

Valoración del confort térmico de bovinos productores de carne en finalización intensiva en clima cálido

Evaluation of the thermal comfort of beef cattle in feedlot in hot weather

Citlaly Zazueta G.¹, Isabel Castro P.¹, Alfredo Estrada-Angulo¹, Jesús Portillo L.¹, David Urías E.¹, Francisco Ríos R.^{1,2}

RESUMEN

Se valoró el confort térmico de ganado bovino productor de carne en finalización intensiva, mediante la disponibilidad de sombra y espacio vital, en condiciones de clima semiseco muy cálido de la región costera del noroeste de México durante el otoño y el invierno y alojados en tres tipos de corral. El diseño de los corrales varió de acuerdo con la infraestructura disponible en la unidad de producción pecuaria (área de corral y sombra por animal). El periodo de observación fue de seis semanas por época. Se registró la temperatura ambiente y la humedad relativa diaria y se calculó el Índice de Temperatura y Humedad (ITH). Se midió el área de cada corral, el área de sombra y el número de bovinos por corral para calcular el espacio vital y la sombra disponible al inicio y al final del periodo de engorde. En otoño, el ganado se encontró en estado de Peligro a Emergencia térmica ($ITH \geq 84$ unidades) y en el invierno en estado de Alerta térmica ($ITH \geq 70$). La provisión de espacio vital y de sombra fue insuficiente en ambas épocas y periodos de engorda de acuerdo con indicadores para la especie bovina productora de carne en confinamiento, independientemente del diseño del corral.

Palabras clave: bovinos de carne, bienestar animal, ambiente térmico, instalaciones pecuarias

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

² E-mail: fgrios@uas.edu.mx

Recibido: 15 de diciembre de 2020

Aceptado para publicación: 24 de agosto de 2021

Publicado: 27 de octubre de 2021

©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 thermal comfort of beef cattle in intensive finishing was assessed through the availability of shade and living space, in conditions of the very hot semi-dry climate of the northwestern coastal region of Mexico during autumn and winter and housed in three types of pens. The design of the pens varied according to the infrastructure available in the livestock production unit (pen area and shade per animal). The observation period was six weeks per season. The daily ambient temperature and relative humidity were measured, and the Temperature and Humidity Index (ITH) was calculated. The area of each pen, the shade area, and the number of cattle per pen were measured to calculate the living space and the shade available at the beginning and at the end of the fattening period. In autumn, the cattle were in a state of Danger to Emergency Thermal (ITH ≥ 84 units) and in the winter in a state of Thermal Alert (ITH ≥ 70). The provision of living space and shade was insufficient in both seasons and periods according to indicators for confined meat-producing cattle, regardless of the pen design.

Key words: beef cattle, animal welfare, thermal environment, livestock facilities

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de proteína de origen animal intensifica el sistema de producción de carne bovina (Thornton, 2010), a costa de la disminución del espacio vital y del incremento de la densidad en los corrales de engorda, que limita la capacidad de los bovinos para expresar comportamientos naturales, a la vez que aumenta la incidencia de agresiones entre ellos (Lees *et al.*, 2019; Romo-Valdez *et al.*, 2019). De otra parte, la percepción de los consumidores acerca de las prácticas de producción y su impacto en la pérdida de bienestar de los animales influye en el desarrollo de esta actividad (Tucker *et al.*, 2015).

De acuerdo con los principios del bienestar animal, el diseño de las instalaciones pecuarias debe minimizar el estrés y la tensión social, toda vez que la conducta y la organización social de los bovinos pueden ser afectadas por las condiciones de alojamiento y la disponibilidad de espacio vital (Huzzey *et al.*, 2006; Gaughan *et al.*, 2008). A la modificación del ambiente natural en los corrales

de engorda, se suman condiciones climáticas adversas que inducen el estrés por calor que se asocia con la reducción de la productividad y pérdida de bienestar de los bovinos, principalmente durante los meses de verano (Lees *et al.*, 2019), o cuando se intensifican las lluvias (Grandin, 2016). El estado de confort térmico de los bovinos se altera cuando la combinación de factores climáticos es desfavorable, por ello la recomendación del uso de sombras que ayuden a mitigar el efecto de la temperatura ambiental mayor de 25 °C y el efecto de la humedad relativa superior a 40% (Mader *et al.*, 2007; Arias *et al.*, 2008). Se ha demostrado que proporcionar 2 m²/animal de sombra mejora el bienestar y el rendimiento del ganado bovino (Sullivan *et al.*, 2011). Castro-Pérez *et al.* (2020) determinaron que aumentar el espacio de sombra en el corral de engorda incrementa los indicadores productivos; asimismo, Ha *et al.* (2018) afirman que el aumento en el espacio vital puede representar mejoras en el bienestar de los bovinos, ya que favorece que manifiesten su comportamiento natural, aumentan su conducta social y disminuyen las expresiones agonistas.

Aunque los bovinos tienen la capacidad para adaptarse a las condiciones medioambientales, hay épocas del año en las que están expuestos al estrés por calor, o por las llamadas ondas de calor, que implican periodos de calor y humedad relativa inconfortable por periodos cortos o prolongados (Brown-Brandl *et al.*, 2006), ya sea debido a la oscilación de la temperatura ambiental, o bien cuando diversos factores se combinan generalmente durante un corto periodo de tiempo (Arias *et al.*, 2008). El efecto de las condiciones ambientales en la respuesta productiva, parámetros fisiológicos y en los indicadores de bienestar durante el verano ha sido ampliamente reportado (Bernabucci *et al.*, 2010; Gaughan *et al.*, 2010; Brown-Brandl *et al.*, 2017; Ratnakaran *et al.*, 2017). De igual manera, se ha demostrado el mayor impacto del estrés por calor durante el verano en el bienestar del ganado bovino (Brown-Brandl y Jones, 2007; Gaughan *et al.*, 2008; Mader *et al.*, 2010; Lima *et al.*, 2020); sin embargo, esta situación puede persistir a lo largo del año en regiones tropicales. Con base a esto, el objetivo del presente trabajo fue valorar el confort térmico de ganado bovino productor de carne en finalización intensiva mediante la disponibilidad de sombra y espacio vital en condiciones de clima semiseco muy cálido durante el otoño y el invierno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y Tipo de Estudio

El estudio se llevó a cabo en una Unidad de Producción Pecuaria (UPP) localizada en la zona costera central del estado de Sinaloa, México. El clima de la región ($BS_1(h')w(w)e$), se define como semiseco muy cálido, extremo con lluvias en verano, con temperatura media anual de 25.9 °C, mínima promedio de 10.5 °C y máxima promedio de 36 °C, y humedad relativa promedio anual de 68% (Estación Climatológica, EB-UAS, 2020).

El estudio fue de tipo observacional prospectivo (Manterola y Otzen, 2014), y se realizó durante seis semanas, a partir de la tercera a la octava semana del otoño y durante seis semanas a partir de la tercera a la octava semana del invierno. En cada época se realizaron visitas diarias a seis corrales de finalización intensiva elegidos por conveniencia con base a una programación aleatorizada. Las observaciones fueron registradas por una sola persona.

Variables Climáticas

La temperatura ambiental y la humedad relativa fueron registrados mediante termohigrómetros digitales (Avaly Taylor VA-EDT-1-55^a, CDMX) colocados dentro de cada corral objeto de estudio. El índice de temperatura y humedad fue calculado usando la fórmula: $ITH = (0.8 \times T) + [(HR/100) \times (T-1.4)] + 46.4$ (Mader *et al.*, 2006), donde T es la temperatura ambiental en grados Celsius y HR es la humedad relativa expresada en porcentaje.

Instalaciones

En la UPP se engorda anualmente un promedio de 47 967 cabezas de ganado bovino en 2.2 ciclos. La infraestructura consta de 202 corrales para producción distribuidos en ocho secciones, 29 corrales de reciba y tres de enfermería. Los bovinos se alojaron en corrales convencionales para la engorda y finalización, construidos con similitud de materiales: tubería metálica de 1.60 m de altura, piso de tierra, sombra provista a base de material metálico colocada a 3.0 m de altura, bebedero automático de acero inoxidable compartido por dos corrales y banqueta de 2 m de ancho en el área de comedero lineal. Las características particulares de los corrales se muestran en el Cuadro 1. Para propósitos de la investigación, los corrales se identificaron mediante la siguiente nomenclatura: Diseño 1 (DC1), Diseño 2 (DC2) y Diseño 3 (DC3), que corresponden a las secciones 8, 1 y 3, respectivamente. De cada

Cuadro 1. Características de los corrales de finalización intensiva en la Unidad de Producción Pecuaria conforme al diseño específico (Sinaloa, México)

Características	Diseño de corral 1 (DC1)	Diseño de corral 2 (DC2)	Diseño de corral 3 (DC3)
Superficie disponible, m ²	1620	1200	1080
Área de sombra, m ²	360	171	180
Altura de la sombra, m	3.0	3.0	3.0
Tipo de sombra	Metálica	Metálica	Metálica
Orientación de la sombra	E a O	N a S	E a O
Comedero disponible, m	56	30	36
Bebedero disponible, m	6.10	6.10	6.10

una de estas secciones, se seleccionaron los mismos dos corrales para cada época objeto de estudio.

Animales

Los bovinos del estudio presentaban las características típicas de los corrales de engorda tecnificada en el norte de México: machos sin castrar, con un componente genético de aproximadamente 60% *Bos indicus* en cruzamiento con *Bos taurus*, principalmente de las razas Pardo Suizo Americano, Pardo Suizo Europeo, Beefmaster, Charolais y Angus, en proporciones no determinadas. Dependiendo de la capacidad del corral y una vez que se han realizado todas las prácticas profilácticas, este se cierra de dos a tres días posteriores al arribo del ganado.

El protocolo de manejo y alimentación de los bovinos fue el que comúnmente se sigue en las engordas tecnificadas de la zona. El manejo consiste en vacunación, desparasitación y colocación de implantes (acetato de trembolona, estradiol y tilosina). El alimento se proporciona dos veces al día de acuerdo con un programa de seis dietas

que básicamente incluyen maíz hojuelado, paja de maíz, pasta de soya, granos secos de destilería, melaza y premezcla mineral. Las mediciones se realizaron en los corrales que se encontraban en la etapa de finalización y que coincide con el inicio del suministro de la dieta cuatro de las seis que integran el programa de alimentación.

Procedimiento

En los corrales de engorda se midió la superficie del corral, orientación y altura de la sombra, longitud de bebedero y comedero, y se registró el tipo de diseño. Al inicio y al final del periodo de engorda se registró el número y peso de los bovinos por corral, así como el espacio vital. Para esto último, se dividió el área de la superficie del corral (m²) entre el número de bovinos alojados en el corral. El espacio de sombra disponible se calculó dividiendo la superficie total de sombra (m²) entre el número de bovinos en el corral. Estos resultados fueron contrastados con las especificaciones de espacio vital y de sombra disponible para bovinos productores de carne en finalización intensiva propuestos por Lagos *et al.* (2014).

Análisis Estadístico

El corral de engorda fue la unidad de observación. Para los valores de temperatura, humedad relativa e ITH se calculó la media, valores mínimos y máximos por semana de observación y el periodo general. Los valores de ITH fueron transformados a rangos con el procedimiento RANK (SAS, 2002), debido a que las varianzas de los datos de la combinación periodo, diseño y hora fueron heterogéneas. Se realizó análisis de la varianza de los rangos de ITH con el modelo lineal general que incluyó los efectos de periodo del año (otoño, invierno), diseño de corral (DC1, DC2, DC3), hora de medición (8, 12, 16 h), así como, las interacciones de primer y segundo orden. Se obtuvieron las medias de cuadrados mínimos (opción LSMEANS en Proc GLM de SAS) y la comparación de puntuaciones de rangos se realizó con la prueba de Dunn (Bonferroni) (SAS, 2002). El valor de alfa máximo para considerar diferencia estadística fue de 0.05. Los resultados se muestran como promedios y error estándar y gráficas de interacción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones Climáticas Generales

Las condiciones climáticas de los corrales de engorda se referenciaron con la información provista por el Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, s.f.), cuyos resultados mostraron que en otoño la temperatura máxima fue de 32.8 °C, la mínima de 18.2 °C, humedad relativa de 71% e ITH máximo de 86 unidades, mientras que en invierno la temperatura máxima fue de 28.3 °C, mínima de 22.2 °C, humedad relativa 71% e ITH máximo de 79 unidades.

Estación de Otoño

En el Cuadro 2 se presentan los promedios de la temperatura ambiental, humedad relativa e índice de temperatura y humedad en los corrales de finalización intensiva durante el otoño. El promedio general del ITH fue de 80.5 y el promedio máximo de 87.9, por lo que se considera el ganado bovino se encontró bajo estas condiciones en un estado de Peligro a Emergencia térmica (ITH \geq 84 unidades), conforme a las categorías de estrés térmico establecido por Nienaber y Hahn (2007). Al respecto, el ITH se considera como un indicador de la carga térmica en el ganado bovino productor de carne en confinamiento intensivo (Gaughan *et al.*, 2008). Estos resultados muestran que se está comprometiendo el estado de confort térmico del ganado bovino. Según Renaudeau *et al.* (2012), los animales sufren inconvenientes debido a la pérdida del balance térmico, pudiéndose afectar la función productiva. En este sentido, Gaughan *et al.* (2003) sugieren el uso del índice de carga de calor acumulado (HLI-horas) para proporcionar una mejor guía del estado térmico del ganado en las condiciones ambientales del lugar en un momento específico del día.

Se ha establecido que los bovinos tienen un mejor desempeño en una zona termo neutral de 20 °C (10-26 °C); sin embargo, cuando la temperatura ambiental excede los 27 °C y, especialmente, si la humedad relativa es mayor a 40%, se rompe el equilibrio de la zona termo neutral debido a la condición homeoterma de los bovinos, por lo que en tal situación se pierde el bienestar y se reduce el potencial productivo. Bajo estas condiciones climáticas, el bovino aumenta la sudoración y la tasa de respiración hasta llegar al jadeo, mediante las cuales libera calor a través de la evaporación (Mader *et al.*, 2006; Arias *et al.*, 2008). A diferencia de la temperatura,

Cuadro 2. Promedio de la temperatura ambiental, humedad relativa e índice de temperatura y humedad en los corrales de finalización intensiva en el otoño (Sinaloa, México)

Semana	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)			ITH		
	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media
1	27.3	43.1	35.0	17	70	34.9	72.3	88.1	81.6
2	26.1	40.8	33.4	21	72	34.7	70.6	88.9	80.1
3	26.1	43.7	35.5	20	64	30.1	70.6	88.2	81.3
4	28.0	45.0	36.1	20	49	25.4	71.8	94.8	81.0
5	29.8	39.7	34.9	19	41	24.4	74.1	83.6	79.6
6	29.0	38.2	33.5	18	65	30.9	73.4	83.9	79.3
General	27.7	41.7	34.7	19	60	30.0	72.1	87.9	80.5

ITH: Índice de temperatura y humedad. Mín.: Mínimo, Máx.: Máximo

que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar lentamente, así es que aunque la temperatura baje por la noche, en un día húmedo, generalmente la noche es húmeda. En este sentido, el valor de la humedad relativa máxima, particularmente en esta región costera del noroeste de México disminuye rápidamente, de 95% a fines del verano a 58% a principios de otoño, hasta llegar a 14% en noviembre. Considerando lo anterior, el periodo más húmedo del año en esta región dura 6.1 meses (14 de mayo al 17 de noviembre), y durante ese tiempo el nivel de confort se considera bochornoso, opresivo o insoportable por lo menos durante el 27% del tiempo (Estación climatológica, Escuela de Biología UAS, 2020).

Los resultados de disponibilidad de espacio vital y sombra en los corrales de finalización de ganado bovino al inicio y al final de la engorda se muestran en el Cuadro 3. El espacio vital en la etapa inicial de la engorda en los corrales DC1 fue superior en 8% al recomendado, pero inferior en 29 y 28% para corrales DC2 y DC3, en tanto que en la etapa final de la engorda fue de 25, 34 y 41%

inferior al espacio vital recomendado en los corrales DC1, DC2 y DC3, respectivamente. El espacio vital recomendado para bovinos menores de 300 kg es de 15 m² y para bovinos de 400 kg en adelante es de 20 m² (Lagos *et al.*, 2014).

Estos resultados demuestran que el manejo del espacio vital en la UPP no está predefinido; es decir, no se tiene en consideración la capacidad del corral de engorda en función de las necesidades de espacio vital de los bovinos ni en la etapa inicial ni en la etapa de finalización, independientemente de la estación del año. A este respecto, existe una tendencia mundial de reducir el espacio vital en corrales de bovinos de finalización intensiva con la finalidad de incrementar la rentabilidad de la unidad de producción; sin embargo, la reducción del espacio vital afecta el comportamiento animal y afecta al bienestar de los bovinos (Macitelli *et al.*, 2020).

El mínimo de sombra recomendado para bovinos productores de carne en confinamiento es de 3.7 m² (Lagos *et al.*, 2014), siendo que los resultados de disponibilidad de sombra en la etapa inicial de la engorda fue de

Cuadro 3. Disponibilidad de espacio vital y sombra de acuerdo con el diseño de corral¹ de finalización de ganado bovino, al inicio y final de la engorda en la época de otoño (Sinaloa, México)

Característica	Etapa inicial			Etapa final		
	DC1	DC2	DC3	DC1	DC2	DC3
Número de bovinos	100	112	100	108	91	91
Peso vivo, kg	270±6.1	269.5±35.4	301±33.0	491±18.7	479.5±14.6	498±8.9
Espacio vital/bovino, m ²	16.2	10.71	10.80	15	13.18	11.86
Diferencia espacio vital, m ²	1.2	-4.29	-4.20	-5.0	-6.81	-8.13
Sombra disponible/bovino, m ²	3.6	1.52	1.8	3.30	1.87	1.97
Diferencia sombra disponible ² , m ²	-0.1	-1.97	-1.7	-0.20	-1.62	-1.52

DC1: diseño de corral 1; DC2: diseño de corral 2; DC3: diseño de corral 3

¹ Dos corrales por cada tipo de corral y en cada estación

² Diferencia de sombra disponible con respecto a 3.7 m²/cabeza (Lagos *et al.*, 2014)

2.7, 53.2 y 45.9% inferior a dichas recomendaciones en los corrales DC1, DC2 y DC3, respectivamente. Sullivan *et al.* (2011) observaron mejora en los indicadores de bienestar en el ganado bovino al proporcionar sombra a razón de 3.3 vs 2.0 m²/cabeza.

En la etapa final de la engorda, la sombra disponible es 65% mayor en los corrales DC1, 6.5% menor en los corrales DC2 y 24% menor en los corrales DC3. Al respecto, Hahn (1985) refiere que proporcionar entre 1.8 a 2.5 m² de sombra por cabeza puede ser causa de hacinamiento y no representa un valor adecuado para corrales de engorda en ambientes tropicales. Al respecto, si las condiciones en el corral de engorda son desfavorables; es decir, el espacio vital es menor para expresar su comportamiento social natural y de manera intuitiva otros comportamientos deseables, los bovinos pueden desarrollar comportamientos agresivos y anormales

(Pelley *et al.*, 1995); y si a esto se le suma la deficiencia en la disponibilidad de sombra en condiciones ambientales adversas, los bovinos disminuyen el tiempo dedicado a consumir alimento y el que permanecen echados, aumenta el tiempo dedicado a beber agua y el que permanecen de pie cerca de los bebederos; también se pueden observar cambios en la distribución del ganado dentro de los corrales, pues tienden a permanecer más tiempo en lugares con mejor ventilación (Arias *et al.*, 2008).

En los casos donde el área de sombra no es suficiente para albergar a todos los bovinos en un corral, varios de ellos permanecerán desprotegidos y sometidos a estrés por calor. En estos casos es conveniente observar el comportamiento de los animales y registrar la distancia media entre ellos, lo cual puede ser de utilidad para la planificación de los corrales (Gomes da Silva, 2010).

Cuadro 4. Promedio de la temperatura ambiental, humedad relativa e índice de temperatura y humedad en los corrales de finalización intensiva en el invierno (Sinaloa, México)

Semana	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)			ITH		
	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media
1	11.8	32.1	26.4	25.5	72.2	31.8	60.4	78.2	71.3
2	7.9	32.9	27.3	23.5	75.0	28.7	55.3	80.6	71.9
3	7.0	37.7	28.6	21.5	80.4	30.4	67.4	81.0	73.7
4	7.1	38.5	26.3	21.0	83.7	39.0	66.1	78.8	72.2
5	7.1	38.0	30.3	21.0	83.4	26.5	69.2	79.1	75.1
6	7.1	38.5	25.8	21.0	83.7	35.8	67.5	75.1	71.2
General	8.1	36.2	27.4	22.3	79.5	32.0	64.3	78.8	72.5

ITH: Índice de temperatura y humedad. Mín.: Mínimo, Máx.: Máximo

Estación de Invierno

Los promedios de la temperatura ambiental, humedad relativa e índice de calor y humedad durante el invierno se muestran en el Cuadro 4. El valor promedio general del ITH excedió ligeramente las 72 unidades (72.5), por lo que de acuerdo con lo propuesto por Nienaber y Hahn (2007) el ganado bovino se encuentra en un estado de Alerta térmica (ITH ≥ 70).

Aunque existen otros factores que contribuyen a potenciar o disminuir el estrés calórico en el ganado bovino, los de mayor importancia son la velocidad del viento, la radiación solar, la temperatura ambiental y la humedad relativa (Arias *et al.*, 2008; Olivares *et al.*, 2013). No obstante, Gaughan *et al.* (2008) refieren que el ITH se considera como el indicador de la carga térmica más relevante para el ganado bovino.

De acuerdo con lo observado en el Cuadro 5 para la época de invierno, el espacio vital en la etapa inicial de la engorda fue de 10, 19 y 25% inferior al recomendado en los corrales DC1, DC2 y DC3, y en la etapa fi-

nal de la engorda de 25, 33 y 38% inferior en corrales DC1, DC2 y DC3, respectivamente. Estos cálculos se basan en el requerimiento de espacio vital recomendado por Lagos *et al.* (2014). La reducción del espacio vital en el corral de finalización trae consigo la disminución de las actividades habituales del ganado (Ha *et al.*, 2108) a medida que se incrementa el peso de los bovinos durante el transcurso de la engorda. En cambio, beneficios económicos y menor morbilidad se han registrado cuando se incrementa la disponibilidad de espacio vital (Montelli *et al.*, 2019); que en suma contribuye a la mejora de los indicadores de bienestar del ganado bovino en el corral de engorda.

Respecto a la sombra disponible por bovino, en la etapa inicial de la engorda el área disponible fue de 19, 54 y 51% inferior a las recomendaciones en los corrales DC1, DC2 y DC3, respectivamente, en tanto que en la etapa final fue de 8.1, 48 y 43% en los corrales DC1, DC2 y DC3, respectivamente, considerando que el mínimo de sombra recomendado para bovinos productores de carne en confinamiento es de 3.7 m² (Lagos *et al.*, 2014). Blaine y Nsahlai (2011), en épo-

Cuadro 5. Disponibilidad de espacio vital y sombra de acuerdo con el diseño de corral de finalización de ganado bovino, al inicio y final de la engorda en la época de invierno (Sinaloa, México)

Característica	Etapa inicial			Etapa final		
	DC1	DC2	DC3	DC1	DC2	DC3
Número de bovinos	120	99	96	108	90	87
Peso vivo, kg	233.5±1	256±11.3	285.5±10.6	491±18.4	488±2.8	500.5±23.3
Espacio vital/bovino, m ²	13.5	12.1	11.2	14.9	13.3	12.4
Diferencia espacio vital, m ²	-1.5	-2.9	-3.8	-5.1	-6.7	-7.6
Sombra disponible/bovino, m ²	3.0	1.7	1.8	3.3	1.9	2.06
Diferencia sombra disponible ¹ , m ²	-0.7	-2.0	-1.9	-0.3	-1.8	-1.6

DC1: diseño de corral 1; DC2: diseño de corral 2; DC3: diseño de corral 3

¹ Diferencia de sombra disponible con respecto a 3.7 m²/cabeza (Lagos *et al.*, 2014)

ca de invierno, proporcionaron 2.87 m² de sombra por cabeza, proveniente de lámina de fierro corrugada, colocada a 5 m de altura y observaron mejora en los indicadores de bienestar de los bovinos. El estrés por calor es una preocupación importante para el bienestar animal porque reduce el rendimiento en el ganado bovino alojado en el corral de engorda durante la fase final del período de alimentación (Hagenmaier *et al.*, 2016).

El análisis de la varianza (Cuadro 6) indica variación del ITH por efecto de la estación del año y hora del día ($p < 0.01$), así como por la interacción diseño de corral x hora y estación x diseño de corral ($p < 0.01$); sin embargo, no muestra efecto del diseño del corral ($p > 0.05$).

El valor de ITH a las 08:00 es inferior ($p < 0.01$) al registrado a las 12:00 y a las 16:00 h (72.8 ± 0.31 vs 78.4 ± 0.30). En otoño el ITH fue superior en 7.8 unidades (80.4 ± 0.21 vs 72.6 ± 0.19), con respecto al invierno

($p < 0.01$). Los resultados confirman que los bovinos se encontraban en riesgo térmico, estando en otoño en la categoría de peligro térmico ($ITH > 79 \leq 84$) y en invierno en la categoría de alerta térmica ($ITH > 70 \leq 79$). La interacción diseño de corral x hora de observación (Figura 1) se debió mayormente al diferente promedio de ITH a las 08:00. Es posible que la ubicación de los corrales favorezca ciertas condiciones de microclima. La interacción de estación del año x diseño de corral se debe a la intercepción que hay en las líneas de ITH para el DC2 y DC3 (Figura 2), efecto que se atribuye a la época del año, considerándose esta interacción un efecto fortuito.

Edwards-Callaway *et al.* (2021) afirman que el ganado bovino es susceptible a estrés por calor si no lo pueden disipar cuando se presentan temperaturas ambientales elevadas; asimismo, hacen referencia a diversos factores que impactan la susceptibilidad al estrés, muchos de los cuales se rela-

Cuadro 6. Valor de ITH en corrales de bovinos en finalización intensiva según la estación del año, diseño del corral y hora del día (Sinaloa, México)

Hora	Estación	Diseño de corral			Hora-Estación	Hora
		DC1	DC2	DC3		
08:00	Otoño	78.4	74.3	76.7	76.5	72.8±0.31 ^b
	Invierno	70.3	68.0	68.8		
12:00	Otoño	82.3	83.3	82.6	82.7	78.8±0.29 ^a
	Invierno	74.3	75.2	74.8		
16:00	Otoño	81.7	82.7	81.7	82.0	78.0±0.31 ^a
	Invierno	73.5	74.7	73.9		
Estación	Otoño	80.8	80.1	80.3	80.4±0.21 ^A	
	Invierno	72.7	72.6	72.5		
Diseño de corral		76.8±0.31 ^a	76.4±0.38 ^a	76.4±0.34 ^a		

Probabilidad

Estación del año	0.01
Diseño de corral	0.22
Hora del día	0.01
Estación del año x Diseño de corral	0.01
Estación del año x Hora del día	0.26
Diseño de corral x Hora del día	0.01
Estación del año x Diseño de corral x Hora del día	0.06

^{a,b,c} Literales diferentes en columna indican diferencia estadística (p<0.05)

^{A,B} Literales diferentes en columna indican diferencia estadística (p<0.01)

n = 432 observaciones para cada estación, n=288 observaciones para cada diseño de corral x hora

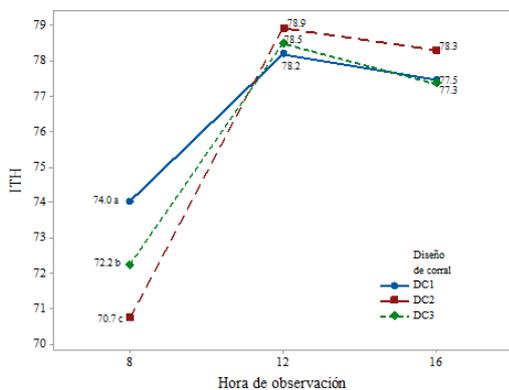


Figura 1. Efecto de la interacción Diseño del corral x Hora de observación en el valor del ITH en el corral de finalización de ganado bovino (p<0.01)

cionan con el sistema de producción; es decir, disponibilidad de la sombra, microclima del medio ambiente y la nutrición del ganado.

CONCLUSIONES

- El confort térmico durante el otoño e invierno de los bovinos productores de carne bajo las condiciones ambientales en Sinaloa, México, determinado se encuentra comprometido.
- Las limitaciones en espacio vital y disponibilidad de sombra no favorecen un ambiente térmico apropiado para el bienestar de los bovinos en el corral de engorda.

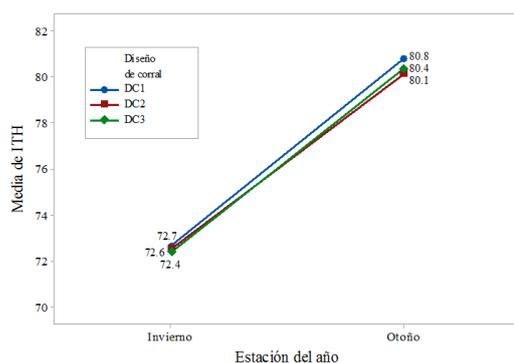


Figura 2. Efecto de la interacción Diseño del corral y Estación del año en el valor de ITH en el corral de finalización de ganado bovino ($p < 0.01$)

LITERATURA CITADA

1. **Arias RA, Mader TL, Escobar PC. 2008.** Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Arch Med Vet* 40: 7-22. doi: 10.4067/S0301-732X2008-000100002.
2. **Bernabucci V, Lacetera N, Baumgard LH, Rhoads RP, Ronchi B, Nardone A. 2010.** Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal* 4: 1167-1183. doi: 10.1017/S175173111000090X
3. **Blaine KL, Nsahlai IV. 2011.** The effects of shade on performance, carcass classes and behaviour of heat-stressed feedlot cattle at the finisher phase. *Trop Anim Health Prod* 43: 609-615. doi: 10.1007/s11250-010-9740-x
4. **Brown-Brandl TM, Nienaber JA, Eigenberg RA, Mader TL, Morrow JL, Dailey JW. 2006.** Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. *Livest Sci* 105: 19-26. doi: 10.1016/j.livsci.2006.04.012
5. **Brown-Brandl TM, Jones DD. 2007.** Development and validation of an animal susceptibility Model. ASABE Annual International Meeting. Paper N° 074081. Minneapolis, Minnesota.
6. **Brown-Brandl TM, Chitko-McKown CG, Eigenberg RA, Mayer JJ, Welsh Jr TH, Davis JD, Purswell JL. 2017.** Physiological responses of feedlot heifers provided access to different level of shade. *Animal* 11: 1344-1353. doi: 10.1017/S1751731116002664
7. **Castro-Pérez BI, Estrada-Angulo A, Ríos-Rincón FG, Núñez-Benítez VH, Rivera-Méndez CR, Urías-Estrada JD, Zinn RA, et al. 2020.** The influence of shade allocation or total shade plus overhead fan on growth performance, efficiency of dietary energy utilization, and carcass characteristics of feedlot cattle under tropical ambient conditions. *Asian Austral J Anim* 33: 1034-1041. doi: 10.5713/ajas.19.0112
8. **[CONAGUA] Comisión Nacional del Agua. s.f.** Servicio Meteorológico Nacional. Normales climatológicas del Estado de Sinaloa. Periodo 1951-2010. [Internet]. Disponible en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=sin>
9. **Edwards-Callaway LN, Cramer MC, Cadaret CM, Bigler EJ, Engle TE, Wagner JJ, Clark DL. 2021.** Impact of shade on cattle well-being in the beef supply chain. *J Anim Sci* 1: 99:skaa375. doi: 10:1093/jas/skaa/375
10. **Estación Climatológica de la Escuela de Biología. Universidad Autónoma de Sinaloa. 2020.** [Internet] [13 marzo 2020]. Disponible en: <https://www.uas.edu.mx/servicios/clima/boletines>
11. **Gaughan J, Goopya J, Spark J. 2003.** Excessive heat load index for feedlot cattle. Meat and Livestock Australia Ltd. North Sydney NSW.
12. **Gaughan JB, Mader TL, Holt SM, Lisle A. 2008.** A new heat index for feedlot cattle. *J Anim Sci* 86: 226-234. doi: 10.2527/jas.20070305
13. **Gaughan JB, Bonner S, Loxton I, Mader TL, Lisle A, Lawrence R. 2010.** Effect of shade on body temperature and performance of feedlot steers. *J Anim Sci* 88: 4056-4067. doi: 10.2527/jas2010-2987

14. **Gomes da Silva R. 2010.** Wheater and climate and animal production. In: Guide to agricultural meteorological practices. World Meteorological Organization. No. 134. Geneva, Switzerland.
15. **Grandin T. 2016.** Evaluation of the welfare of cattle housed in outdoor feedlot pens. *Vet Anim Sci* 1: 23-28. doi: 10.1016/j.vas.2016.11.001
16. **Ha JJ, Yang KL, Oh DY, Yi JK, Kim JJ. 2018.** Rearing characteristics of fattening Hanwoo steers managed in different stocking densities. *Asian Austral J Anim Sci* 31: 1714-1720. doi: 10.5713/ajas.17.0451
17. **Hagenmaier JA, Reinhardt CD, Bartle SJ, Thomson DU. 2016.** Effect of shade on animal welfare, growth performance and carcass characteristics in large pens of beef cattle fed a beta agonist in a commercial feedlot. *J Anim Sci* 94: 5064-8076. doi: 10.2527/jas.2016-0935
18. **Hahn GL. 1985.** Management and housing of farm animals in hot environments. In: *Stress physiology of livestock*. Vol. 2, Yousef MK (ed). Boca Raton, USA: CRC Press. p 151-174.
19. **Huzzey JM, DeVries TJ, Valois P, Von Keyserlingk MA. 2006.** Stocking density and feed barrier design affect the feeding and social behavior of dairy cattle. *J Dairy Sci* 81: 126-133. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72075-6
20. **Lagos GH, González FJ, Castillo FR. 2014.** Paquete tecnológico para la engorda de ganado bovino en corral. México: INIFAP. 61 p.
21. **Lees AM, Sejian, V, Wallage AL, Steel CC, Mader TL, Lees JC, Gaughan JB. 2019.** The impact of heat load on cattle: review. *Animals* 9:3 22-341. doi: 10.3390/ani9060322
22. **Lima S, Bonvino SN, Pires BV, Bonilha SFM, Cyrillo NSG, Negrão JA, Paz CCP. 2020.** Effect of high temperature on physiological parameters of Nelore (*Bos taurus indicus*) and Caracu (*Bos taurus taurus*) cattle breeds. *Trop Anim Health Prod* 52: 2233-2241. doi.org/10.1007/s11250-020-02249-y
23. **Macitelli F, Braga JS, Gellatly D, Paranhos da Costa MJR. 2020.** Reduced space in outdoor feedlot impacts beef cattle welfare. *Animal* 14: 2588-2597. doi: 10.1017/S175173112-0001652
24. **Mader TL, Davis MS, Brown-Brandl T. 2006.** Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J Anim Sci* 84: 712-719. doi: 10.2527/2006.843712x
25. **Mader T, Griffin D, Hahn L. 2007.** Managing feedlot heat stress. Institute of Agriculture and Natural Resources. University of Nebraska-Lincoln. [Internet]. Available in: <http://extensionpublications.unl.edu/assets/html/g1409/build/g1409.htm>
26. **Mader TL, Johnson LJ, Gaughan JB. 2010.** A comprehensive index for assessing environmental stress in animals. *J Anim Sci* 88: 2153-2165. doi: 10.2527/jas.2009-2586
27. **Manterola C, Otzen T. 2014.** Estudios observacionales. Los diseños utilizados con mayor frecuencia en investigación clínica. *Int J Morphol* 32: 634-645.
28. **Montelli NLLL, Macitelli F, da Silva Braga J, da Costa MJRP. 2019.** Economic impacts of space allowance per animal on beef cattle feedlot. *Semina: Ciências Agrárias* 40(Supl 3): 3665-3678. doi: 10.5433/1679-0359.2019v40n6-supl3p3665
29. **Nienaber JA, Hahn GL. 2007.** Livestock production system management responses to thermal challenges. *Int J Biometeorol* 52: 149-57. doi: 10.1007/s00484-007-0103-x/217
30. **Olivares BO, Guevara E, Oliveros Y, López L. 2013.** Aplicación del índice de confort térmico como estimador del estrés calórico en la producción pecuaria de la Mesa de Guanipa, Anzoátegui, Venezuela. *Zootec Trop* 31: 209-223.
31. **Pelley M, Lirette A, Tennessen T. 1995.** Observations on the responses of feedlot cattle to attempted environmental

- enrichment. *Can J Anim Sci* 75:631-632. doi: 10.4141/cjas95-093
32. **Ratnakan AP, Sejian V, Sanjo Jose V, Vaswani S, Bagath M, Krishnan G, Beena V, et al. 2017.** Behavioral response to livestock adaptation to heat stress challenges. A review. *Asian J Anim Sci* 11: 1-13. doi: 10.3923/ajas.2017.1.13
33. **Renaudeau D, Collin A, Yahav S, Basilio V, Gourdine JL, Collier RJ. 2012.** Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animals* 6: 707-728. doi: 10.1017/S1751731111002448
34. **Romo-Valdez A, Pérez-Linares C, Figueroa-Saavedra F, Portillo-Loera J, Ríos-Rincón F. 2019.** Respuesta conductual de bovinos productores de carne en finalización intensiva en clima desértico cálido. *Abanico Vet* 9: 1-18. doi: 10.21299/abavet2019.28
35. **Sullivan ML, Cawdell-Smith AJ, Made TL, Gaughan JB. 2011.** Effect of shade area on performance and welfare of short-fed feedlot cattle. *J Anim Sci* 89: 2911-2925. doi: 10.2527/jas.2010-3152
36. **Tucker CB, Coetzee JF, Stookey JM, Thompson DV, Grandin T, Schwartzkopf-Genswein KF. 2015.** Beef cattle welfare in USA: identification of priorities for future research. *Anim Health Res Rev* 16: 107-124. doi: 10.1017/S1466-252315000171
37. **Thornton PK. 2010.** Livestock production: recent trends, future prospects. *Philos T R Soc A* 365: 2853-2867. doi: 10.1098/rstb.2010.0134