

Comportamiento y respuesta fisiológica de vacas Brahman de cría en arreglos silvopastoriles

Behaviour and physiological response of Brahman cows reared in silvopastoral arrangements

Jhon Fredy Osorio-Giraldo^{1*}, Liliana Mahecha-Ledesma²,
Antonio Hemerson Moncada-Angel¹, Juan Carlos Carmona-Agudelo²

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento y respuesta fisiológica en pastoreo de vacas Brahman en arreglos silvopastoriles con árboles dispersos. El estudio se realizó en Puerto Nare, Antioquia, Colombia. Se tipificaron dos sistemas productivos: un sistema con revestimiento pertinente de sombra con árboles y arbustos discontinuos y un callejón central de árboles (protocolo A) y un sistema control con escasa cubierta de árboles (protocolo B). Cada sistema incluyó a 19 vacas Brahman con sus crías. Se registró menor temperatura ambiental en los potreros del protocolo A ($p=0.04$) y una frecuencia respiratoria mayor en las vacas del protocolo B ($p=0.0001$). No hubo diferencias en la ingesta de materia seca ($p=0.40$), pero hubo mayor tiempo dedicado al pastoreo nocturno en las vacas del Protocolo B ($p=0.0017$). Se concluye que los sistemas silvopastoriles con adecuada oferta de sombra permiten reducir la temperatura ambiente hasta en 2°C , propiciando mayor bienestar y comodidad a bovinos *Bos indicus* alojados en condiciones de trópico.

Palabras clave: estrés, etología, microclima, sombrío

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación GIBA, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia

² Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación GRICA, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

* E-mail: jhonfosorio@elpoli.edu.co

Recibido: 6 de marzo de 2022

Aceptado para publicación: xxx

Publicado: 29 de junio de 2023

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the behaviour and physiological response of Brahman cows grazing in silvopastoral arrangements with scattered trees. The study was conducted in Puerto Nare, Antioquia, Colombia. Two productive systems were typified: a system with relevant shade cover with discontinuous trees and shrubs and a central alley of trees (protocol A) and a control system with scarce tree cover (protocol B). Each system included 19 Brahman cows with calves at foot. Lower environmental temperature was recorded in the paddocks of protocol A ($p=0.04$) and a higher respiratory rate in cows of protocol B ($p=0.0001$). There were no differences in dry matter intake ($p=0.40$), but there was more time dedicated to night grazing by cows from Protocol B ($p=0.0017$). It is concluded that silvopastoral systems with an adequate offer of shade allow to reduce the ambient temperature by up to 2°C , promoting welfare and comfort to *Bos indicus* cattle reared in tropical conditions.

Key words: stress, ethology, microclimate, shadowing

INTRODUCCIÓN

El ganado bovino criado en regiones tropicales se ve afectado, entre otros, por factores ambientales como elevadas temperaturas y humedad relativa (Lorente, 2010; Córdova *et al.*, 2016). El rango de temperatura confort para el ganado Brahman se encuentra entre los 10 y los 27°C , aunque se estima que puede tolerar temperaturas de hasta 35°C y con 70% de humedad relativa en el ambiente (Beatty *et al.*, 2006). Temperaturas superiores a estas afectan el ganado, al punto de llevarlo a un estrés por calor que impulsa una respuesta del sistema simpático adrenal, que se refleja en una notable disminución productiva (Góngora y Hernández, 2010).

El estrés por calor, según West (2003), incide negativamente en la ingesta de alimento, lo cual, sumado a la búsqueda de sitios bajo la sombra, disminuye la energía requerida para mantenimiento y producción (Tarazona *et al.*, 2012). Además, como respuesta a dicho estrés, se incrementa también la tasa respiratoria de los animales (Belhadj *et al.*, 2016).

Los sistemas productivos de tipo silvopastoril se muestran como una posibilidad que permite atenuar los efectos desfavorables del estrés por calor (Betancourt *et al.*, 2013; Ríos *et al.*, 2013), brindando comodidad al disminuir las elevadas temperaturas a través de las sombras provistas por los árboles, aumentando el bienestar de los bovinos en condiciones de trópico (Ibrahim *et al.*, 2006). Se considera baja cobertura arbórea en pastizal cuando el área está entre $0-7\%$, mientras que una alta cobertura corresponde a áreas mayores al 22% (Góngora y Hernández 2010).

En el presente estudio se estimaron las variaciones comportamentales, fisiológicas y la ingesta de materia seca, en hembras de raza Brahman en su periodo posparto, alojadas en una acomodación de tipo silvopastoril con árboles ubicados de manera discontinua en pastizales con un corredor central que provee sombra, cotejándolo con un sistema productivo tradicional de baja oferta de sombra, y correlacionando con la calidad y posibilidad de aprovechamiento de los forrajes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La investigación se desarrolló en la «Hacienda Casanare», perteneciente a la ganadería Cuba, ubicada en el corregimiento «La Sierra», jurisdicción del municipio de Puerto Nare, departamento de Antioquia, Colombia. La zona presenta una temperatura media de 27 °C, humedad relativa de 81% y precipitación anual promedio de 2487 mm. Se encuentra a 125 msnm y forma parte de un ecosistema de bosque húmedo tropical (BhT) (Hiljea *et al.*, 2017). El estudio se realizó en el mes de abril, que corresponde a la época de lluvias. El tipo de pasto que predomina en la zona es la gramínea perenne Angleton (*Dichanthium aristatum*), mientras que los tipos de árboles que prevalecen son el melina (*Gmelina arborea* Roxb), el dinde (*Chlorophora tinctoria*) y el samán (*Samanea saman*).

Protocolos

Se evaluó el comportamiento y la respuesta de algunas constantes fisiológicas de vacas Brahman de cría en dos protocolos:

- *Protocolo A* (abundante cubierta arbórea). Sistema silvopastoril con un promedio de 15 árboles/ha (melina, dinde y samán), ubicados discontinuamente en pastizal y un corredor central a doble fila de melina (*Gmelina arborea* Roxb), con un promedio de 39 árboles/ha. En promedio, se tuvo 48 árboles por hectárea (discontinuos + corredor central). Los árboles melina tenían 64 m² de copa/árbol y 25% de penumbra en promedio, mientras que los árboles samán y dinde tenían 72 m² de copa/árbol y con 20% de penumbra. El tipo de pasto predominante era de tipo Angleton (*Dichanthium aristatum*) y se garantizó que todos los animales tuvieran en todo momento suficiente alimento a voluntad, agua fresca y sales mineralizadas con

fosforo al 8% en saladeros de plástico. El área tenía un cerco eléctrico. El sistema de pastoreo era rotacional en ocho pastizales de aproximadamente 2 ha. Los potreros tenían 28 días de descanso y 4 días de ocupación.

- *Protocolo B* (escasa cubierta arbórea). Grupo control con pastizales bajo un manejo tradicional con escasa oferta de árboles para una adecuada sombra. El manejo de las vacas, tipo de pastura y manejo rotacional de los potreros fue similar al Protocolo A. El área de sombra de la pastura estaba por debajo del 7% del área total. Las especies de árboles eran similares al Protocolo A, pero con una densidad menor a 5 árboles/ha y una copa de 72 m² de cobertura por ejemplar, y con 20% de penumbra, sin que hubiera alguna adecuación silvopastoril.

Las vacas fueron colocadas en sus respectivos pastizales 30 días previos al inicio de las mediciones para una mejor adaptación física y etológica al ambiente de experimentación. Cada vaca poseía su propio registro productivo.

Selección de Animales

A través de registros obtenidos del software +Ganadero® se hizo una preselección de 160 vacas, considerando que las fechas de parto estuvieran dentro de un mismo mes dentro del cronograma del estudio. Luego se excluyeron vacas con fenotipo diferente al de la raza Brahman, con historia de problemas reproductivos o sanitarios, y vacas de primer parto y con más de nueve partos (Corredor y Páez, 2012).

El grupo estuvo finamente conformado por 38 hembras Brahman con 2 a 9 partos a la fecha, gestantes, condición corporal entre 4.5 y 6 de acuerdo con la escala norteamericana (Richards *et al.*, 1986). Los animales fueron distribuidos al azar en el grupo tratamiento y grupo control, respectivamente. Las vacas fueron sometidas en el posparto a mon-

ta natural, teniendo un reproductor por cada grupo, el cual fue elegido mediante pautas de uniformidad, libres de problemas de salud y sometidas a testeos de rendimiento reproductivo.

Variables

Estimación del sombrero

Se calculó el área provista de sombra proveniente de los árboles en ambos arreglos, teniendo como guía, las indicaciones propuestas por Somarriba (2002), quien sugiere identificar la cantidad de árboles y medir el diámetro promedio de las copas. Asimismo, estimar la interceptación de la sombra a través de un medidor quantum de luz fotosintética activa Apogee® MQ-301, recogiendo el dato promedio para áreas con más representación de luz fotosintéticamente activa a la sombra y fuera de esta para cada especie de árbol y en cada protocolo.

Oferta de forraje

Previo al inicio del estudio, se realizó un aforo de potrero en tres lotes representativos del área de cada tratamiento, utilizando el método de doble muestreo por rango visual descrito por Haydock *et al.* (1975), en zigzag, lanzando un rectángulo de un metro cuadrado en 33 puntos representativos y clasificados en un tercio de hectárea del área a evaluar. El pasto fue cosechado y pesado en fresco y posteriormente deshidratado en horno para el análisis bromatológico. Estos aforos de caracterización se realizaron con el fin de asegurar cantidades similares y suficientes de alimento para los semovientes.

Composición nutricional del forraje

Se hizo determinación de fibra detergente neutra y ácida mediante la metodología planteada por Van Soest *et al.* (1991) para estimar la calidad y su relación con la digestibilidad del forraje. Asimismo, se determinó la proteína bruta por el método de Kjeldahl (1833), la materia seca total, y las

cenizas teniendo en cuenta las metodologías sugeridas por AOAC (1997).

Temperatura ambiente (T°) y humedad relativa (HR)

La temperatura ambiental y humedad relativa se midió para ambos tratamientos en forma semanal durante seis meses en un punto representativo de cobertura arbórea y en uno representativo sin cobertura arbórea, utilizando un termómetro higrómetro Radi rt-810e certificado. Las determinaciones se hicieron a las 06:00 y 16:00 h por ser horas de menor y mayor impacto térmico (Espinoza *et al.*, 2011). La época en que se hicieron las mediciones representó las dos épocas del año (época seca y de lluvia). Se consideró que el periodo de mediciones es suficiente para determinar la relación de las variables con otras respuestas de interés en campo como pronto retorno al celo posparto y recuperación y ganancia de peso de los animales.

Frecuencia respiratoria (FR)

La frecuencia respiratoria se determinó mediante el conteo de los movimientos de inhalación y exhalación del flanco de cada animal. Se hizo un acercamiento previo para acostumbramiento de los semovientes y a distancia variable, pero con suficiente cercanía para poder ver dichos movimientos. Las mediciones se realizaron en los pastizales a las 06:00 y 16:00 h en forma semanal durante los seis meses del experimento (McManus *et al.*, 2009; Espinoza *et al.*, 2011).

Conducta diurna y nocturna del pastoreo

Se realizaron observaciones diarias durante 4 días seguidas para determinar la conducta. Se registraron los tiempos dedicados a la ingesta de forrajes, rumia, toma de agua, movimiento de sitio y al descanso en una jornada de 12 horas entre las 06:00 y las 18:00 (Suárez *et al.*, 2012). De igual manera, en el último día se registraron las actividades desde las 18:00 hasta las 06:00 h del siguiente día. Las características etológicas de rebaño

se evaluaron cada 10 minutos. Al terminar, se agruparon y sumaron las actividades y tiempos de cada una y se multiplicó para calcular el tiempo por hora y por día invertido.

Consumo de materia seca

El consumo de materia seca (CMS) se cuantificó utilizando marcadores internos y externos. Como marcador externo se usó óxido de cromo (Cr_2O_3) a razón de 10 g/día, empaquetado en bolsas biodegradables de papel, en un periodo de 15 días, administrado diariamente a las 08:00 h (Mejía *et al.*, 2017). El marcador fue administrado directamente en la boca a 10 vacas de cada protocolo en el brete de manejo. Las muestras de heces fueron tomadas del recto, se estandarizaron y se separó 100 g de materia fecal, que fueron refrigeradas a 5 °C hasta su análisis. La cantidad de cromo contenido en heces fue determinada mediante espectrofotometría de absorción atómica. Asimismo, se estimó la producción de heces (PH) con la fórmula $\text{PH (gMS/día)} = \text{cantidad del marcador ingerido (g/día)} / \text{concentración del marcador en heces (g/gMS)}$.

Como marcador digestivo interno se usó la lignina, la cual permite cuantificar digestibilidad (DIG %) mediante la fórmula $\text{Dig \%} = (1 \times \text{CMF} / \text{CMH}) \times 100$, donde CMF = concentración porcentual del marcador en el forraje y CMH es la concentración porcentual del marcador en la materia fecal. Una vez determinado el porcentaje de digestibilidad se usó la fórmula $\text{(Dig \%)} \text{ (gMS/día)} = \text{cantidad del marcador consumido expresado en gramos al día entre la concentración del marcador en la materia fecal (g/gMS)}$. Por último, se calculó la ingesta de materia seca (CMS) para cada animal a través de la fórmula $\text{CMS (g/día)} = \text{PH/Dig \%} (20)$

Análisis Estadístico

Los datos tomados en el campo fueron transcritos al programa +Ganadero® y exportados a Microsoft Excel®. Los datos fueron analizados usando la herramienta *Statistical*

Analysis Software SAS®. Se contempló un alfa menor o igual a 0.05 para cualquier escenario de significancia y una tendencia estadística con un alfa mayor que 0.05 y menor que 0.10. Por su parte, los protocolos fueron contrastados mediante T Student.

Para el análisis de la humedad relativa y temperatura ambiental a la sombra y al sol directo para cada protocolo se efectuaron mediciones reiteradas. El modelo utilizado fue: $Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + H_j + M_k + \tau H_{ij} + e_{ijkl}$, donde Y_{ijkl} es la variable de respuesta, μ es la media general, τ_i es el producto del protocolo, H_j es la consecuencia del momento en que se toma la muestra, M_k es el impacto del mes donde cuantifican sobre los datos, τH_{ij} es la interacción tratamiento/hora, y e_{ijkl} el error experimental.

Para el índice de respiraciones se trabajó con 4 bloques al azar según la semana en que hayan parido las vacas. Se utilizó el siguiente modelo: $Y_{ijklm} = \mu + B_i + \tau_j + H_k + M_l + \tau H_{jk} + e_{ijklm}$, donde Y_{ijklm} es la variable de respuesta, μ contempla la media general, B_i expresa el efecto del bloque (semana donde tuvo lugar el parto, $i=1,2,3,4$), τ_j es el impacto del protocolo ($j=1,2$), H_k es la consecuencia del momento en que se toma la muestra ($k=1,2,3$), M_l es el impacto del mes donde cuantifican sobre los datos ($l=1,2,3,4,5,6$), τH_{ij} la interacción tratamiento/hora, y e_{ijklm} el error experimental.

Para la etología en el pastoreo (tiempo empleado en ingesta de los forrajes, rumia, ingesta de agua, desplazamiento y descanso) se utilizó la data de los 19 animales de cada protocolo en los intervalos de 10 minutos y se hicieron bloques aleatorizados ajustados a intervalos de peso (400-450, 450-500, 500-550, 550-600 kg). Dado que la variable es de tipo ordinal, con valores que van de 0 a 19 animales para un comportamiento, se incurre en transformación de datos del tipo radical donde se usa raíz cuadrada de $X + 1$ (X es el número de vacas en la correspondiente actividad) buscando una normalización de los datos. Para cada variable comportamental se

Cuadro 1. Composición bromatológica para el pasto Angleton (*Dichanthium aristatum*) en potreros representativos de los dos tratamientos bajo sombrío y en sol

	Protocolo A			Protocolo B		
	Sombra	En el sol	Total	Sombra	En el sol	Total
Materia seca (%)	27.92	29.07	28.80	27.99	27.59	27.60
PB (%)	5.39	4.67	4.84	5.66	4.82	4.84
FDN (%)	78.35	78.67	78.59	76.03	76.08	76.08
FDA (%)	44.14	39.85	40.88	42.52	40.84	40.89
Disponibilidad MS (kg/m ²)	0.465	0.529	0.51	0.489	0.536	0.53

Protocolo A: abundante cubierta arbórea; Protocolo B: escasa cubierta arbórea
PB: Proteína bruta; FDN: fibra detergente neutra; FDA: fibre detergente ácida

usó la siguiente representación: $Y_{ijk} = \mu + B_i + \tau_j + e_{ijk}$, donde Y_{ijk} es la variable de respuesta, μ es la media general, B_i denota el impacto del bloque ($i=1,2,3,4$), τ_j muestra la consecuencia del protocolo ($j=1,2$), y e_{ijk} el error experimental.

RESULTADOS

Sombrío

Protocolo A: Se encontraron 39 árboles de Melina con diámetro promedio de 56 m² de copa y 25% de penumbra y 9 árboles de Samán con diámetro promedio de 64 m² de copa y un 20% de penumbra. Se determinó la luz fotosintética activa en los arreglos del protocolo A, después de obtener 3 muestreos por cada especie y se halló un valor promedio de 448 $\mu\text{Ml/m}^2/\text{s}$ de espectro de onda en las especies arbóreas, lo que representa un paso del 23.88% de luz fotosintéticamente activa. Esto representa una intercepción de luz del 76.12%. Por otro lado, la cobertura promedio total para los pastizales fue de 2391 m²/ha, lo que representa cobertura del 23.91% del pastizal.

Protocolo B: Se encontraron 5 árboles de Samán con diámetro promedio de 72 m² de copa con 20% de penumbra. Durante la determinación de la luz de tipo fotosintética activa en los arreglos del protocolo B, después de obtener 3 muestreos se halló un promedio de 432 $\mu\text{Ml/m}^2/\text{s}$ de espectro de onda, en tanto que la medición promedio fue de 1919 $\mu\text{Mol/m}^2/\text{s}$ por fuera de la zona de sombrío, lo que representa un paso del 22.51% de luz fotosintéticamente activa. Esto representa una intercepción de luz del 77.49%. Por otro lado, la cobertura promedio total para los pastizales fue de 279 m²/ha, lo que representa el 2.79% de cobertura del pastizal.

Disponibilidad y Calidad de Forraje

El análisis bromatológico del pasto Angleton en los dos protocolos del estudio se presenta en el Cuadro 1.

Temperatura Ambiental

Se encontró una menor temperatura media en los pastizales provistos de una conveniente cobertura arbórea ($p=0.04$). Sin embargo, la humedad relativa promedio fue similar en los pastizales de los dos protocolos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Temperatura (T, °C) y humedad relativa (HR, %) en áreas de pastizales con abundante (Protocolo A) y escasa (Protocolo B) cubierta arbórea

Protocolo	T° ± d.e.	HR ± d.e.
A	30.2 ± 3.5	78.53 ± 12
B	31.7 ± 3.7	78.54 ± 11

Cuadro 3. Frecuencia respiratoria (FR) promedio en vacas en pastizales con abundante (Protocolo A) y escasa (Protocolo B) cubierta arbórea

Protocolo	Frecuencia respiratoria (rsp/min)	
	Media	d.e.
A	43.1	4.24
B	43.9	4.39
<i>p-value</i>	0.0001	

Tasa Respiratoria

La frecuencia respiratoria de las vacas fue significativamente menor en las vacas que pastoreaban en los pastizales con abundante cubierta arbórea ($p=0.0001$; Cuadro 3).

Consumo de Materia Seca (CMS)

La ingesta de materia seca fue similar para las vacas de los dos grupos experimentales (A: 19 961; B: 9738 g/vaca/d; $p=0.40$). El peso promedio de los animales del Protocolo 1 fue de 565.3 kg y la ingesta fue del 1.94% del peso vivo en MS, en tanto que para las vacas del protocolo B el peso promedio fue de 546.5 kg y la ingesta fue del 1.78% de su peso vivo en MS.

Comportamiento en Pastoreo

No se halló diferencia significativa en el tiempo invertido por las vacas en las actividades diurnas (06:00-18:00 h) que fueron objeto de evaluación etológica (ingesta de forrajes, rumia, movimiento libre, ingesta de agua y descanso) (Figura 1). El comportamiento al pastoreo en las horas de la noche y madrugada (18:00 hasta las 06:00 h) fue significativamente diferente entre protocolos con respecto a la ingesta de forraje ($p=0.0017$), observándose un mayor consumo en las vacas del protocolo B, en tanto que las vacas del Protocolo A dedicaron más tiempo al descanso ($p=0.005$) (Figura 2).

DISCUSIÓN

Sombrío

Las coberturas arbóreas determinadas para el protocolo A (23.91%) y el protocolo B (2.79%) confirmaron que correspondía a alta y baja cobertura, respectivamente. Según Betancourt *et al.* (2010), los árboles contribuyen a la reducción de la radiación fotosintéticamente activa (RAFA), y cada uno de los árboles en estos potreros ofrecía sombra plena, de allí que el efecto de los tratamientos estaría atribuido al área en cobertura arbórea encontrada.

Disponibilidad y Calidad de forraje

No hubo diferencias significativas ($p<0.05$) entre protocolos en la oferta, composición cualitativa ni en la producción total de los pastos, lo cual puede ser un indicativo de la tolerancia del Angleton al sombrío. Se recomienda buscar el más alto porcentaje de interceptación de la radiación directa en busca del mayor confort de los animales, sin disminuir la eficiencia fotosintética de los forrajes. La tolerancia de los forrajes al sombrío, sin afectar su calidad y cantidad es alta y varía entre especies, donde Vivas y Charo (2014)

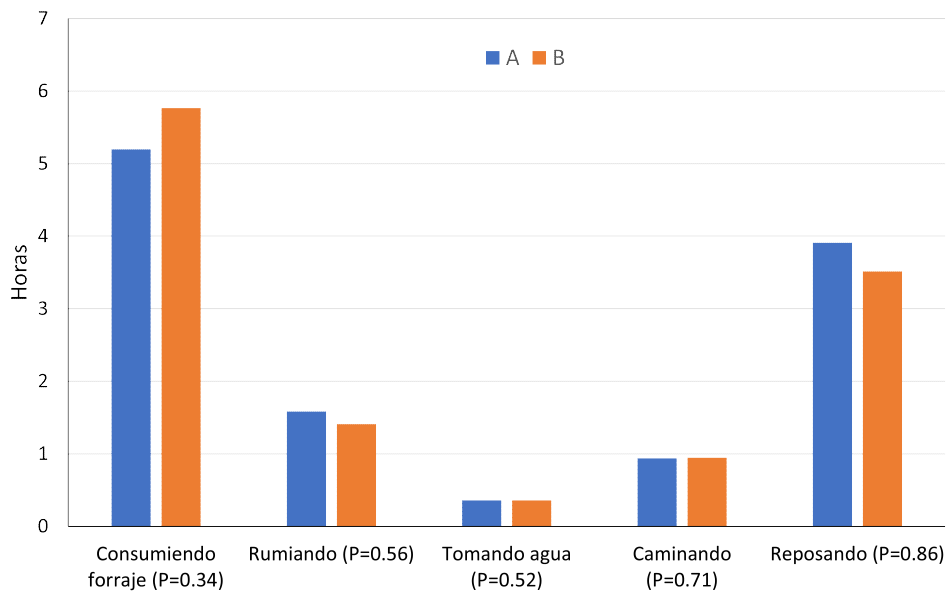


Figura 1. Tiempo (horas) dedicado a actividades comportamentales en horario diurno (06:00-18:00 h) de vacas Brahman en pastoreo sobre pastizales con abundante (Protocolo A) y escasa (Protocolo B) cubierta arbórea

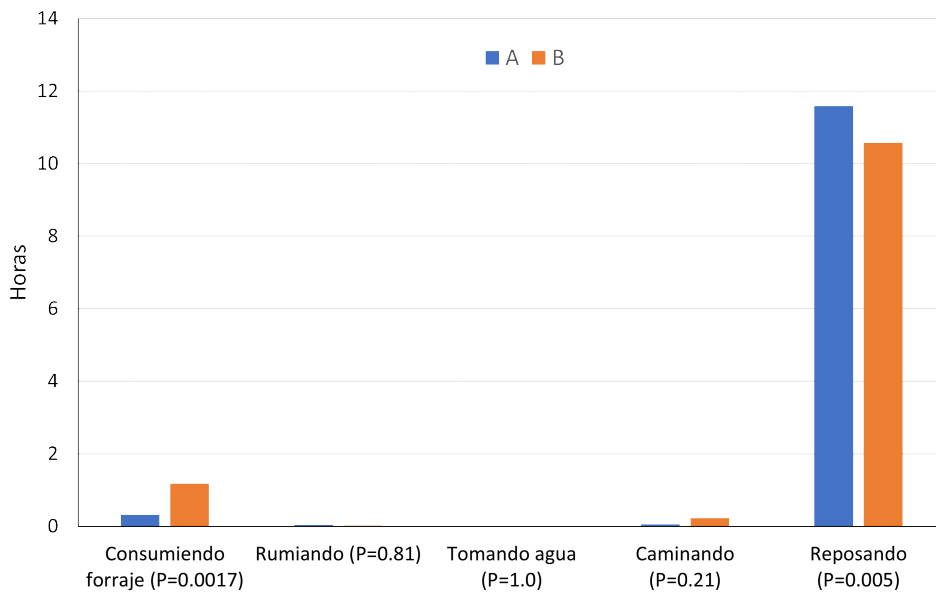


Figura 2. Tiempo (horas) dedicado a actividades comportamentales en horario nocturno (18:00 hasta las 06:00 h) de vacas Brahman en pastoreo sobre pastizales con abundante (Protocolo A) y escasa (Protocolo B) cubierta arbórea

reportaron porcentajes de intercepción de la luz del 70% con buen crecimiento de los pastos, influenciado también por la época del año. En este trabajo, la intercepción de luz por árbol promedio estuvo en 76.12 y 77.49% para el tratamiento A y B, respectivamente, sin afectar la biomasa.

Temperatura Ambiental

Los datos mostraron una reducción de cerca de 2 °C en el pastizal del protocolo A, reflejando una de las ventajas de sistemas silvopastoriles como es el surgimiento de microclimas que influyen en las producciones al disminuir entre 2.1 y 3.8 °C la temperatura ambiental, aumentando así el rendimiento productivo, confort y bienestar animal (Castaño *et al.*, 2014; Fedrigo *et al.*, 2018).

Frecuencia Respiratoria

Un indicador de estrés en el ganado es cuando la frecuencia respiratoria se encuentra en un rango de 60 a 200 exhalaciones por minuto (Castaño *et al.*, 2014). En el presente estudio ningún grupo presentó frecuencia respiratoria superior a 60, pero las vacas del Protocolo B presentaron un valor significativamente superior que aquel de las vacas del Protocolo A, al indicar que dichas vacas muestran cierto grado de incapacidad en la regulación homeostática de la temperatura, pero que no llega a ser tan grave como para disparar una respuesta en la tasa respiratoria indicativa de estrés.

Es posible que la frecuencia respiratoria no haya llegado a valores más altos debido a que la temperatura ambiente no superó el máximo de tolerancia reportado por Beatty *et al.* (2006) de 35 °C, presuntivo de estrés calórico en ganado *Bos indicus*. No obstante, la humedad relativa rebasó en ambos protocolos el 70%. Se entiende que el aumento en la percepción térmica en las vacas del protocolo B debe a la dificultad de poder aminorar la capacidad evotranspirativa en los animales (Habeeb *et al.*, 2018; Garcelén *et*

al., 2019). La humedad relativa fue similar entre los dos protocolos; no obstante, Barragán *et al.* (2013), encontraron un incremento significativo en la frecuencia respiratoria de la humedad relativa en vacas cruzadas.

Consumo de Materia Seca

Un importante marcador de estrés por calor es la disminución del consumo de materia seca (Roca, 2011) ya que, en la búsqueda de sitios de sombra, los animales disminuyen el tiempo dedicado a la ingesta de forrajes. Este efecto no fue notado en el presente estudio, posiblemente debido a que la temperatura ambiental no estuvo por encima de los 35 °C (Góngora y Hernández, 2010).

Comportamiento en Pastoreo

La regulación del comportamiento de consumo depende de múltiples factores intrínsecos del individuo, sociales, de características propias de los alimentos y ambientales (Beatty *et al.*, 2006) y puede servir como indicador de estrés calórico (McManus *et al.*, 2009). El tiempo dedicado por las vacas a pastar es, en parte, un indicativo de la presencia o ausencia de estrés por calor y ese tiempo, disminuye notablemente si el animal se encuentra directamente sometido a la radiación solar. Si bien no existieron diferencias en el tiempo dedicado a pastar, se pudo observar que las vacas del protocolo A descansaban en los momentos de menos calor (07:00), mientras que las vacas del protocolo B están pastoreando, tomando ventaja de las bajas temperaturas matutinas para ingerir forraje, tal y como lo señala Parra *et al.* (2017).

CONCLUSIONES

El protocolo productivo silvopastoril con una alta oferta de espacios a la sombra, posibilita la creación de condiciones favorables para mejoras parámetros productivos y de bienestar y confort animal, como la creación

de microclimas, disminución de la temperatura ambiente, menor frecuencia respiratoria del ganado y reducción de los tiempos de ingesta nocturna en comparación con las condiciones de las vacas que pastaron en condiciones de irradiación solar directa por falta de suficiente cobertura de árboles.

Agradecimiento

Los autores agradecen a la Ganadería Río Grande, del Grupo Argos, quienes permitieron el desarrollo de esta investigación con apoyo en instalaciones, semovientes y recursos.

LITERATURA CITADA

1. **AOAC International. 1997.** Official methods of analysis of AOAC International. Gaithersburg, Md, USA.
2. **Barragán W, Mahecha L, Caja Y. 2015.** Variables fisiológicas-metabólicas de estrés calórico en vacas bajo silvopastoreo y pradera sin árboles. *Agron Mesoam* 26: 211-223. doi: 10.15517/am.v26i2.19277
3. **Beatty DT, Barnes A, Taylor E, Pethick D, McCarthy MK, Maloney S, 2006.** Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. *J Anim Sci* 84: 972-985. doi: 10.2527/2006.844972x
4. **Belhadj I, Najar T, Ghram A, Abdrrabba M. 2016.** Heat stress effects on livestock: molecular, cellular and metabolic aspects, a review. *J Anim Physiol An N* 100: 401-412. doi: 10.1111/jpn.12379
5. **Betancourt K; Ibrahim M, Harvey CA, Vargas B. 2003.** Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua. *Agrofor Américas* 10: 47-50.
6. **Castaño F, Rugeles C, Betancur C, Ramírez C. 2014.** Impacto del estrés calórico sobre la actividad reproductiva en bovinos y consideraciones para mitigar sus efectos sobre la reproducción. *Biosalud* 13: 84-94.
7. **Córdova A, Iglesias Reyes E, Ruiz G, Guerra Liera E, Inzunza J, Villa A, Juárez M, et al. 2016.** Consecuencias del estrés calórico sobre la reproducción del ganado vacuno. *Rev Complutense Cienc Vet* 10: 89-101. doi: 10.5209/rev_RCCV.2016.v10.n1.52555
8. **Corredor E, Páez E. 2012.** Aplicaciones de la ultrasonografía en la reproducción bovina: revisión. *Ciencia y Agricultura* 9 :29-37.
9. **Delgado A, Ocaña H, Rojas E. 2019.** Indicadores asociados a la sostenibilidad de pasturas: una revisión. *Cienc Tecnol Agropec* 20: 387-408.
10. **Espinoza J, Ortega R, Palacios A, Guillén A. 2011.** Tolerancia al calor y humedad atmosférica de diferentes grupos raciales de ganado bovino. *Rev MVZ Córdoba* 16: 2302-2307. doi: 10.21897/rmvz.288
11. **Fedrigo J, Benítez V, Santa Cruz R, Posse J, Barro R, Hernández J, Mantero C, Morales V, et al. 2018.** Oportunidades y desafíos para los sistemas silvopastoriles en Uruguay. *Veterinaria* 54: 20-30. doi: 10.29155/VET.54.209.4
12. **Góngora A, Hernández A. 2010.** La reproducción de la vaca se afecta por las altas temperaturas ambientales. *Rev UDCAActual Divulg Cient* 13: 141-151.
13. **Habeeb A, Gad A, Atta M. 2018.** Temperature-humidity indices as indicators to heat stress of climatic conditions with relation to production and reproduction of farm animals. *Int J Biotechnol Recent Adv* 1: 35-50.
14. **Hiljea L, Jiménez H. 2017.** Leslie R. Holdridge: un botánico que vio muy lejos. *Rev Cienc Ambient* 51: 181-194. doi: 10.15359/rca.51-2.10

15. **Ibrahim M, Villanueva C, Casasola F, Rojas J. 2006.** Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. *Pastos y Forrajes* 29: 383-419.
16. **Lorente A. 2010.** Ganadería y cambio climático: una influencia recíproca. *GeoGraphos* 1: 1-22.
17. **McManus C, Prescott E, Paludo G, Bianchini E, Louvandini H, Mariante A. 2009.** Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. *Livest Sci* 120: 256-264. doi: 10.1016/j.livsci.2008.07.014
18. **Mejía E, Mahecha L, Angulo J. 2017.** Consumo de materia seca en un sistema silvopastoril de *Tithonia diversifolia* en trópico alto. *Agron Mesoam* 28: 389-403. doi: 10.15517/ma.v28i2.23561
19. **Parra J, Estrada G, Parra D, Montenegro N. 2017.** Efecto de diferentes sistemas enriquecidos sobre el comportamiento de bovinos doble propósito en producción lechera en la amazonia colombiana. *REDVET* 18(12). [Internet]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.-oa?id=63654640037>
20. **Richards MW, Spitzer JC, Warner MB. 1986.** Effects of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *J Anim Sci* 62: 300-306. doi: 10.2527/jas1986.-622300x
21. **Ríos V, Ortiz N, Valencia A, Orjuela J. 2013.** Estrés calórico y su relación con variables reproductivas en machos bovinos en la Amazonia Colombiana. *REDVET* 14(4). [Internet]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63626164008.pdf>
22. **Roca A. 2011.** Efecto del estrés calórico en el bienestar animal, una revisión en tiempo de cambio climático. *ESPAMCIENCIA* 2: 15-25.
23. **Somarriba E. 2002.** Estimación visual de la sombra en cacaotales y catetales. *Agrofor Américas* 9: 86-94.
24. **Suárez P, Emiro RG, Sony D, García E, Pastrana F, Cuadrado C; Espinosa C. 2012.** Efectos de las condiciones ambientales sobre el comportamiento ingestivo en bovinos de carne en un sistema intensivo en el Valle del Sinú. *Cienc Tecnol Agropec* 13: 207-212. doi: 10.21930/rcta.vol13_num2_art:257
25. **Tarazona AM, Ceballos MC, Naranjo JF, Cuartas CA. 2012.** Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes. *Rev Colomb Cienc Pec* 25: 473-487.
26. **Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991.** Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 74: 3583-3597. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2
27. **Vivas N, Charo L. 2014.** Respuesta del pasto palmera (*Setaria poiretiana*) al sombrío una opción de producción en sistemas silvopastoriles. *Rev Bio Agro* 12: 161-169.