

Comportamiento ingestivo diurno y estrés calórico de vacas bajo sistemas silvopastoriles y pradera sin árboles

W A Barragán, L Mahecha, J Moreno y Y Cajas

CORPOICA. Centro de Investigación Turipán. Km 13 vía Montería-Cereté (Córdoba) Colombia.

wbarraganh@corpoica.org.co

¹ Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Agrarias. Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias (GRICA). Producción Animal Sostenible. Ciudadela de Robledo. Carrera 75 N° 65-87. Medellín (Ant). Colombia.

² Universidad de Lavras. Facultad de Zootecnia. Minas Gerais. Brasil.

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de tres sistemas silvopastoriles de baja densidad en las modificaciones del comportamiento ingestivo diurno, como respuesta al estrés calórico en vacas doble propósito. Se evaluaron doce animales de cruce Romosinuano x Holstein x cebú, con un peso promedio de 436 ± 64.2 kg y 56 ± 28 días en lactancia. Se utilizó la metodología de observación directa, con registro de actividades como: pastoreo, rumia, caminata, descanso y consumo de agua. Se registró el efecto climático mediante la temperatura ambiental (TA) y la humedad relativa (HR), con los cuales se estimó el Índice de temperatura humedad (ITH). Las variables TA y HR presentaron efecto de la interacción tratamiento por hora ($p < 0.05$). La TA en los tratamientos Pasto y Pasto - Arbustos (P-Arbust) registró 36.23 y 36.69 °C, respectivamente. El ITH estimado presentó efecto del tratamiento ($p < 0.05$) indicando que los sistemas silvopastoriles con cobertura arborea registraron hasta 2.0 y 2.7 unidades de ITH por debajo de la pradera sin árboles y de P-Arbust, respectivamente. Se observó efecto significativo ($p < 0.05$) del tratamiento sobre el tiempo dedicado al pastoreo y al descanso. El tratamiento con pasto registró 1.86 horas menos de pastoreo que el observado en los tratamientos Pasto - Áreas (P-Árbor) y P-Arbust-Árbor. El tratamiento con pasto, evidenció el mayor tiempo dedicado al descanso (2.96 h). Se observó una tendencia ($p = 0.098$) en el tiempo dedicado al consumo de agua. Los resultados observados evidenciaron el efecto ambiental sobre las alteraciones conductuales ante el estrés calórico, con mayor tiempo de pastoreo y menos evidencias conductuales de estrés en los sistemas silvopastoriles.

Palabras claves: bioclimatología, estrés térmico, etología, termorregulación, sistemas agroforestales

Diurnal ingestive behavior and heat stress in cows grazing in silvopastoral systems and in a tree-less pasture

Abstract

The aim of this study was to assess the effect of silvopastoral systems in daytime feeding behavior changes as response to heat stress. Twelve crossbred cows Romosinuano x Holstein x Zebu were evaluated with an average weight of 436 ± 64.2 kg and 56 ± 28 days in milk. The direct observation methodology to record activities such as grazing, rumination, walk, resting and water consumption was used to determine the diurnal feeding behavior. To determine the effect of climate, environmental temperature (TA) and relative humidity (HR) were registered, and both were used to calculate the Temperature-Humidity Index (ITH). An effect of the interaction treatment x time on TA and HR ($p < 0.05$) was observed; TA was 36.23 and 36.69 $^{\circ}\text{C}$ in the treatments Pastures and pastures- shrub P-Arbust, respectively. There was effect of treatment ($p < 0.05$) on ITH indicating that silvopastoral systems with tree cover recorded up to 2.0 and 2.7 units lower than tree-less prairie and P-Arbust, respectively. Significant effect of treatment ($p < 0.05$) on grazing time and rest time was observed. The treatment Pasto recorded 1.86 hours less than P-Arbust and P-Arbust-Arbust treatments. The Pasto treatment showed more time spent resting (2.96 h). A trend ($p = 0.098$) was observed in the time spent on water consumption. The observed results showed the environmental effect on behavior changes to heat stress, and the evidence that in the silvopastoral systems were more time on grazing and less stress activities.

Keywords: *bioclimatology, thermal stress, behavior, thermoregulation, agroforestry systems*

Introducción

El calentamiento global se presenta como una de las principales amenazas contra el desarrollo de la actividad pecuaria en ambientes tropicales (Nardone et al 2010). Según el IPCC (2007), se estima que el incremento en la temperatura ambiental entre el período comprendido del año 2090 y el 2099, podrá oscilar entre 1.8 y 4 $^{\circ}\text{C}$, con intervalos de confianza para diferentes escenarios que tiene un valor mínimo de 1.1 y máximo de 6.4 $^{\circ}\text{C}$.

Existe amplia documentación del efecto de la temperatura ambiental sobre la alteración homeostática de los bovinos (Silanikove 2000; West 2003; Arias et al 2008; Nardone et al 2010). Bajo condiciones ambientales adversas (incrementos en la temperatura y humedad), los animales entran en un estado de estrés calórico, que se considera como la inhabilidad para mantener su temperatura corporal en homeostasis (Broom y Molento 2004).

Las respuestas de los animales ante condiciones de estrés calórico siguen un patrón más o menos estable, entre las que se encuentran los cambios conductuales como: aislamiento, cambios en la posición corporal, búsqueda de superficies frías (Yokoyama-Kano et al 2004) y disminución del consumo de materia seca (Silanikove 2000; Kadzere et al 2002; West 2003; Nardone et al 2010). La búsqueda de sombra (Ávila et al 2002; Silanikove 2000) es tal vez, la primera medida de defensa contra el incremento calórico, por ser una respuesta de bajo costo energético (Yokoyama-Kano et al 2004).

El comportamiento ingestivo es uno de los principales cambios conductuales ante el estrés calórico, se relaciona con todas aquellas actividades fenotípicas que el animal puede modificar con la finalidad de disminuir la carga calórica en el cuerpo (Damasceno et al 1999). Entre estas actividades, las más importantes son las que conforman el comportamiento en pastoreo, descrito como la secuencia de eventos (ingesta, rumia, bebida, etc.) que realizan los animales en la obtención de nutrientes para su mantenimiento y productividad (Martínez et al 2002)

Desde el punto de vista ambiental, el comportamiento en pastoreo refleja una respuesta ante la carga calórica (Hahn 1999), motivo por el cual puede ser empleado como un indicador de estrés

calórico e indirectamente de bienestar animal (Britto-Ferreira 2010). El cese de las actividades de pastoreo, está fuertemente relacionado con la disminución en el consumo de materia seca, el cual depende del tiempo que dedique el animal a cosechar forraje.

El animal modifica su comportamiento cambiando los patrones de consumo de alimento y actividades, si la necesidad de disminuir la carga calórica es mayor que la necesidad de alimentarse (Paranhos da Costa 2000). Estudios realizados bajo condiciones de sol y sombra han demostrado que el tiempo de consumo de alimento se reduce cuando el animal está sometido a la radiación directa, ya sea bajo condiciones de estabulación (Brown-Brandl et al 2005; Coutinho 2005) o en pastoreo (Ávila et al 2002; Britto-Ferreira 2010). Esta reducción en el consumo de materia seca puede estar acompañada en la modificación de la dieta consumida, alterando la proporción de nutrientes ingeridos con la finalidad de minimizar la producción de calor metabólico (Coutinho 2005).

El uso de barreras físicas contra la radiación solar, ha sido una alternativa eficiente para contrarrestar la vulnerabilidad de los animales ante condiciones ambientales adversas y de esta manera, reducir el estrés calórico (Armstrong 1994; Brown-Brandl et al 2005; Tucker et al 2008). Como alternativa física en la actividad ganadera se encuentra el establecimiento de sistemas silvopastoriles, los cuales, además de ofertar sombra a través de los árboles, también ofertan una serie de servicios ambientales que conducen a aumentar la sostenibilidad del sistema de producción.

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de tres sistemas silvopastoriles de baja densidad en las modificaciones del comportamiento ingestivo diurno, como respuesta al estrés calórico en vacas doble propósito.

Materiales y métodos

Área de estudio y diseño del experimento

La evaluación se llevó a cabo entre marzo y agosto del año 2011, en el Centro de Investigación Turipán, adscrito a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), localizado (8°51' N. 75°49' W. altitud de 18 msnm) en Cereté (Córdoba – Colombia). La zona presenta dos periodos climáticos definidos, un periodo de lluvias de mayo a noviembre y un periodo seco de diciembre a abril. La precipitación promedio anual es de 1380 mm con una temperatura media anual de 28 °C. Se registra una evapotranspiración potencial anual de 1240 mm y humedad relativa de 81% (datos de la estación climatológica CORPOICA-Turipán). Según la clasificación de Holdridge la zona se clasifica ecológicamente como bosque seco tropical (bs-T).

En el año 1998 se establecieron cuatro tipos de sistemas silvopastoriles de diferente estructura y complejidad (Cajas-Giron 2002), más una pradera sin árboles (control). Para efectos de esta investigación solamente fueron usados tres tratamientos silvopastoriles. Los tratamientos utilizados estuvieron compuestos por tres distintos estratos: pasturas, arbustos y árboles (productores de frutos). El tratamiento control (Pasto) estuvo conformado solo por pasturas (*Panicum maximum*, *Dichanthium aristatum* y *Cynodon nlemfuensis*), el primer sistema silvopastoril presentaba solamente arbustos (p-Arbust), el segundo modelo incluía un estrato de árboles (p-Arbor) y el último modelo silvopastoril (p-Arbust-Arbor), la combinación de pasturas, arbustos y árboles. Inicialmente las densidades utilizadas en el establecimiento fueron 625 arbustos/ha y 159 árboles/ha en los modelos silvopastoriles p-Arbust y p-Arbor respectivamente. Para el caso del sistema silvopastoril p-Arbust-Arbor se utilizó un método de sustitución del 25% de la población de arbustos por árboles para obtener tres estratos, en este tratamiento la densidad de arbustos fue de 468/ha, y de

Árboles fue 159/ha. En el año 2004, se realizó una entresaca de especies arbóreas, disminuyendo de 159 Árboles/ha (distancia de siembra de 8x8 m) a 39 Árboles/ha (distancia de siembra 16 x 16 m). Para el estrato arbustivo se utilizaron las especies *Leucaena leucocephala* y *Crecentia cujete*, y para el estrato arbóreo *Guazuma ulmifolia*, *Cassia grandis* y *Albizia saman* (Tabla 1).

Los sistemas silvopastoriles evaluados se establecieron bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Cada tratamiento estuvo constituido por dos hectáreas (100 m de ancho x 200 m de largo), generando un área efectiva de pastoreo por tratamiento de seis hectáreas.

Tabla 1. Arreglo estructural y diversidad vegetal de los tratamientos silvopastoriles evaluados y para la pradera sin Árboles (Ceretá- Córdoba. Colombia)

Tratamiento	Descripción	Estratos	Especies (% composición herbácea)
Pasto	Pastura	1	Estrato herbáceo= <i>Panicum maximum</i> (40%), <i>Dichanthium aristatum</i> (34%), <i>Cynodon nlemfuensis</i> (13%), otras especies (5%) y leguminosas herbáceas (8%)
p-Arbust	Pastura + Arbustos productores de hojas	2	Estrato herbáceo= <i>Panicum maximum</i> (49%), <i>Dichanthium aristatum</i> (25%), <i>Cynodon nlemfuensis</i> (10), otras especies (10%) y leguminosas herbáceas (6%) Estrato arbustivo= <i>Leucaena leucocephala</i> y <i>Crecentia cujete</i> . Densidad de arbustos= 625 Árboles/ha.

Marco de siembra 4 x 4 m.

p-Arbor

Pasto + Árboles

2

Estrato herbáceo=*Panicum maximum* (68%) y otras especies (19%)

Estrato arbóreo=*Cassia gradis*, *Albizia saman* y *Guazuma ulmifolia*.

Densidad de Árboles= 39 Árboles/ha.

Distancia de siembra= 16 x 16 m

p-Arbust-Arbor

Pasto + Arbustos + Árboles

3

Estrato herbáceo = *Panicum maximum* (60%) y otras especies (15%).

Estrato arbustivo=*Leucaena leucocephala* y *Crecentia cujete*.

Estrato arbóreo=*Cassia gradis*, *Albizia saman* y *Guazuma ulmifolia*

Densidad de arbustos = 468 arbustos/ha.

Densidad de Árboles = 39 Árboles/ha.

Distancia de siembra arbustos= 4 x 4 m.

Distancia de siembra de Árboles sustituidos

Animales evaluados

Se emplearon doce animales provenientes de un cruce romosinuano (50%) Holstein (25%) y Ceb^o comercial (25%) con un peso promedio de 436 ± 64.2 kg y 56 ± 28 días en lactancia. Los animales fueron aleatorizados, tres animales por tratamiento.

Los animales estuvieron sometidos a una rutina diaria de ordeño mecánico iniciada a las 6 am. regresando al potrero a las 8 am. Se realizó pastoreo rotacional (mediante cinta eléctrica) con cinco franjas por tratamiento y un área de pastoreo de 4000 m² por cada franja. Cada franja de pastoreo tuvo un periodo de ocupación y descanso de dos y veintiocho días, respectivamente.

Registro de la información

El comportamiento ingestivo diurno se evaluó utilizando la metodología propuesta por Patiño et al (2003). Esta metodología consiste en registrar las actividades realizadas por el animal con una frecuencia de observación a intervalos de diez minutos (asumiendo la actividad observada como la realizada durante ese lapso de tiempo), entre las nueve y las dieciocho horas. Las actividades registradas fueron: pastoreo (periodo en que el animal está aprehendiendo el pasto), rumia (periodo en que el animal está re-masticando el bolo alimenticio retornado del rumen), caminata (búsqueda de alimento y desplazamiento), descanso (periodo en que el animal no pastorea ni rumia), consumo de agua y otras actividades (actividades no categorizadas anteriormente y observadas en campo).

En cada tratamiento se observaron tres animales focales con ayuda de un cronómetro digital. Cada diez minutos se anotó la actividad realizada por el animal evaluado y se registró en un formato de campo. El formato de campo estuvo constituido por una matriz organizada de filas y columnas, en las cuales se registró cada actividad realizada por el animal focal y el número de animales que estaban realizando la misma actividad, con el fin de restar la individualidad del comportamiento y generar información que caracterice el comportamiento grupal. Al finalizar la evaluación, se realizó una sumatoria de las frecuencias registradas por actividad, esta a su vez, se multiplicó por diez (factor de evaluación de tiempo en minutos), para así tener el total de tiempo diurno dedicado a cada una de las actividades evaluadas. Los registros de tiempo dedicados a cada actividad fueron presentados en horas.

En cada una de las observaciones se registró la temperatura ambiental (TA) y la humedad relativa (HR) a las 9, 12, 15 y 18 horas. empleando un termohigrómetro digital portátil (HD 500. TA ± 1 °C; HR $\pm 2\%$). Con los datos registrados se generó el Índice de temperatura humedad según lo descrito por Dikmen y Hensen (2009).

En total, fueron realizadas tres evaluaciones por tratamiento en cada uno de los bloques, para un total de nueve observaciones por tratamiento desde las seis hasta las dieciocho horas.

Análisis Estadístico

Los datos correspondientes a las variables comportamentales fueron almacenados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel® para su procesamiento y análisis.

Para el diseño experimental se usó un arreglo de bloques completos al azar con medidas repetidas, siendo 4 tratamientos, y tres repeticiones por tratamiento, El factor de bloqueo correspondió a bueno, regular y mal drenaje en el área experimental. Se consideró como nivel de significancia para rechazar la hipótesis nula el valor de $P < 0.05$ y como tendencia $P < 0,10$. El análisis de comparación de medias fue efectuado utilizándose el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS versión 9,2 (SAS institute 2000), los efectos significativos de los tratamientos fueron obtenidos por medio del LSMEANS mediante el ajuste de Tukey. El modelo estadístico consideró como variable aleatoria el efecto del bloque (bueno, regular y mal drenaje) y al animal dentro de cada tratamiento y como efectos fijos tratamiento (Pasto. p-Arbust. P-Arbor y p-Arbust-Arbor) y hora de evaluación (9, 12, 15 y 18 horas). Se usaron los criterios AIC y BIC identificar la estructura de covarianza que mejor se ajustó al modelo, siendo componentes de varianza (CV) para las variables: Descanso parado, Descanso acostado, Descanso, Pastoreo, Rumia, Consumo de Agua y Otras actividades; y autoregresiva de orden 1 (AR1) para las variables temperatura, humedad e Índice de temperatura humedad (ITH).

Se consideró como hipótesis alterna que los sistemas silvopastoriles pueden reducir el estrés calórico y modificar las respuestas conductuales en el comportamiento ingestivo, mitigando el impacto directo del ambiente sobre el animal.

Resultados y discusión

Los resultados indicaron efecto significativo del tratamiento, la hora y la interacción de estos factores sobre la temperatura (TA) y la humedad relativa (HR). Por su parte, el ITH solo registró efecto del tratamiento y la hora de evaluación (Tabla 2).

Tabla 2. Temperatura ambiental, humedad relativa e Índice de temperatura humedad (ITH), para tres modelos silvopastoriles y una pradera sin árboles durante mayo y agosto del 2011.

	<i>Pasto</i>	<i>p-Arbu</i>	<i>p-Arbo</i>	<i>p-Arbu-Arbo</i>	<i>ESM</i>	<i>p valor Trat.</i>	<i>p valor Hora</i>	<i>p valor Trata x Hora</i>
Temperatura	36.23 a	36.69 a	33.57 c	34.70 b	0.22	0.0001	0.0001	0.0001
Humedad	56.54 a	54.98 a	61.03 b	57.51 a	0.53	0.0029	0.0001	0.0336
ITH	87.86 a	87.96 a	85.10 bc	85.82 ac	0.40	0.0257	0.0082	0.1508

p-Arbus: pastura + arbustos productores de hojas. p-Arbor: pasto + árboles. p-Arbus-Arbor: pasto + arbustos + árboles

Letras diferentes entre promedios en la misma columna indican diferencia estadística significativa $p < 0.05$.

Los tratamientos Pasto y p-Arbus registraron la mayor temperatura ambiental ($p < 0.05$) desde las nueve hasta las quince horas, con valores que oscilaron entre 34.7 y 40.8 °C para el tratamiento Pasto y de 36.3 a 39.8 °C para el tratamiento p-Arbus. Contrario a esto, los sistemas silvopastoriles P-Arbor y P-Arbust-Arbor alcanzaron temperaturas máximas de 35.8 y 37.1 °C respectivamente.

La humedad relativa registró una tendencia opuesta a la temperatura ambiental. Los resultados presentados en la Figura 1. Indican que los registros obtenidos a las nueve horas presentaron la mayor variación con un valor de HR para el tratamiento P-Arbor de 68%, con diferencias significativa del valor observado en los tratamientos P-Arbust-Arbor, Pasto y P-Arbust los cuales registraron 64.4, 64.2 y 56.1%, respectivamente.

Figura 1. Efecto del arreglo de la inclusión de árboles y arbustos en la temperatura ambiental (derecha) y humedad relativa (izquierda) en cuatro horarios durante el día para tres modelos silvopastoriles y una pradera sin árboles, durante mayo y agosto de 2011.

El ITH registró su valor máximo en el tratamiento p-Arbus y Pasto, con valores que alcanzaron 87.8 y 87.9 unidades respectivamente. Estos tratamientos superaron significativamente en 2.76 y 2.04 unidades de ITH el registro observado en los tratamientos p-Arbor y p-Arbust-Arbor respectivamente.

Los registros más elevados de ITH se observaron a las doce horas del día, con un valor que alcanzó noventa unidades de este indicador de estrés calórico en el animal. El valor registrado a las doce horas difirió significativamente del observado a las nueve y a las dieciocho horas, con cuatro y seis unidades de diferencia respectivamente. No se presentaron diferencias significativas de los registros de ITH a las doce y quince horas (Figura 2).

Figura 2. Registros de Índice de Temperatura Humedad (ITH) bajo tres arreglos silvopastoriles y en una pradera sin árboles, durante mayo y agosto de 2011.

Los resultados registrados para TA, HR e ITH alcanzaron valores que pueden ser considerados como factores de amenaza para la homeostasis y el normal comportamiento de los animales. Varios autores (Armstrong 1994; St-Pierre et al 2003; Collier et al 2011) citan para vacas de raza holandesa que el valor crítico para el ITH es 72 unidades, reportando que por encima de este registro se considera que estos animales experimentan estrés por calor. Dada las características genéticas de los animales utilizados en este trabajo, se puede considerar como límite máximo un valor de 79 puntos en ITH descrito para animales $\frac{1}{2}$ holstein $\frac{1}{2}$ gyr (Azevedo et al 2005) considerados más termo-tolerantes. Sin embargo, en todos los casos los registros de ITH reportados en el presente estudio sobrepasaron los valores de referencia, reafirmando que las condiciones ambientales pudieron tener un efecto decisivo en las conductas ingestivas registradas para cada tratamiento.

Los registros en temperatura ambiental, humedad relativa e ITH para los tratamientos silvopastoriles con cobertura arbórea, evidenciaron las ventajas comparativas de este tipo de sistemas contra los sistemas a pastoreo abierto. Está determinado que el aporte de sombra incide significativamente sobre la reducción de los efectos adversos de la radiación directa en las alteraciones fisiológicas del animal. Estudios realizados bajo ambientes tropicales informan que bajo la sombra de los

Árboles se observaron reducciones en temperatura rectal de 0.5 °C y de piel 3 °C, comparados con animales en pastoreo a cielo abierto (Souza de Abreu 2002; Betacourt et al 2003; Britto-Ferreira 2010).

Para el comportamiento ingestivo diurno se observó efecto del tratamiento ($p < 0.05$) sobre el tiempo total de pastoreo, el tiempo total dedicado al descanso y al tiempo de descanso en pie. Se observó que el sistema silvopastoril p-Arbor registró el mayor tiempo diurno de pastoreo (6.48 horas), superando significativamente en 1.86 y 1.75 horas los registros de pastoreo hallados en los tratamientos Pasto y p-Arbust respectivamente. No se observaron diferencias significativas en el tiempo dedicado al pastoreo entre los tratamientos p-Arbust y p-Arbust-Arbor. y p-Arbor con p-Arbust-Arbor (Tabla 3).

Tabla 3. Comportamiento ingestivo diurno para tres arreglos silvopastoriles y una pradera sin árboles durante mayo y agosto de 2011.

	Pasto	P-Arbust	P-Arbor	P-Arbust-Arbor	ESM	p-valor
Pastoreo	4.62 a	4.73 ac	6.48 b	5.58 bc	0.236	0.0014
Rumia	1.47	1.78	1.52	1.53	0.150	0.5059
Descanso	2.92 a	2.56 a	1.14 b	1.75 b	0.178	0.0001
Des. Parado	2.36 a	1.73 ac	0.76 b	1.37 bc	0.191	0.0024
Des. Acostado	0.56	0.82	0.37	0.38	0.120	0.0983
Caminata	0.18	0.20	0.22	0.32	0.054	0.1350
Consumo Agua	0.30	0.21	0.15	0.14	0.044	0.0989
Otras actividades	0.04	0.03	0.04	0.14	0.041	0.3072

p-Arbus: pastura + arbustos productores de hojas. p-Arbor: pasto + Árboles. p-Arbus-Arbor: pasto + arbustos+Árboles

Letras diferentes entre promedios en la misma fila indican diferencia estadística significativa $p < 0.05$

En el presente estudio, se evidenció que los animales en sistemas silvopastoriles con cobertura arborea (P-Arbor y P-Arbus-Arbor) lograron pastorear hasta 1.8 horas más, comparado con los animales que estuvieron expuestos a la radiación solar directa. Estudios desarrollados por Betacourt et al (2003), bajo ambientes arbolados en condiciones de bosque húmedo, identificaron que los animales bajo condiciones de sombra pastorearon 4.7% más tiempo que aquellos que se hallaban en praderas con cobertura arborea baja. De igual forma, García (2010), en iguales condiciones a las reportadas anteriormente, con animales de cruces *Bos taurus* x *Bos indicus*, informó un incremento de 5 y 50% de tiempo en pastoreo de potreros con cobertura arborea mayor al 23% del área durante el período lluvioso y seco respectivamente, comparado con pastoreo en potreros con cobertura arborea menor al 8%. Así mismo, Ceballos et al (2011) bajo condiciones de la Región Caribe colombiana informaron incrementos de 4% en el tiempo de pastoreo registrados en bovinos bajo sistemas silvopastoriles, comparados con praderas mejoradas sin sombra.

Una de las causas a la disminución del tiempo de pastoreo en ambientes sin cobertura arborea, puede estar asociadas a las respuestas conductuales evidenciadas en bovinos bajo condiciones de estrés calórico. Estas respuestas están caracterizadas por búsqueda de sombra (Silanikove, 2000; Yokoyama-Kano et al 2004; Toker et al 2008; Ferrerira et al 2006) y reducción del consumo de materia seca (Silanikove 2000; Kadzere et al 2002; West 2003; Beatty et al 2006; Nardone et al 2010), las cuales pueden en cierta medida, ser complementarias. En el presente estudio no se evaluó la búsqueda de sombra ni el consumo de materia seca. Sin embargo, dadas las condiciones de ITH en los tratamientos Pasto y P-Arbus en las horas de mayor radiación solar (93 y 92 unidades de ITH respectivamente), se puede inferir que hubo un efecto directo del ambiente sobre el comportamiento ingestivo, con una consecuente disminución del tiempo de pastoreo diurno, probablemente dando mayor participación a actividades de respuesta conductuales al estrés calórico como el descanso y el consumo de agua, o a respuestas fisiológicas como aumento de la temperatura rectal e incremento de la frecuencia cardíaca, tal como fue reportado por Barragan et al (2015).

El tiempo dedicado al descanso fue significativamente mayor en el tratamiento control. En este tratamiento los animales dedicaron 2.92 horas de actividad diurna al descanso, lo cual representó 41 y 60% más tiempo que el registrado en los tratamientos p-Arbus-Arbor y p-Arbor, respectivamente. No se registraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre el tiempo dedicado al descanso para los tratamientos Pasto y p-Arbus.

El tiempo de descanso u ocio se asocia a respuestas conductuales ante situaciones de estrés calórico, expresando una inactividad, como estrategia para disminuir la producción de calor por actividad física, e incluso por baja ingestión de alimento (Damasceno et al 1999; Beatty 2006; Britto-Ferreira 2010; Ferrerira et al 2006). Yokoyama-Kano et al (2004) afirmaron que la inactividad es uno de los primeros comportamientos observados ante situaciones de estrés calórico, por ser un recurso de menor gasto energético, considerando que de no ser eficiente la pérdida de calor, continúan en marcha las respuestas sensibles e insensibles tales como consumo de agua, transferencia de calor, aumento de la frecuencia respiratoria, entre otras.

Diferentes autores como Betacourt et al (2003) y Britto-Ferreira (2010), han reportado el incremento del tiempo de ocio bajo condiciones sin sombra, el cual puede oscilar entre el 15 y 32% de la actividad diaria del animal. En la presente investigación los tratamientos Pasto y P-Arbust registraron 32.8 y 28.4% de la actividad diurna al descanso.

Los resultados hallados en el total de tiempo dedicado al descanso de pie, registraron diferencia significativa entre los tratamientos Pasto y p-Arbust contra el registro de tiempo de descanso de pie en los tratamientos p-Arbust-Abor y p-Arbor ($p < 0.05$). En todos los casos, las diferencias oscilaron entre 42 y 68% más de tiempo gastado para descanso en pie a favor de los tratamientos Pasto y p-Arbust, comparados con los tratamientos p-Arbor y p-Arbust-Arbor.

La separación en la forma como descansan los animales, evidenció una clara preferencia al descanso de pie en el tratamiento Pasto. En este tratamiento, los animales invierten el 81% (2.36 horas) del tiempo total de descanso a estar de pie y solo el 19% restante de tiempo descansaron acostados. En el tratamiento P-Arbust, se observó la misma tendencia en el comportamiento de descanso. En este caso, los animales dedicaron 68% (1.73 horas) de su tiempo a descansar de pie y el porcentaje restante lo hicieron acostados.

Se observaron tendencias estadísticas ($p=0.0983$) en el comportamiento de descanso acostado y en el consumo de agua ($p=0.0989$). En la primera variable, el comportamiento sugirió que los animales del tratamiento P-Arbust dedicaron más tiempo a descansar acostados (0.82 horas), seguido del tratamiento Pasto (0.56 horas) y por último los sistemas silvopastoriles con estrato alto P-Arbor y P-Arbust-Arbor., con una dedicación de 0.37 y 0.38 horas respectivamente. En el caso de la segunda variable, la tendencia estadística evidenció que el tratamiento control registró el mayor tiempo dedicado al consumo de agua (0.30 horas), lo cual representó un 30, 50 y 53% más tiempo que el observado en los tratamientos P-Arbust. P-Arbor y P-Arbust-Arbor respectivamente.

No se registraron diferencias significativas ($p>0.1$) en el tiempo dedicado a las actividades de rumia, caminata y otras actividades.

En este trabajo, al igual que lo registrado por Britto-Ferreira (2010) y García (2010) se observó una clara preferencia a descansar de pie en los animales bajo el sistema Pasto, el cual presentó mayor efecto ambiental del ITH (87.8 unidades). La modificación conductual a descansar de pie está motivada por la capacidad de pérdida de calor por convección (Frazzi et al 2000; Yokoyama-Kano et al 2004), favoreciendo la circulación del viento por encima y por debajo del animal. Contrario al comportamiento anterior, en el sistema silvopastoril con arbustos (P-Arbust), el cual presentó un valor de ITH de 87.9 unidades similar al del tratamiento Pasto, la media de tiempo dedicada al descanso acostado fue mayor, lo cual puede ser un efecto directo de la posibilidad de sombra ofertado por los arbustos, indicando que los animales permanecieron más tiempo acostados cerca del árbol lo que evidenció un comportamiento de búsqueda de sombra como respuesta al estrés.

Las evaluaciones registradas sobre la conducta de consumo de agua indicaron una tendencia a mayor gasto de tiempo de bebida en el tratamiento Pasto. El consumo de agua se describe como una estrategia para contrarrestar los efectos adversos del estrés calórico (Arias et al 2008). En este sentido, Gonzalez-Pereyra et al (2010) indicaron que el consumo de agua en vacas holandesas se incrementó hasta en 22 l cuando el animal fue sometido a estrés calórico (ITH>80). Lo anterior puede indicar, que pese a no evaluar la ingesta total de agua, se puede considerar que el consumo de agua en el tratamiento Pasto como respuesta ante el estrés calórico fue mayor comparado con los sistemas silvopastoriles, dado los valores elevados de ITH en el tratamiento sin

sombra.

Se observaron tendencias estadísticas en el porcentaje de animales en las actividades pastoreo ($p=0.0701$) y descanso de pie ($p=0.0920$). Los tratamientos silvopastoriles P-Arbor y P-Arbust-Arbor registraron 60 y 68% de sus animales pastoreando durante las evaluaciones realizadas, lo cual tiene una relación directa con ser los tratamientos que mayor tiempo dedicaron a la actividad de pastoreo. Por el contrario, los tratamientos Pasto y P-Arbust, solamente registraron 49 y 48% de sus animales pastoreando, lo que ratifica que los animales en estos tratamientos dedicaron menor tiempo a la actividad de pastoreo diurno.

La tendencia estadística en la variable número de animales en descanso de pie, sugiere que el tratamiento Pasto presentó mayor porcentaje de animales en esta actividad, registrando un valor de 26% de la población de animales para ese tratamiento (Tabla 4), lo cual indicó que fue una respuesta conductual en grupo probablemente influenciada por factores ambientales en ese tratamiento.

Tabla 4. Porcentaje de animales en la actividad de comportamiento ingestivo para tres modelos silvopastoriles y una pradera sin árboles durante mayo y agosto de 2011.

	Pasto	P-Arbust	P-Arbor	P-Arbust-Arbor	ESM	p-valor Tratamiento	p-valor Hora	p-valor Trata x Hora
Pastoreo	49%	48%	60%	68%	4%	0.0701	0.0001	0.1854
Descanso	32%	17%	18%	19%	5%	0.1216	0.0001	0.3307
Des. Parado	26%	18%	14%	14%	4%	0.0920	0.0001	0.4153

p-Arbus: pastura + arbustos productores de hojas. p-Arbor: pasto + árboles. p-Arbus-Arbor: pasto + arbustos + árboles

Letras diferentes entre promedios en la misma fila indican diferencia estadística significativa $p<0.05$

La hora de evaluación representó un efecto altamente significativo (<0.0001) en el porcentaje de animales en pastoreo, descanso y descanso en pie (Figura 3). Los mayores porcentajes de animales en la actividad de pastoreo se registraron entre las nueve y las once horas y entre las dieciséis y las dieciocho horas, con registros entre 80 y 46% y entre 66 y 71% respectivamente. Las horas de

mayor radiación solar (entre las doce y las catorce horas), limitaron la actividad de pastoreo, registrando entre 23 y 32% de animales en esta actividad. Las actividades de descanso y descanso de pie registraron una dinámica similar a través del día, observándose mayor porcentaje de animales en estas actividades a las trece horas, con 37% de los animales en descanso y 33% descansando en pie.

Figura 3. Porcentaje de animales en la actividad de pastoreo, descanso y descanso en pie a través del día como respuesta al estrés calórico durante mayo y agosto de 2011.

Conclusiones

- Los resultados de este trabajo evidenciaron el efecto ambiental sobre las alteraciones conductuales ante el estrés calórico, incrementando el tiempo de pastoreo en los sistemas silvopastoriles que ofrecieron cobertura arbórea.
- Las condiciones de estrés calórico (alta temperatura y alto ITH) evidenciados en el tratamiento Pasto, modificaron la conducta de pastoreo mediante la disminución del tiempo de cosecha de forraje y el incremento del descanso parado.
- Pese a trabajar con animales termo-tolerantes adaptados a condiciones de trópico (cruces de romosinuano y cebú), se evidenció que el ambiente afectó el comportamiento, lo cual indica que a pesar de estar adaptados, hay posibilidades de mejorar las conductas de pastoreo ofertando sombra natural.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) por la financiación del proyecto “Valoración integral de los beneficios de Sistemas Silvopastoriles de estratos múltiples sobre la sostenibilidad del suelo y la productividad animal en el Sistema doble propósito de la región Caribe. A CORPOICA por el desarrollo y el tiempo para llevar a cabo este trabajo y al grupo GRICA de la universidad de Antioquia por aportar capital humano para la orientación y análisis del trabajo.

Referencias

Arias R A Mader T L y Escobar P C 2008 Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Archivo de Medicina Veterinaria 40:7-22.

Armstrong D 1994 Heat stress interaction with shade and cooling. Journal of Dairy Science 77:2044-2050.

Ávila PMF, Torres de Campos A y Pato LN 2002 Razas lecheras: ambiente y comportamiento animal en los trópicos. EMBRAPA gado de leite. FEPAL. BRA.

Azevedo M D, Ávila M, Saturnino F H M, Quintão A, Machado I B, Neves J B. y Esteves L 2005 Estimativa de níveis críticos superiores do Índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandesas-Zebu em lactação. Revista Brasileira de Zootecnia 34:2000-2008.

Barragán Hernández W A, Mahecha Ledesma L, y Cajas Girón Y S 2015 Variables

fisiológicas-metabólicas de estróos calórico en vacas bajo silvopastoreo y pradera sin árboles. *Agronomía Mesoamericana* 26(2): 211-223.

Beatty D T, Barnes A, Taylor E, Pethick D, McCarthy M and Maloney S K 2006 Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged. continuous heat and humidity. *Journal of Animal Science* 84:972-985.

Betancourt K, Ibrahim M, Harvey C y Vargas B 2003 Efecto de la cobertura arborea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás. *Matagalpa*. Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40): 47-51.

Britto Ferreira L 2010 Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos submetidos a diferentes ofertas de sombra. Mestrado Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina. BRA.

Broom D, y Molento C 2004 Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas—revisão (Animal welfare: concept and related issues—Review). *Archives of Veterinary Science* 9(2):1-11.

Brown-Brandl T, Eigenberg R, Nienaber J and Hahn G L 2005 Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle. Part 1: Analyses of indicators. *Biosystems Engineering* 90:451-462.

Cajas Girón YS 2002 Impacts of tree diversity on the productivity of silvopastoral systems in seasonally dry areas of Colombia. Thesis (Doctor of Philosophy). University of Wales. Bangor. GBR.

Ceballos M, Cuartas C, Naranjo J, Rivera J, Arenas F, Murgueitio E y Tarazona A 2011 Efecto de la temperatura y la humedad ambiental sobre el comportamiento de consumo en sistemas silvopastoriles intensivos y posibles implicaciones en el confort térmico. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 24:365-377.

Collier R J, Zimbelman R B, Rhoad R P, Rhoad M L and Baumgard L H 2011 A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. In: *Western Dairy Management Conference*. editor. 2011 Western Dairy Management Conference Proceedings. Reno. NV, USA.

Coutinho A 2005 Efeito do estresse térmico sobre a seleção de dieta por bovinos. Mestrado Dissertação. Universidade de São Paulo. BRA.

Damasceno J C, Baccari Júnior F and Targa L A 1999 Respostas comportamentais de vacas holandesas, com acesso à sombra constante ou limitada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34(4): 709-715.

Dikmen S and Hansen P J 2009 Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment?. *Journal of Dairy Science* 92(1): 109-116.

Frazzi E, Calamari L, Calegari F and Stefanini L 2000 Behavior of dairy cows in response to different barn cooling systems. *Transactions of the ASAE* 43(2): 387-394.

García F 2010 Efecto de la cobertura arborea en potreros y el estado de lactancia. sobre el comportamiento diurno de ganado doble propósito manejado bajo pastoreo en el trópico sub-

GonzÃ¡lez Pereyra A V G, May V M, Catracchia C G, Herrero M A, Flores M C and Mazzini M 2010 Influence of water temperature and heat stress on drinking water intake in dairy cows.

Hahn G L 1999 Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. Journal of Animal Science. 77(Suppl.2):10-20.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) **2007** Cambio climÃ¡tico 2007 Informe de sÃ¡ntesis. . En: Pachauri RK and Reisinger A. editores. ContribuciÃ³n de los grupos de trabajo i. ii y iii al cuarto informe de evaluaciÃ³n del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climÃ¡tico. IPCC. Ginebra. SUI. p. 1-104.

Kadzere C T Murphy M R Silanikove N and Maltz E 2002 Heat stress in lactating dairy cows: a review. Livestock Production Science 77(1): 59-91.

MartÃ¡nez E D, Pulido R G and Latrille L 2002 Efecto de la paja de trigo tratada con alcali sobre el consumo de alimento y comportamiento ingestivo de vacas lecheras. Archivos de Medicina Veterinaria 34(2): 199-212.

Nardone A, Ronchi B, Lacetera N, Ranieri M S and Bernabucci U 2010 Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. Livestock Science 130(1): 57-69.

PatiÃ±o R M, Fischer V, Balbinotti M, Moreno C B, Ferreira E X, Vinhas R I and Monks P L 2003 Comportamento ingestivo diurno de novilhos em pastejo submetidos a nÃveis crescentes de suplementaÃ§Ã£o energÃ©tica. Revista Brasileira de Zootecnia 32(6): 1408-1418.

Paranhos da Costa M J R 2000 AmbiÃªncia na produÃ§Ã£o de bovinos de corte a pasto. Anais de TeologÃa 18:26-42.

Ferreira F, Pires M F A, Martinez M L, Coelho S G, Carvalho A U, Ferreira P M and Campos W E 2006 ParÃ¢metros fisiolÃ³gicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calÃ³rico. Arquivo Brasileiro de Medicina VeterinÃ¡ria e Zootecnia.

SAS Institute 200 SAS/STAT User's Guide. version 9.2. 64th ed. SAS Institute. Cary. NC. USA.

Silanikove N 2000 Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. Livestock Production Science 67:1-18.

Souza de Abreu M H 2002 Contribution of trees to the control of heat stress in dairy cows and the financial viability of livestock farms in humid tropics. Thesis (Doctor of Philosophy CATIE. Turrialba. CRC.

St-Pierre N R, Cobanov B and Schnitkey G 2003 Economic losses from heat stress by US livestock industries. Journal of dairy science. 86. E52-E77.

Tucker C B, Rogers A R and SchÃ¼tz 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(2), 141-154.

West JW 2003 Effects of heat-stress on production in dairy cattle. J Journal of dairy science 86:2131-44.

Yokoyama Kano J S, Alzina-López A, Farfán-Escalante J C y Valencia Heredia E R 2004 Respuestas conductuales termorregulatorias de bñsqueda de sombra en bovinos cruzados Bos taurus x Bos indicus criados en la zona costera y oriente del estado de Yucatán. Revista Biomédica, 15(1), 17-26.

Received 23 June 2017; Accepted 1 November 2017; Published 1 December 2017

[CiteSpace](#)