

Respuesta conductual diurna de bovinos productores de carne en finalización intensiva en el trópico seco

Daily behavioral response of beef cattle in feedlot in the dry tropic

Ana Citlaly Zazueta¹ ; Jesús José Portillo¹ ; Beatriz Isabel Castro¹ 
Alfredo Estrada-Angulo¹ ; Jesús David Urías¹ ; Francisco Gerardo Ríos^{1*} 

¹Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México

*Correspondencia: fgrios@uas.edu.mx

Recepción: 10 noviembre 2022 | Aprobación: 12 enero 2023 | Publicación: 25 enero 2023

RESUMEN

Objetivo: Valorar la conducta diurna de ganado bovino productor de carne en finalización en el trópico seco. **Materiales y Métodos:** En el otoño se realizó un estudio observacional prospectivo con duración de cuarenta y dos días. A las 8:00, 12:00 y 16:00 h se registraron las pautas conductuales, temperatura ambiente y humedad relativa; el índice de temperatura y humedad fue calculado. Los bovinos permanecieron en corrales provistos de sombra de polipropileno y corrales sin sombra. **Resultados:** A las 8:00 h todos los bovinos estuvieron sujetos a condiciones ambientales de confort térmico ($p < 0.01$); pero a las 12:00 h los bovinos bajo sombra estuvieron en peligro térmico y a las 16:00 h en alerta térmica, y a las 12:00 y 16:00 h en los bovinos sin acceso a sombra persistió el peligro térmico ($p < 0.01$). El acceso al comedero se inhibió a las 8:00 y 12:00 h e incrementó a las 16:00 h, pero la rumia disminuyó a las 8:00 y 16:00 y aumentó a las 12:00 h ($p < 0.01$). Los indicadores de descanso son mayormente observados en peligro y alerta térmica ($p < 0.01$). Los indicadores agonistas se encuentran inhibidos a las 8:00 y 12:00 h ($p \leq 0.04$). La conducta social es mayormente manifiesta a las 16:00 h ($p < 0.001$). **Conclusiones:** La expresión diurna de la conducta bovina relacionada con el factor climático y la provisión de sombra, puede ser inhibida en las horas de más alta influencia calórica expresada en el índice de temperatura y humedad.

Palabras clave: Conducta animal; bienestar animal; facilidades de alojamiento; clima cálido; estrés por calor; *Bos indicus* (Fuente: AGROVOC Multilingual Thesaurus).

ABSTRACT

Objective: To assess the diurnal behavioral response of beef cattle in feedlot in the dry tropics. **Materials and Methods:** During fall, a prospective observational study was carried out for 42 days. At 8:00, 12:00 and 16:00 h, behavioral patterns, temperature and relative humidity were recorded, and the temperature and humidity index were calculated. Cattle were housed in pens provided with polypropylene shade and pens without shade. **Results:** At 8:00 h, the cattle under shade and cattle without access to shade were subjected to environmental conditions of thermal comfort category ($p < 0.01$); but at 12:00 h cattle under shade were in thermal danger and thermal alert at 16:00 h. For cattle without access to shade at 12:00 and 16:00 h, the thermal danger persisted ($p < 0.01$). Feed access was inhibited at 8:00 and 12:00 h and increased at 16:00 h, but rumination decreased at 8:00 and 16:00 h and increased at 12:00 h ($p < 0.01$). Rest indicators were mostly observed in danger and thermal alert ($p < 0.01$). The agonist indicators were inhibited at 8:00 and 12:00 h ($p \leq 0.04$). Social behavior was mostly manifest at 16:00 h ($p < 0.001$). **Conclusions:** The diurnal expression of bovine behavior related to the climatic factor and the provision of shade, can be inhibited in the hours of highest caloric load expressed as the Temperature and Humidity Index.

Keywords: Animal behaviour; animal welfare; warm season; animal housing; thermal stress; *Bos indicus* (Source: AGROVOC Multilingual Thesaurus).

Como citar (Vancouver).

Zazueta AC, Portillo JJ, Castro BI, Estrada-Angulo A, Urías JD, Ríos FG. Respuesta conductual diurna de bovinos productores de carne en finalización intensiva en el trópico seco. Rev Colombiana Cienc Anim. Recia. 2023; 15(1):e973. <https://doi.org/10.24188/recia.v15.n1.2023.973>

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población humana ha repercutido en el aumento de la demanda de proteína de origen animal y en respuesta a ello se ha intensificado el sistema de producción de carne de bovino (1); al respecto, Mota-Rojas et al (2) aseguran que al confinar bovinos en los corrales de finalización intensiva se impactan negativamente los indicadores de bienestar ya que se altera el comportamiento natural de los bovinos; incluso en casos extremos, pueden manifestar un comportamiento estereotipado como manipular objetos o partes del cuerpo de sus congéneres; estas estereotipias pueden indicar un bienestar restringido (3).

En el comportamiento diurno de bovinos productores de carne en sistema de producción intensiva pueden influir las condiciones ambientales; en este contexto, se observó que cuando el valor del Índice de Temperatura y Humedad (ITH) supera las 75 unidades disminuye la tasa de actividad agonista: montas de 3.1 a 0.0, amenazas de 3.1 a 2.0, reflejo de Flehmen de 3.5 a 2.0, topetazos de 12.0 a 0.0 así como la expresión social de acicalamientos de 10.1 a 8.2, por lo que la respuesta conductual se rige mediante ritmos biológicos con el propósito de adaptarse al medio ambiente y así de esta manera se asegure su supervivencia (4); en tal sentido, la expresión de esta conducta, obedece a que los ritmos circadianos son ritmos impulsados por un reloj biológico diario que persisten en un entorno constante (5). Por esta razón, el propósito de cuantificar el patrón de comportamiento del ganado bovino en confinamiento es útil para determinar el impacto de factores ambientales y de manejo que generan estímulos sobre la conducta habitual cuando el ganado no se alberga en condiciones favorables (6). En este aspecto, Grandin (7), refiere que los bovinos en corral de engorde están sujetos a la variación de diversas condiciones ambientales y de alojamiento, que pueden influir negativamente en los indicadores de bienestar, ya sea por la presencia de lodo abundante por lluvias, estrés por calor, insuficiencia de sombra y de espacio vital; a propósito de lo anterior, se ha observado que en los corrales de engorde de bovinos hay una tendencia a reducir la asignación de espacio por cabeza, a pesar de su potencial impacto negativo en el bienestar animal (8).

Por su parte, Wagner et al (9) afirman que los episodios de estrés o enfermedad en los animales alteran el ritmo circadiano, y se conoce que la interrupción de la actividad circadiana es, por tanto, un indicador de estos trastornos, por tal razón conocer las conductas habituales del bovino puede aportar elementos para identificar el ritmo de actividad día-noche, ya que las variaciones del ciclo parecen depender menos de factores que afectan las actividades básicas. En este sentido, Li et al (10) enfatizan en la importancia de mantener la homeostasis en el ganado bovino principalmente en las regiones tropicales donde la temperatura ambiental es elevada, la oscilación térmica es amplia y la exposición a la radiación solar es intensa que compromete el bienestar de los bovinos alojados en corral de engorde.

Por lo tanto, el objetivo del actual estudio es conocer la respuesta conductual diurna del ganado bovino productor de carne en finalización intensiva en circunstancias ambientales del trópico seco en otoño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área del estudio. En una Unidad de Producción Pecuaria ubicada en el valle agrícola de Culiacán, Sinaloa, México (24° 33' 46" N; 107° 11' 08" O; 103 msnm), se llevó a cabo un estudio observacional prospectivo (11) con duración de seis semanas a partir de la sexta y hasta la doceava semana del otoño.

Condiciones climáticas de la región. Las condiciones climáticas son de trópico seco (BS1(h') w(w)(e)), donde la temperatura media anual es de 25°C, se registra temperatura mínima promedio de 10.5°C en enero y la máxima promedio es mayor a 36°C desde mayo a julio. En la región, la humedad relativa promedio es de 68%, máxima promedio de 98% y mínima promedio de 14% (12).

Características de los corrales. Se trata de corrales contruidos específicamente para la reciba, engorda y finalización de ganado bovino, fabricados con los siguientes materiales: piso de tierra, tubería metálica de 1.60 m de altura, estructura de la sombra a base de material metálico, bebedero automatizado de acero inoxidable asignado a dos corrales y banquetta de dos metros de amplitud en el área de comedero. Se seleccionaron aleatoriamente ocho corrales, cuatro sin sombra y cuatro con sombra. Se midió cada corral y se calculó la superficie y área de sombra disponible (m²), orientación de la sombra (en este caso de sur a norte), longitud del comedero y del bebedero. El material utilizado en la provisión de sombra fue malla de polipropileno de color azul, con un nivel de filtración de 70%, colocada a 3.0 m de altura.

Características de los bovinos. Se incluyeron machos sin castrar, cuyo componente racial incluye *Bos indicus* en cruzamiento con *Bos taurus* principalmente de las razas Pardo Suizo Americano, Pardo Suizo Europeo, Beefmaster, Charolais, Angus, en proporciones no determinadas.

Alimentación y manejo de los bovinos. Las prácticas de manejo, incluida la estrategia de alimentación se apegó al protocolo establecido para la engorda y finalización de bovinos en el noroeste de México; estas prácticas involucran la aplicación de vacunas, el uso de desparasitantes y la colocación de implantes a base de estradiol, tilosina y acetato de trembolona. La dieta basal se constituye de heno de maíz, grano de maíz hojuelado, pasta de soja, granos secos de destilería, melaza, y premezcla de vitaminas y minerales. Esta formulación se sirve mecánicamente dos veces al día; por la mañana a las 8:00 h y por la tarde a las 16:00 h, en proporción 40% en el horario matutino y 60% en el horario vespertino. La dieta de finalización contiene 13.1% de proteína cruda y 3.11 Mcal/kg de energía metabolizable.

Registro de indicadores climáticos: La temperatura ambiente y la humedad relativa se registraron mediante termohigrómetros digitales (Avaly, Modelo DTH660, Mofeg S.A., Zapopan, Jalisco, México) situados al centro y dentro de cada corral objeto de estudio. El índice de calor y humedad se calculó mediante la fórmula: $ITH = 0.81 \times T + [(HR/100) \times (T - 14.40)] + 46.40$ (13), donde T es la temperatura ambiental en grados Celsius y HR es la humedad relativa expresada en porcentaje. Durante el periodo de estudio, se registraron los indicadores climáticos: temperatura, humedad relativa, temperatura mínima y máxima y se calculó el Índice de Temperatura y Humedad (ITH).

Registro de indicadores conductuales diurnos. Con base en el procedimiento referido por Marti et al (14) se registraron los indicadores conductuales diurnos: acceso a comedero, acceso a bebedero, echados, de pie, rumiando, acicalándose, topetazos, montas y reflejo de Flehmen. Los indicadores conductuales y los indicadores climáticos se registraron a las 8:00, 12:00 y 16:00 horas.

Aspectos éticos. Los bovinos fueron manejados conforme al protocolo sanitario y de alimentación descrito en el Manual de Buenas Prácticas en la Producción de Carne de Ganado Bovino en Confinamiento (15). Antes de iniciar actividades, el protocolo del experimento fue aprobado por el Comité Institucional para el Cuidado y Uso de los Animales del Consejo Directivo de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa (CICUA-FMVZ/20-06-2019), así como por el Directivo de Agropecuaria JS SA de CV, Unidad de Producción Pecuaria (UPP) donde se llevó a cabo el estudio. La UPP tiene acreditación vigente por parte de la Organización Mexicana de Certificación Ganadera y Alimentaria, A.C. (OMECEGA-012-PD-25-22-201), por la aplicación de Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de Carne de Ganado Bovino.

Análisis Estadístico. En el registro y análisis de las variables, la unidad de observación fue el corral. Debido a que el área de los corrales y los bovinos alojados variaron, se obtuvieron las tasas para cada conducta, mediante la fórmula:

$$\text{Tasa} = (a/(a+b))/k \quad (16).$$

Donde:

a = Número de bovinos que mostraron la conducta en cada corral y hora de observación.

a + b = Número de bovinos en el corral y hora de observación.

k = 100.

Mediante la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y las tasas de animales comiendo, bovinos de pie, bovinos echados, se determinó la distribución aproximadamente normal ($p \leq 0.05$). Enseguida, los valores de las variables no normales se transformaron mediante la raíz cuadrada del arco seno, y se aplicó de nuevo la prueba de Kolmogorov-Smirnov, pero no se logró que se normalizaran. Por ello, las tasas se convirtieron a rangos, y con ellos se procedió con la ejecución del análisis de la varianza con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + TC_i + H_j + (TC \times H)_{ij} + e_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Rango para la tasa de la variable conductual.

μ = Media general de los rangos.

TC_i = Efecto del tipo de corral (con sombra, sin sombra).

H_j = Efecto de la hora del día (8:00, 12:00, 16:00).

$(TC \times H)_{ij}$ = Efecto de la interacción del tipo de corral con la hora del día.

e_{ij} = Componente del error aleatorio.

Para el cotejo de los valores promedio de los rangos, se utilizó la opción LSMEANS con la prueba de Tukey-Kramer (17). Las variables conductuales se presentan como medias para las variables con distribución normal, mientras que para las que no fueron normales se muestran como medianas. En el análisis estadístico se estableció el valor de alfa menor o igual a 0.05 para considerar diferencia estadística.

RESULTADOS

Indicadores climáticos. Los valores promedio de los indicadores climáticos que incluye temperatura ambiente, humedad relativa, temperatura mínima y máxima e Índice de Temperatura y Humedad por tipo de corral y hora del día se presentan en la tabla 1. En la temperatura ambiente, humedad relativa e Índice de Temperatura y Humedad, influye la hora del día ($p<0.01$), pero en estos indicadores no se observó interacción entre factores ni efecto por tipo de corral.

Tabla 1. Promedio de los indicadores climáticos y determinación de la categoría térmica por tipo de corral durante el otoño en el trópico seco mexicano.

Tropics 2000 - Montecarlo									
	Tipo de corral						p		
	Corrales c/sombra			Corrales s/sombra					
Item	08:00	12:00	16:00	08:00	12:00	16:00	TC	H	TC*H
Temperatura, °C	23.43	31.57	29.83	23.88	31.82	32.98	0.27	0.01	0.52
Humedad relativa, %	59.83	45.17	42.17	68.33	46.50	30.00	0.87	0.01	0.22
Mínima, °C	18.70	16.95	17.66	19.28	18.60	19.11	0.09	0.38	0.80
Máxima, °C	35.18	32.55	35.70	30.15	36.60	37.83	0.85	0.28	0.18
ITH ¹	70.51	78.83	76.58	71.94	79.54	78.02	0.27	0.01	0.95
Categoría	Confort	Peligro	Alerta	Confort	Peligro	Peligro	-	-	-

TC: Tipo de corral, H: Hora, TC*H: Interacción tipo de corral por hora; P: valor de probabilidad.

¹ITH= $[0.8 \times \text{temperatura ambiente}] + [(\% \text{ de humedad relativa} / 100) \times (\text{temperatura ambiente} - 14.4)] + 46.4$ [13].

Categorías térmicas: Confort ITH < 74; Alerta 75 > ITH < 78; Peligro 79 > ITH < 83; Emergencia ITH > 84.

Indicadores conductuales. El porcentaje de los indicadores conductuales de acuerdo con la hora del día y al tipo de corral se muestra en la tabla 2. El acceso al comedero se ve afectado por la hora del día al disminuir a las 8:00 y 12:00 h e incrementar a las 16:00 h ($p<0.01$) pero no hay efecto por tipo de corral. En el indicador habitual rumiar, relacionado con el acceso al comedero, se manifiesta efecto de hora del día y es similar a las 8:00 y 16:00 h, pero mayor a las 12:00 h ($p<0.001$), sin presentarse efecto por tipo de corral. En cambio, en el acceso al agua, no se registró efecto de hora del día ni de tipo de corral ($p>0.05$). Los indicadores habituales que tienen estrecha relación con los ciclos circadianos, como descansar, ya sea bovinos echados o de pie son mayormente observados las 12:00 y 16:00 h, respectivamente ($p<0.01$), sin registrar efecto del tipo de corral. El comportamiento agonista relacionado con las montas se encuentra inhibido a las 8:00 y 12:00, y es incipiente, aunque manifiesto a las 16:00 h ($p<0.04$), a la misma hora que se observan los topetazos ($p<0.001$). El reflejo de Flehmen, no se expresó de acuerdo con la hora del día ($p>0.05$), pero si por efecto de la sombra en el corral (2.9 vs. 1.1; $p<0.01$). Se aprecia que el comportamiento social de los bovinos acicalándose, es más perceptible a las 16:00 h ($p<0.001$), sin efecto del tipo de corral.

Tabla 2. Porcentajes de los indicadores conductuales de los bovinos en finalización intensiva por tipo de corral y hora del día en el trópico seco mexicano.

Indicadores Habituales	Tipo de corral	Hora			Promedio por corral	Probabilidad		
		8:00	12:00	16:00		S	H	S x H
Acceso al comedero ¹	CS	7.3	3.6	15.0	8.6	0.07	0.01	0.93
	SS	11.2	9.7	19.2	13.3			
		9.2 ^b	6.6 ^b	17.1 ^a				
Rumiar ²	CS	2.9	13.6	2.9	5.3	0.32	0.001	0.04
	SS	3.5	9.5	7.5	5.8			
		3.5 ^b	13.0 ^a	5.6 ^b				
Acceso al bebedero ²	CS	1.7	1.7	2.3	2.3	0.11	0.98	0.07
	SS	3.4	3.5	2.2	2.4			
		2.8 ^a	2.4 ^a	2.3 ^a				
Echados ¹	CS	30.6	68.7	17.9	39.1	0.62	0.01	0.16
	SS	43.9	49.7	36.4	43.3			
		37.3 ^{ab}	59.2 ^a	27.1 ^b				
De pie ¹	CS	59.2	31.3	82.1	57.6	0.92	0.02	0.22
	SS	56.1	50.3	63.6	56.7			
		57.7 ^{ab}	40.8 ^b	72.9 ^a				

Agonistas								
Montas ²	CS	0	0.6	4.0	1.1	0.27	0.04	0.26
	SS	1.2	0	1.7	0			
		0 ^b	0 ^b	2.4 ^a				
Topetazos ²	CS	1.7	1.7	6.9	2.3	0.71	0.001	0.84
	SS	2.3	1.2	5.1	2.4			
		2.2 ^b	1.2 ^b	5.8 ^a				
Flehmen ²	CS	2.3	2.9	2.9	2.9	0.01	0.52	0.21
	SS	1.7	0	1.7	1.1			
		1.7 ^a	0.6 ^a	2.3 ^a				
Sociales								
Acicalamientos ²	CS	4.2	5.3	8.1	5.2	0.30	0.001	0.23
	SS	4.6	2.4	7.7	4.6			
		4.6 ^b	3.5 ^b	7.6 ^a				

1= medias, 2= medianas; CS= con sombra, SS= sin sombra; S= sombra, H= hora

Espacio vital. La tabla 3 muestra los resultados de la disponibilidad de espacio vital en los corrales de finalización intensiva con sombra y corrales sin sombra. Se presentan con detalle los valores promedio correspondientes al espacio vital expresado en metros cuadrados por cabeza en ambos tipos de corral, así como la provisión de sombra, disponibilidad de comedero y bebedero.

Tabla 3. Disponibilidad de espacio vital en corrales de finalización intensiva de bovinos en el trópico seco mexicano durante el otoño.

Item,	Corrales c/sombra	Corrales s/sombra
Corrales	4	4
No. de bovinos por corral	86	86
Superficie disponible, m	970	1091
Espacio vital/cabeza, m ²	11.28	12.68
Sombra por corral, m ²	460	0.0
Área de sombra, m ² /cabeza	5.34	0.0
Longitud de comedero, m	27.5	41.5
Comedero disponible, cm/cabeza	31.9	48.2
Longitud de bebedero, m	3.1	3.1
Bebedero disponible, cm/cabeza	3.6	3.6

DISCUSIÓN

Indicadores climáticos. En el otoño en el trópico seco mexicano, los bovinos estuvieron en CONFORT térmico a las 8:00 h, que coincide cuando el valor de la temperatura ambiental promedio es de 23.6°C en ambos tipos de corral ($p < 0.05$). Sin embargo, a las 12:00 h, aunque disminuyó la humedad relativa, los bovinos alojados en los corrales con sombra (CCS), se encontraban en la categoría de PELIGRO térmico, al igual que los bovinos alojados en los corrales sin sombra (CSS) cuando la temperatura ambiental promedio es de 31.7°C en ambos tipos de corral, 8.1°C más con respecto a la temperatura registrada a las 8:00 h, es decir, esta diferencia de temperatura ambiental significa el incremento del ITH y se refleja en el cambio de categoría térmica de CONFORT a PELIGRO. A las 16:00 h, la temperatura ambiental disminuyó 1.74°C en CCS, lo que se manifiesta en el cambio de categoría de PELIGRO a ALERTA térmica, pero en CSS se elevó la temperatura ambiental de 31.82 a 32.96°C, por lo que la categoría térmica permanece en PELIGRO dada la persistencia calórica por la falta de sombra. Al respecto Renaudeau et al (18), refieren que los factores ambientales adversos afectan de forma negativa la zona de confort térmico del ganado bovino y que al combinarse con alta humedad relativa (superior al 40%), incrementan la carga calórica para el organismo animal que ocasiona la modificación del comportamiento conductual. En tal sentido, se ha determinado que en las regiones tropicales donde la persistencia de la elevada temperatura y humedad relativa es común, significa un reto a la fisiología termorreguladora de los bovinos, de tal manera que debido a la combinación de ambos factores el estrés térmico ocasiona una interacción compleja entre la fisiología y el comportamiento del bovino, porque se agrega un componente dinámico en la transferencia de calor y el balance térmico para mantener la temperatura corporal (19).

Indicadores conductuales. La relación de la conducta con el bienestar animal ha sido por mucho tiempo uno de los aspectos más debatidos (20). La modificación conductual de los bovinos productores de carne, sucede en función de factores ambientales entre los que destaca la temperatura superior a la zona termo neutral y la combinación con la radiación solar sumada con una elevada humedad relativa, genera un aumento en la carga calórica (21); sin embargo los tipos raciales *Bos indicus* y *Bos taurus*, manifiestan una gran habilidad para mantener su homeostasis, pero bajo situaciones de estrés calórico puede haber alteraciones en su conducta habitual (22). En este sentido Dawkins (23) asegura que el impedimento para manifestar un comportamiento natural es atribuido a las condiciones de alojamiento y a las prácticas de manejo; por tal razón, el comportamiento conductual como indicador de bienestar de los bovinos se basa en la realización de ciertas conductas, de tal manera que cuando el valor del ITH en los espacios físicos indica estado de peligro a emergencia térmica debida a las condiciones de calor extremo, los bovinos reducen el acceso al comedero e incrementan su acceso al bebedero (13) lo que también depende de la hora del día en función del ITH; esto se refiere que en estado de peligro térmico, se reducen las actividades habituales que incluyen beber agua, comer y desplazarse. Para contrarrestar los efectos del calor excesivo los bovinos alteran su comportamiento habitual y el comportamiento agonista tiende a reducirse, aunque en el presente estudio, la sombra en el corral de engorde pudo motivar el incremento de esta expresión manifiesta como reflejo de Flehmen; también como consecuencia de las situaciones debidas al estrés por calor los bovinos disminuyen el tiempo dedicado a consumir alimento y en el que permanecen echados y por otra parte, se incrementa el tiempo destinado al consumo de agua por lo que permanecen de pie más cerca de los bebederos (24). En referencia al indicador rumiando, la menor expresión puede deberse a que dedican el tiempo para alimentarse y posteriormente se enfocan en el desarrollo de actividades diversas, en este contexto la frecuencia de la rumia disminuye; sin embargo, a las 12 h en CCS se incrementó la rumia en referencia a las 8:00 y 16:00 h, relacionado con la servida del alimento en horario matutino; aunque en esta variable habitual se observó diferencia en su expresión, el valor registrado se encuentra disminuido. Una posible explicación a la disminución de esta conducta puede ser atribuida a que los bovinos se encuentran en Peligro Térmico (>78 unidades) y una manera eficaz de disipar el calor metabólico consiste en la redistribución del flujo sanguíneo hacia la superficie corporal; en sí, la rumia, de manera natural produce calor que compromete la estabilidad fisiológica del bovino (25). En estos patrones de comportamiento bovino, el acicalamiento es una conducta social positiva que está directamente relacionado como un indicador del bienestar de los bovinos y en el presente estudio se registró como la manifestación conductual que ocurre con mayor frecuencia entre individuos que coexisten en el mismo entorno social.

Espacio vital. En el diseño de corrales para finalización intensiva de bovinos, un aspecto importante a considerar es el otorgar el espacio mínimo necesario que asegure el bienestar y la libre expresión de los indicadores conductuales y que conforme a las condiciones climáticas garantice el confort en un espacio físico (26). Se recomienda que el espacio vital para un bovino adulto en climas tropicales sea de 18.5 m² (27); en el presente estudio el espacio vital es 7.22 m² menor en CCS y 5.82 m² menor en CSS, por lo que se sugiere incrementar el espacio vital conforme aumente el peso del ganado bovino en confinamiento, debido a que el espacio reducido pone en situación de riesgo a los indicadores de bienestar de bovinos en finalización intensiva (28).

En CCS la disponibilidad de sombra es de 5.34 m² por bovino, mayor en 1.84 m² a la recomendada (29). Pero, por otro lado, en CSS al no contar con ningún tipo de protección, expone a los bovinos a las severidades climáticas propias de las zonas tropicales donde la radiación solar, la temperatura ambiente y la alta humedad relativa, inciden de manera negativa en la zona termoneutral e incrementa la carga calórica (22), que compromete el bienestar de los bovinos alojados bajo estas condiciones climáticas en estas instalaciones. El espacio disponible de comedero muestra disparidad que va de 31.9 a 48.2 cm, que contrasta con lo sugerido de 45 a 70 cm por bovino de acuerdo con la etapa de crecimiento; en cambio, el bebedero disponible cumple con las especificaciones técnicas para la provisión apropiada de agua potable que contribuye a la persistencia de los indicadores de bienestar de los bovinos; los lineamientos técnicos establecen entre 3 y 4 cm/bovino o bien especifican una relación de 10 cabezas por 30 cm (27). Al mejorar las condiciones de alojamiento, espacio vital y disponibilidad de sombra, los bovinos expresan mayor estado de confort el cual es valorado a través del comportamiento conductual (29). Cuando el ganado bovino manifiesta disconfort térmico como consecuencia del estrés por calor ya sea como resultado de la combinación de distintos componentes entre los que se incluyen a las condiciones ambientales, la susceptibilidad individual y el manejo del rebaño (23), en conjunto se afecta el bienestar del ganado bovino si no se corresponde con estrategias de mitigación, ya que el ambiente térmico cálido puede influir de manera negativa en el ganado productor de carne; en tal situación el confort y la productividad pueden comprometerse durante el periodo de exposición a las condiciones medio ambientales adversas (30).

En conclusión, la expresión diurna de la conducta de los bovinos relacionada con el factor climático y la provisión de sombra puede ser inhibida en las horas de más alta influencia calórica expresada en el Índice de Temperatura y Humedad.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Agropecuaria JS SA de CV las facilidades otorgadas para realizar la investigación.

Conflicto de intereses y financiación.

Los autores del presente documento se manifiestan sin conflicto de intereses en la ejecución del proyecto de investigación. El financiamiento corresponde al apoyo otorgado por CONACYT-México al primer autor.

REFERENCIAS

- 1 Miranda de la Lama GC. Transporte y logística pre-sacrificio: principios y tendencias en bienestar animal y su relación con la calidad de la carne. Vet Mex. 2013; 44(1):31-56. <http://veterinariamexico.unam.mx/index.php/vet/article/view/328>
- 2 Mota-Rojas D, Velarde A, Huertas CS, Cajiao-Pachon MN. Bienestar animal, una visión global en Iberoamérica. Tercera edición. Barcelona, España: Editorial ELSEIVER-SPAIN. 2019.
- 3 Schneider L, Kemper N, Spindler B. Stereotypic behavior in fattening bulls. Animals. 2019. 10(1):40 <https://doi.org/10.3390/ani10010040>
- 4 Romo-Valdez A, Pérez-Linares C, Figueroa-Saavedra F, Portillo-Loera J, Ríos-Rincón F. Behavioral response of beef cattle in feedlot in warm desert environment. Abanico Vet. 2019. 9:1-18 <https://doi.org/10.21929/abavet2019.928>
- 5 Brody S. Circadian Rhythms. In Brenner's Encyclopedia of Genetics (Second Edition). 2013. www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/circadian-rhythm
- 6 Robert BD, White BJ, Renter DG, Larson RL. Determination of lying behavior patterns in healthy beef cattle by use of wireless accelerometers. Am J Vet Res. 2011; 72(4):467-473. <https://doi.org/10.2460/ajvr.72.4.467>
- 7 Grandin T. Evaluation of the welfare of cattle housed in outdoor feedlot pens. Vet Anim Sci 2016; 1-2:23-28. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2016.11.001>
- 8 Macitelli F, Braga JS, Gellatly D, da Costa MP. Reduced space in outdoor feedlot impacts beef cattle welfare. Animal. 2020; 14:2588-2597. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001652>
- 9 Wagner N, Mialon MM, Sloth KH, Lardy R, Ledoux D, Silberberg M, et al. Detection of changes in the circadian rhythm of cattle in relation to disease, stress, and reproductive events. Methods. 2021; 186:14-21. <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2020.09.003>
- 10 Li H, Li K, Zhang K, Li Y, Gu H, Liu H, et al. The Circadian Physiology: Implications in Livestock Health. Int J Mol Sci. 2021; 22(4):2111. <https://doi.org/10.3390/ijms22042111>
- 11 Manterola C, Otzen T. Estudios observacionales. Los diseños utilizados con mayor frecuencia en investigación clínica. Int J Morphol. 2014; 32(2):634-645. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000200042>
- 12 García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. México; 2004.
- 13 Mader TL, Davis MS, Brown-Brandl T. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. J Anim Sci. 2006; 84(3):712-719. <https://doi.org/10.2527/2006.843712x>
- 14 Marti S, Devant M, Amatayakul-Chantler S, Jackson JA, Lopez E, Janzen ED, et al. Effect of anti-gonadotropin-releasing factor vaccine and band castration on indicators of welfare in beef cattle. J Anim Sci. 2015 93(4):1581-1591. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8346>

- 15 SADER-SENASICA. Manual de Buenas Prácticas en la Producción de Carne de Ganado Bovino en Confinamiento. 2014. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/454442/manual_de_BPP-BOV-CONFINAMIENTO.pdf
- 16 Daniel WW. Bioestadística. Bases para el análisis de las ciencias de la salud. 3ra. Edición. Editorial LIMUSA SA de CV. México, D.F. 2023.
- 17 SAS Institute. Statistical Analysis Software; 2023. https://www.sas.com/es_mx/software/on-demand-for-academics.html
- 18 Renaudeau D, Collin A, Yahav S, Basilio V, Gourdine JL, Collier RJ. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*. 2012; 6(5):707-728. <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731111002448>
- 19 Brown-Brandl TM. Understanding heat stress in beef cattle. *Braz J Anim Sci*. 2018; 47:e20160414 <https://doi.org/10.1590/rbz4720160414>
- 20 Arndt SS, Goerlich VC, van der Staay FJ. A dynamic concept of animal welfare: The role of appetitive and adverse internal and external factors and the animal's ability to adapt to them. *Front Anim Sci*. 2022; 3:908513 <https://doi.org/10.3389/fanim.2022.908513>
- 21 Beretta V, Simeone A, Bentancur O. Manejo de la sombra asociado a la restricción del pastoreo: efecto sobre el comportamiento y performance estival de vacunos. *Agrociencia Uruguay*. 2013; 17(1):131-140. <http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/index.php/directorio/article/view/766>
- 22 Beatty DT, Barnes A, Taylor E, Pethick D, McCarthy DM, Maloney SK. Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. *J Anim Sci*. 2006. 84(4):972-985. <https://doi.org/10.2527/2006.844972x>
- 23 Dawkins MS. Behaviour as a tool in the assessment of animal welfare. *Zoology (Jena)*. 2003; 106(4):383-387. <https://doi.org/10.1078/0944-2006-00122>
- 24 Brown-Brandl TM, Nienaber JA, Eigenberg RA, Mader TL, Morrow JL, Dailey JW. Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. *Livest. Sci*. 2006; 105(1):19-26. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.04.012>
- 25 Valente ÉEL, Chizzotti ML, Ribeiro OCV, Castilho GM, Domingues SS, Castro RA, et al Intake, physiological parameters and behavior of Angus and Nellore bulls subjected to heat stress. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*. 2015; 36(6):4565-4574. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n6Supl2p4565>
- 26 Salvin HE, Lees AM, Café LM, Colditz IG, Lee C. Welfare of beef cattle in Australian feedlots: a review of the risks and measures. *Anim Prod Sci*. 2020; 60:1569-1590. <https://doi.org/10.1071/AN19621>
- 27 Lagos GH, González FJ, Castillo FR. Paquete tecnológico para la engorda de ganado bovino en corral. 2014. https://www.academia.edu/23143240/PAQUETE_TECNOLOGICO_PARA_LA_ENGORDA_DE_GANADO_BOVINO_EN_CORRAL
- 28 Gallo C, Tabilo B, Navarro G, Phillips C. Minimum space requirements for cattle: An approach based on photographic records. *Veterinary Records*. 2023; 192(9):e2780. <https://doi.org/10.1002/vetr.2780>
- 29 Park RM, Foster M, Daigle CL. A scoping review: the impact of housing systems and environmental features on beef cattle welfare. *Animals*. 2020; 10:565. <https://doi.org/10.3390/ani10040565>
- 30 Lees AM, Sejian V, Wallage AL, Steel CC, Mader TL, Lees JC, et al. The impact of heat load on cattle. *Animals*. 2019; 9(6):322. <https://doi.org/10.3390%2Fani9060322>