Los valores encontrados para las variables fisiológicas en estudio se ubicaron dentro de los rangos de referencia para bovinos (González *et al.*, 2000) y no presentaron efecto de los sistemas evaluados. Las variables estudiadas permiten conocer el estado nutricional del animal, dado que la producción de forrajera fue aceptable en ambos sistemas se asume que no existieron situaciones de restricción alimenticia. En este sentido, Tadich *et al.* (2003) informaron que los bovinos requieren varios días de ausencia de alimento para experimentar ayuno fisiológico. En cuanto al efecto del mes sobre las variables fisiológicas sí se presentaron diferencias, posiblemente asociados a cambios en la calidad del forraje consumido y al factor ambiental, coincidente con lo expresado por González *et al.* (2000).



**Gráfico 2:** Valores mínimos, medios, máximo, P25, P50 y P75 de HLI por sitio y día de observación de comportamiento.

**Tabla 1.** Porcentaje medio de tiempo destinado a cada comportamiento en los distintos días (D) de observación en el sistema silvopastoril (SP) y pastoril (PP).

Día	Rumia Echado		Rumia Parado		Parada		Pastoreo		Echada		Beber		Locomoción	
	SP	PP	SP	PP	SP	PP	SP	PP	SP	PP	SP	PP	SP	PP
1	1,9 B	2,2 B	3,3 b	8,9 b	11,9B	9,6 B	75,4A	72,0A	1,3 b	0,6 b	0,4 b	0,4 b	5,4 b	6,1 b
2	6,0 B	2,6 B	4,9 b	10,3b	17,3B	18,0B	63,4B	55,1B	4,9 a	1,6 b	0,2 b	2,0 a	3,1 c	10,3a
3	6,6 B	2,7 B	7,2 b	7,5 b	20,1A	32,4A	53,8B	46,2B	8,3 a	1,7 b	1,0 b	3,0 a	2,8 c	6,4 b
4	11,9A	10,4A	5,5 b	6,2 b	14,2B	11,9B	55,7B	63,2B	8,4 a	4,7 a	1,0 b	0,7 b	3,2 c	2,6 c
5	8,0 B	3,6 B	2,6 b	16,4a	10,6B	17,3B	72,3B	53,3B	2,3 b	5,4 a	0,5 b	1,7 a	3,5 c	2,1 c
6	11,8A	5,5 A	4,5 b	2,5 b	12,5B	14,5B	57,7B	69,7B	11,0a	5,0 a	0,5 b	0,6 b	1,7 c	2,0 c
EEM <sup>1</sup>	0,1		0,2		0,02		0,6		0,2		0,04		0,1	
p-valor														
Sist	0,1915	0,0215	0,1396	0,7702	0,0916	0,0119	0,0491							
Día	0,005	0,2134	<0,0001	0,0108	0,0002	0,0171	<0,0001							
Sist*D	0,8119	0,0065	0,1703	0,1409	0,0856	0,0833	0,0016							

Letras minúsculas indican diferencias ( $\alpha=0,05$ ) entre sistema y día, letras mayúsculas indican diferencias entre día para un mismo comportamiento. <sup>1</sup>EEM: error estándar medio.





INICIO

CRÉDITOS

ENTIDADES

COMITÉS

CONTENIDO

SECCIÓN 1

SECCIÓN 2

SECCIÓN 3

SECCIÓN 4

## Conclusiones:

La incorporación del estrato arbóreo en los sistemas ganaderos resulta ser una alternativa para mitigar los efectos adversos del estrés calórico sobre los animales. En el presente estudio no se encontraron diferencias en la producción de carne a favor del SP, y si bien la producción de forraje fue menor, en términos absolutos, en SP –a causa del sombreado- es posible que la calidad de esa pastura compense la menor producción de materia seca. El índice de carga térmica resulta ser una herramienta útil para detectar situaciones térmicamente estresantes en estos sistemas. Cabe mencionar que durante los días y momentos más estresantes los animales del SP hacen uso de la sombra de los árboles y modifican el patrón de comportamiento, mientras que en un sistema pastoril sin sombra los animales aumentan el nivel de jadeo, permanecen más tiempo en locomoción, beben más y realizan la rumia parados, en otras palabras se afecta el estado de bienestar animal. Se considera necesario continuar los estudios productivos, de comportamiento animal y fisiología de estrés en sistemas silvopastoriles.

## Agradecimientos:

Los autores agradecen el apoyo de la Asociación Cooperadora INTA Leales y del proyecto PIUNT A622.

## Bibliografía:

- Améndola, L., Solorio, F. J., Ku-Vera, J. C., Améndola-Massiotti, R. D., Zarza, H., y Galindo, F. 2016. Social behaviour of cattle in tropical silvopastoral and monoculture systems. *Animal*. 10:863–867.
- de Araújo Marques, J., Cunha Leite, L., Moya Romero, D. C. 2011. Bienestar animal en sistemas silvopastoriles Animal welfare in silvopastoral systems. *Rev. Colomb. Cienc. Anim.* 4:80–87.
- Baldassini, P., Despósito, C., Piñeiro, G., Paruelo, J. M. 2018. Silvopastoral systems of the Chaco forest: Effects of trees on grass growth. *J. Arid Environ.* 156:89–95.
- Barragán Hernández, W. A., Mahecha Ledesma, L., Cajas Girón, Y. S. 2015. Variables Fisiológicas-Metabólicas de Estrés Calórico en Vacas Bajo Silvopastoreo y Pradera sin Árboles. *Agron. Mesoam.* 26:211–223.
- Baumgard, L. H., Rhoads, R. P. 2013. Effects of Heat Stress on Postabsorptive Metabolism and Energetics. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 1:311–337.
- Bottegal, D., Nasca, J., Zimerman, M. 2018. Estrés térmico y comportamiento animal de novillitos Criollo Argentino, Braford y F1 durante la recría. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 38:91–167.
- Buffington, D. E., Colloazo-Arocho, A., Canton, G. H., Pitt, D., Thatcher, W. W., Collier, R. J. 1981. Black Globe Humidity Index (BGHI) as Comfort Equation for Dairy Cows. *Trans. ASABE.* 24:711–714.
- Foust, A. M., Headlee, W. L. 2017. Modeling shade tree use by beef cattle as a function of black globe temperature and time of day. *Int. J. Biometeorol.* 61:2217–2227.
- Gaughan, J. B., Mader, T. L., Holt, S. M., Lisle, A. 2008. A new heat load index for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 86:226–234.
- González, F., Barcellos, J., Ospina, H., Ribeiro, L. 2000. Perfil metabólico em ruminantes: seu



INICIO

CRÉDITOS

ENTIDADES

COMITÉS

CONTENIDO

SECCIÓN 1

SECCIÓN 2

SECCIÓN 3

SECCIÓN 4

- uso em nutricao e doencas nutricionais. (F. González, editor)
- Haydock, K. P., Shaw, N. H. 1975. The Comparative Yield Method for Estimating Dry Matter Yield of Pasture. *Australian Journal of Agriculture and Animal Husbandry*. Aust. J. Agric. Anim. Husb. 15:663-670.
- Huertas, S. M., Bobadilla, P. E., Bueno, H. J., Cesar, D., Piaggio, J. M., Gil, A. D. 2018. Environmental Conditions in a Temperate Weather Silvopastoral System vs. Natural Grassland and their Impact on Animal Beef Production. *Biomed. J. Sci. Tech. Res.* 3:1-2.
- Kilgour, R. J. 2012. In pursuit of “normal”: A review of the behaviour of cattle at pasture. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 138:1-11.
- Lara, J., Bottegall, D., Zimerman, M., Suarez, A., Ballón, M., Martínez Calsina, L. 2014. Condiciones ambientales y consumo de agua en un sistema silvopastoril comparado con un sistema pastoril. *Rev.Arg.Prod.Anim.*34:2014.
- Lopes, L. B., Eckstein, C., Pina, D. S., Carnevalli, R. A. 2016. The influence of trees on the thermal environment and behaviour of grazing heifers in Brazilian Midwest. 755-761.
- Mader, T. L., Davis, M. S., Brown-Brandl, T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84:712-719.
- Morales, A. M. T., Ceballos, M. C., Londoño, G. C., Cardona, C. A. C., Ramírez, J. F. N., da Costa, M. J. R. P. 2017. Welfare of cattle kept in intensive silvopastoral systems: A case report. *Rev. Bras. Zootec.* 46:478-488.
- Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M. S., Bernabucci, U. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Sci.* 130:57-69.
- Navarini, F. C., Klosowski, E. S., Campos, A. T., Teixeira, R. D., Almeida, C. P. 2009. Conforto térmico de bovinos da raça Nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. *Eng. Agrícola.* 29:508-517.
- Peri, P. L., Lucas, R. J., Moot, D. J. 2007. Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. *Agroforest Syst.* 70:63-79.
- Pollock, K. M., Mead, J., McKenzie, B. A. 2009. Soil moisture and water use by pastures and silvopastures in a sub-humid temperate climate in New Zealand. *Agroforest Syst.* 75:223-238.
- Di Rienzo, J. A., Guzman, A. W., Casanoves, F. 2002. A multiple-comparisons method based on the distribution of the root node distance of a binary tree. *J. Agric. Biol. Environ. Stat.* 7:129-142.
- Santos, D. C., Guimarães Júnior, R., Vilelab, L., Alcantara Maciel, G., Souza França, A. F. 2018. Implementation of silvopastoral systems in Brazil with *Eucalyptus urograndis* and *Brachiaria brizantha*: Productivity of forage and an exploratory test of the animal response. *Agric. Ecosyst. Environ.* 266:174-180.
- Sousa, L. F., Maurício, R. M., Moreira, G. R., Goncalves, L. C., Borges, I., Pereira, L. G. R. 2010. Nutritional evaluation of Braquiaraõ grass in association with Aroeira trees in a silvopastoral system. *Agrofor. Syst.* 79:179-189.
- Tadich, N., Gallo, C., Echeverria, R., van Schaik, G. 2003. Efecto del ayuno durante dos tiempos de confinamiento y de transporte terrestre sobre algunas variables sanguíneas indicadoras de estrés en novillos. *Arch. Med. Vet.* 35:171-185.
- Thornton, P. K., van de Steed, J., Notenbaert, A., y Herrero, M. 2009. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agric. Syst.* 101:113-127.
- Valtorta, S., Gallardo, M. 1996. El estrés por calor en producción lechera. *INTA Misceláneas.* 173-185.