

Abanico Veterinario. Enero-Diciembre 2019; 9:1-18. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2019.928>

Artículo Original. Recibido: 22/07/2019. Aceptado: 10/12/2019. Publicado: 20/12/2019.

Respuesta conductual de bovinos productores de carne en finalización intensiva en clima desértico cálido

Behavioral response of beef cattle in feedlot in warm desert environment

Romo-Valdez Ana¹ , Pérez-Linares Cristina² , Figueroa-Saavedra Fernando² ,
Portillo-Loera Jesús¹ , Ríos-Rincón Francisco^{*1} 

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

²Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, México. *Autor responsable y de correspondencia: Ríos-Rincón Francisco. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Sinaloa. Blvd. San Ángel s/n, Colonia San Benito, Culiacán, Sinaloa, México. CP 80246. e.ana.romo@uas.edu.mx, cristinapl@yahoo.com, fernando_figueroa@uabc.edu.mx, portillo6422@yahoo.com, fgrios@uas.edu.mx

RESUMEN

La modificación del ambiente natural en la producción de carne bovina puede inducir cambios conductuales en los bovinos. Para valorar la variación diurna de la conducta con base a indicadores de bienestar en bovinos productores de carne en finalización intensiva en clima desértico cálido, se realizó un estudio observacional prospectivo con duración de cuatro semanas. Las pautas conductuales, temperatura ambiental, humedad relativa e índice de temperatura y humedad (ITH) se registraron a las 8:00, 12:00 y 16:00 h. El promedio de la temperatura ambiental fue de 28.7 °C, humedad relativa de 24.1 % e ITH de 72.8 unidades. Durante el periodo de observación, el ganado bovino estuvo sujeto a condición de confort (ITH≤74). A las 12:00 h los indicadores habituales: comer y beber, se encuentran inhibidos ($P\leq 0.01$), y el acicalamiento disminuido (8.2 vs. 13.2 x 100; $P\leq 0.01$). Cuando el valor del ITH es mayor a 75 unidades los indicadores agonistas: montas, amenazas, signo de Flehmen y topetazos disminuyen sensiblemente a las 12:00 h ($P\leq 0.01$). La mayor tasa de jadeos (25 x 10000) se observó a las 12:00 h. La respuesta conductual diurna de los bovinos en finalización intensiva en clima desértico cálido obedece a ritmos biológicos para adaptarse al medio ambiente que asegure su sobrevivencia.

Palabras clave: bienestar animal, bovinos, ambiente cálido e ITH

ABSTRACT

The modification of the natural environment in beef production can induce behavioral changes in cattle. In order to assess the behavioral response based on indicators of animal welfare of beef cattle in feedlot in warm desert environmental conditions; a prospective observational study was conducted with a duration of four weeks. Behavioral guidelines, environmental temperature, relative humidity and temperature and humidity index (THI), were recorded at 8:00 h, 12:00 h, and 16:00 h. Environmental temperature, relative humidity and THI average was 28.7 °C, 24.1 %, and 72.8 units, respectively. During observational period, the beef cattle to be subject at comfort condition (THI≤74). By environmental effect at 12:00 h the usual indicators: eating and drinking, are inhibited ($P\leq 0.01$), and grooming decreased (8.2 vs. 13.2 x 100; $P\leq 0.01$). Agonist indicators: mounts, threats, Flehmen sign and bumps decrease significantly at 12:00 h ($P\leq 0.01$), when the ITH value is greater than 75 units. The highest panting rate (25 x 10000) was observed at 12:00. The diurnal behavioral response of cattle in feedlot on warm desert climate is due to biological rhythms to adapt to the environment that ensures their survival.

Keywords: animal welfare, beef cattle, warm environmental, THI.

INTRODUCCIÓN

La permanencia del ganado bovino en el corral de finalización intensiva puede llegar a alterar o modificar las pautas conductuales características de los bovinos en condiciones naturales, alterando su estado de confort en respuesta a agentes estresores ([Ratnakaran et al., 2017](#)); en este sentido, el estrés ha sido utilizado como un indicador en la pérdida de bienestar animal ([Mormède et al., 2007](#)). La modificación de los ambientes naturales en la producción de carne bovina y la persistencia de los factores que inducen al estrés en los animales se traduce en una reducción en los indicadores de la productividad; por lo tanto, es necesario valorar las situaciones que pueden ocasionar miedo, dolor, ansiedad, hambre, sed y hasta donde sea posible el sufrimiento durante la permanencia de los bovinos en el corral de finalización ([Aluja, 2011](#)).

En respuesta a la creciente demanda de proteína de origen animal para satisfacer el incremento dinámico de alimentos por parte de la población humana, los sistemas productivos se han orientado hacia la intensificación; en ello se incluye a la producción de carne bovina; con eso, se limita la capacidad de los bovinos para realizar algunos comportamientos naturales y aumenta la incidencia de agresiones entre animales, cuando las estrategias de intervención no consideran prioritario el bienestar de los bovinos en el corral de engorda. La definición clásica de [Broom \(1986\)](#), afirma que el bienestar de un individuo se relaciona con su estado de comodidad, mientras intenta hacer frente a su entorno. En consonancia con lo anterior, en ambientes climáticos cálidos, los bovinos intentan compensar las condiciones adversas, cambiando pautas conductuales y en cierta medida cambia su respuesta fisiológica ([Mader et al., 2001](#)). Por tal razón, es importante conocer el tipo de cambios conductuales en ganado bovino, alojado en condiciones intensivas de producción, en regiones donde la temperatura ambiental se encuentra fuera de la zona de termo neutralidad.

En este sentido se conoce que la temperatura termo neutral de los bovinos productores de carne puede ser muy variada; en bovinos jóvenes la zona de termo neutralidad oscila desde los 7°C hasta los 26 °C; mientras que en vacas maduras y bovinos pesados el rango es de -17 °C en invierno y 23 °C durante el verano, y se relaciona estrechamente con la condición corporal, estado nutricional, longitud, grupo racial y color del pelaje que presenten los bovinos; bajo estas condiciones tienen dificultad para tolerar temperaturas superiores a los 27 °C, especialmente cuando el valor de la humedad relativa es mayor a 40 % ([Mader et al., 2007](#); [Arias et al., 2008](#)).

La disminución de los indicadores de producción animal en regiones cálidas se ve afectada por diversos factores, siendo el principal el estrés, generado por la alta temperatura ambiental ([Renaudeau et al., 2012](#)), en las llamadas “ondas de calor” que implican periodos de calor y humedad relativa, inconfortable por periodos cortos o prolongados ([Brown-Brandl et al., 2006](#)).

Esta respuesta fisiológica se presenta cuando la temperatura ambiental excede la zona termo neutral de los bovinos, lo cual les impide disipar el calor extra ([Bernabucci et al., 2010](#)). Las expresiones conductuales realizadas por los bovinos para mitigar el estrés por calor, van desde la búsqueda de sombra hasta el aislamiento o distanciamiento de sus compañeros, con la finalidad de aumentar la superficie corporal en contacto con el ambiente para realizar el intercambio de calor mediante convección ([Alves et al., 2017](#)); del mismo modo en que se puede incrementar la cantidad de agua consumida, llega un estado conductual, donde el animal incrementa su tiempo de ocio, por lo cual actividades como el consumo de agua se disminuye o se modifican para realizarse en horarios frescos durante el día ([Ferreira et al., 2014](#)).

El eje HPA, es la respuesta neuroendocrina, responsable de la regulación de la secreción de GC en la corteza adrenal y de desencadenar las respuestas ante una situación de estrés; esto es solamente una parte del gran sistema central que integra las respuestas comportamentales, neuroendocrinas, autonómicas e inmunes frente a alteraciones en la homeostasis ([Dallman et al., 2006](#)).

[Brown-Brandl et al. \(2006\)](#), mencionan que los bovinos bajo estrés por calor, disminuyen su tiempo de consumo de alimento; así como el tiempo en que permanecen echados; también indican que, en estas condiciones los bovinos disminuyen su comportamiento agonista contra sus compañeros de corral, con la finalidad de permanecer inmóviles en lugares más frescos. La conducta de los animales, individualmente o en grupo, varía de acuerdo con factores relacionados con la raza, sexo, temperamento, edad y el sistema de producción ([Arias et al., 2008](#); [Sampedro y Cabeza, 2010](#); [OIE, 2013](#)). En este sentido, el ambiente térmico puede tener una influencia negativa en el bienestar del ganado, pero más allá del impacto directo que el estrés por calor tiene sobre la salud y la productividad de los bovinos; también se debe considerar el impacto económico en los productores de ganado ([Lees et al., 2019](#)).

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue valorar la variación diurna de la conducta de bovinos productores de carne en finalización intensiva en clima desértico cálido, durante el otoño.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación del lugar de estudio. El presente trabajo se llevó a cabo en una Unidad de Producción Pecuaria ubicada en el Valle de Mexicali, Baja California, México (32° 39' 48" Latitud Norte y 115° 28' 04" Longitud Oeste, a 8 msnm); según el sistema de clasificación de Köppen, modificado por [García \(2004\)](#), el clima de esta región se clasifica como clima BW(h') hs (x'), el cual se define como desértico cálido, extremoso en demasía y régimen de lluvias en invierno; la temperatura media anual de la región es de 24.1 °C, la temperatura mínima promedio es de 13.6 °C en el mes de diciembre, y la máxima promedio 34.8 °C durante los meses de junio a julio; la temperatura máxima absoluta es

de 49.5 °C y la mínima absoluta es de -6.0 °C; la precipitación pluvial promedio de 75.8 mm anuales (INEGI, 2017).

Tipo de estudio. Durante el mes de octubre de 2018, época de otoño para el hemisferio norte, se llevó a cabo un estudio observacional prospectivo con duración de cuatro semanas. Durante este tiempo, de un total de 692 corrales que dispone la UPP; de 153 corrales que al momento del estudio y de acuerdo al programa de alimentación se encontraban recibiendo la dieta # 5 (5 de 6 dietas); se eligieron al azar 12 corrales de finalización, los cuales se visitaron diariamente para recabar la información; cabe mencionar que en cada corral se encontraban alojados en promedio 95 bovinos por corral, con peso corporal cercano a los 500 kg.

La muestra objeto de estudio fue de 1140 bovinos, poco más del 8 % del total de animales en finalización, consumiendo la dieta # 5 del programa de alimentación.

Variables climáticas. Durante el periodo experimental, la temperatura ambiental y la humedad relativa fueron registrados mediante termo higrómetros digitales (Avaly Taylor, Modelo VA-EDT-1-55^a, CDMX), colocados en los corrales de engorda objeto de estudio, a la altura de los bovinos, dos metros fuera del área de sombra y en la proximidad de los comederos. El índice de temperatura y humedad (ITH) se calculó mediante la fórmula:

$$ITH = (0.8 \times T) + \left[\left(\frac{HR}{100} \right) \times (T - 1.4) \right] + 46.4$$
 (Mader et al., 2006), donde T es la temperatura ambiental en grados Celsius y HR es la humedad relativa expresada en porcentaje.

Descripción de instalaciones. Los bovinos objeto de estudio se alojaron en corrales convencionales para la engorda y finalización: construcción con tubería metálica de 1.60 m de altura, piso de tierra, sombra provista a base de material vegetal típico de la región (*Pluchea sericea*), colocada a 3.5 m de altura, comedero, banqueta de dos metros lineales en el área de comedero, bebedero automático de mampostería, localizado al fondo de cada corral. Los corrales miden 31 m de largo por 26 m de ancho (806 m²), diseñados para alojar 100 bovinos de un peso promedio de 450 kg al finalizar la engorda (espacio vital de 8.0 m²/bovino).

Manejo y alimentación de los bovinos. El protocolo de manejo y alimentación de los bovinos es el que comúnmente se sigue en las engordas tecnificadas del norte de México, que consiste en vacunación, desparasitación y colocación de implantes (acetato de trembolona, estradiol y tilosina). Los bovinos reciben alimentación dos veces al día, de acuerdo con un programa de seis dietas, que básicamente incluyen trigo, heno de Sudán, sebo, granos secos de destilería y premezcla mineral.

Característica de los bovinos. Los bovinos incluidos en el presente estudio mostraron las siguientes características, típicas de los corrales de engorda en México: machos, encastados de Cebú, con un componente genético de aproximadamente 60 % *Bos indicus*, y el resto integrado por *Bos taurus* proveniente de las razas Simmental, Charoláis y Pardo Suizo, en proporciones no determinadas.

Evaluación basada en los animales. En cada visita se registraron las pautas conductuales clasificadas en tres categorías: habituales (A), sociales (B) y agonistas (C), del ganado bovino relacionados con el bienestar animal en los corrales de finalización ([Marti et al., 2015](#)). La evaluación de las pautas conductuales se realizó durante tres horarios (8:00, 12:00 y 16:00 h). Para visualizar a todos los bovinos se destinó un tiempo de observación de 10 minutos por cada corral.

El registro de las pautas conductuales se realizó mediante el siguiente procedimiento:

A) Indicadores habituales: se registró la frecuencia de bovinos: comiendo, bebiendo, rumiando, bajo sombra y de pie.

B) Indicadores sociales: se registró la frecuencia del comportamiento social, basado en el protocolo Welfare Quality (2009), acicalamientos; esta conducta se registra cuando un bovino toca con su lengua cualquier parte del cuerpo (cara, cabeza, torso, piernas o cola), de otro compañero de grupo, o así mismo; se exceptúa la región anal o el prepucio. Si el actor deja de lamer por más de 10 segundos y luego comienza a lamer al mismo receptor, ésta se registra como una nueva acción y un nuevo evento comienza; también si el actor lame a otro receptor, o si hay un cambio de roles entre actor y receptor.

C) Indicadores agonistas: se registró la frecuencia de la manifestación de conductas agonistas, como:

1) Topetazos, como el enfrentamiento frontal entre dos o más bovinos integrantes de un mismo lote.

2) Amenazas, como el intento de agresión por parte de un bovino de mayor jerarquía, dentro de un grupo social a otro de menor rango jerárquico.

3) Singo de Flehmen, esta reacción se genera al oler la orina, heces, moco y/o la región de la vulva que contienen feromonas sexuales; durante esta reacción el bovino eleva su cabeza, frunce la nariz, contrae y eleva su labio superior y mueve la lengua y la coloca sobre la parte anterior del paladar para frotar la papila incisiva del paladar ([Doving y Trotier, 1998](#)).

4) En los indicadores agonistas también se registró la frecuencia de montas.

En los bovinos objeto de estudio se registró en cada horario (8:00, 12:00 y 16:00 h), la frecuencia de jadeo.

Análisis estadístico. Las variables climáticas (temperatura, humedad relativa y valor de ITH) son presentadas con la media, valor mínimo y máximo por semana y general. Para las variables conductuales, la unidad de observación fue cada corral, y los valores registrados se convirtieron a tasas utilizando la fórmula propuesta por Daniel (2002):

$$\left(\frac{a}{a+b}\right)k$$

Donde:

a = la frecuencia con la cual se ha presentado un evento durante algún periodo específico.

$a + b$ = el número de bovinos expuestos al riesgo del evento durante el mismo periodo.

k = algún número, como 100, 1 000 o 10 000.

Enseguida, se generaron histogramas para observar la distribución de las frecuencias; estos fueron realizados con Minitab 16.0 (Minitab, 2000). Seguido de esto, se utilizó el procedimiento UNIVARIATE opción NORMAL de SAS (SAS, 2002), para conocer la aproximación a la distribución normal de las tasas con la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Se realizó transformación Arcoseno raíz cuadrada; una vez transformadas las tasas se utilizó nuevamente el procedimiento UNIVARIATE opción NORMAL de SAS (SAS, 2002), para saber si se logró una aproximación a la distribución normal de las tasas transformadas, mediante la prueba de normalidad de K-S. Al no obtener normalidad en las tasas transformadas, se realizó el procedimiento descrito por Herrera y Barreras (2005), empleando el procedimiento RANK (SAS, 2002), para calcular rangos, y a estos aplicarles análisis de la varianza con el procedimiento GLM, declarando el modelo lineal general $Y_{ij} = \mu + H_i + \varepsilon_{ij}$.

Donde:

Y_{ijk} = Rangos de la tasa para la variable conductual

μ = La media general

H_i = El efecto fijo de la i -ésima hora de observación

ε_{ij} = El error aleatorio

La tendencia en las pautas conductuales en bovinos en finalización intensiva de acuerdo con la hora del día, se analizó mediante polinomios ortogonales (SAS, 2002). Los resultados en los cuadros se presentan con la mediana, valor mínimo, valor máximo y rango intercuartílico de las tasas; se presentan gráficas de regresión elaboradas en Minitab 18.0 (Minitab, 2000). En todos los análisis se utilizó un alfa de 0.05 para aceptar diferencia estadística.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1, se muestran los resultados correspondientes a temperatura ambiental, humedad relativa e ITH, registrada durante el periodo de observación en los corrales de finalización intensiva.

Se observa que la temperatura general promedio durante el periodo de observación fue de 28.7 °C, con máxima de 38.4° C y mínima de 18.9 °C; para el caso de la humedad relativa, la media general fue de 24.1 %, con máxima de 28 y mínima de 20 %. El ITH promedio general fue de 72.8 unidades, con máxima de 82.9 y mínima de 62.7 unidades.

En el cuadro 2, se presentan las estadísticas descriptivas de las condiciones ambientales, de acuerdo con el horario de evaluación en los corrales de engorda en finalización intensiva. Se observa que a las 8:00 horas, el valor máximo de ITH fue de 74.2 unidades, a las 12:00 se elevó a 81.9 unidades, y a las 16:00 fue de 82.9 unidades; en tanto que el promedio fue de 68, 75 y 75 unidades, respectivamente.

Cuadro 1. Promedio de la temperatura ambiental, humedad relativa e índice de calor y humedad durante el periodo de observación

Semana ²	Temperatura °C			Humedad relativa, %			ITH ¹		
	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media
1	20.2	34.9	28.9	20.0	28.0	24.0	64.2	79.2	73.0
2	20.2	33.5	27.0	22.0	28.0	24.8	64.1	77.8	71.1
3	21.5	38.4	31.1	22.0	26.0	23.5	65.3	82.9	75.2
4	18.9	36.1	27.7	22.0	28.0	24.2	62.7	80.1	71.8
General ³	18.9	38.4	28.7	20.0	28.0	24.1	62.7	82.9	72.8

ITH= Índice de Temperatura y Humedad; Mín.= Mínimo; Máx.= Máximo.

¹ITH= $[0.8 \times \text{temperatura ambiente}] + [(\% \text{ de humedad relativa } / 100) \times (\text{temperatura ambiente} - 14.4)] + 46.4$ (Mader et al., 2006); confort THI < 74; alerta 75 > THI < 78; peligro 79 > THI < 83; y emergencia THI > 84. ²Para cada semana, n=90. ³General, n=360.

El ITH ha sido ampliamente utilizado como un indicador de la tensión térmica en el ganado bovino (Gaughan et al., 2008); este índice combina los valores de humedad relativa y la temperatura ambiental en un valor simple, para estimar el potencial de carga calórica en el ambiente y generalmente se considera como potencialmente estresante para el ganado bovino, cuando el valor de ITH excede de 74 unidades (Igono et al., 1992).

Cuadro 2. Estadísticas descriptivas de las condiciones ambientales por horario de evaluación en los corrales de engorda en finalización intensiva de bovinos

	08:00			12:00			16:00		
	T ¹ , °C	HR ² , %	ITH ³	T ¹ , °C	HR ² , %	ITH ³	T ¹ , °C	HR ² , %	ITH ³
Media	23.7	26	68	31.3	23	75	31.2	23	75
Valor mínimo	18.9	24	62.7	24.4	20	68.3	25.5	21	69.7
Valor máximo	29.8	28	74.2	37.9	26	81.9	38.4	26	82.9

¹T: Temperatura; ²HR: Humedad Relativa; ³THI = $[0.8 \times \text{temperatura ambiente}] + [(\% \text{ de humedad relativa } / 100) \times (\text{temperatura ambiente} - 14.4)] + 46.4$ (Mader et al., 2006); normal THI < 74; alerta 75 > THI < 78; peligro 79 > THI < 83; y emergencia THI > 84.

Con base en lo anterior, en la Unidad de Producción Pecuaria, ubicada en el Valle de Mexicali, el valor promedio general del ITH se ubicó en 72.8 unidades, con un valor máximo promedio de 82.9 unidades; este valor promedio de ITH significa que los bovinos se encuentran en categoría de confort, aunque el valor cercano a 83 unidades puede indicar que se encuentra en la categoría de peligro, en cierto momento del día, concretamente a las 12:00 y a las 16:00 horas; lo cual se puede interpretar como una estadía temporal de estrés térmico por calor. Tal como se observa en la figura 1, que muestra el efecto cuadrático para el ITH, con su respectiva ecuación de predicción. Para efectos prácticos, es posible estimar el valor del ITH mediante esta ecuación e interpretar sus resultados en función de los indicadores de bienestar animal, que pueden verse modificados por el efecto combinado de la temperatura ambiental y la humedad relativa. En este caso el 61.5 % de la variación en el ITH depende de la hora del día.

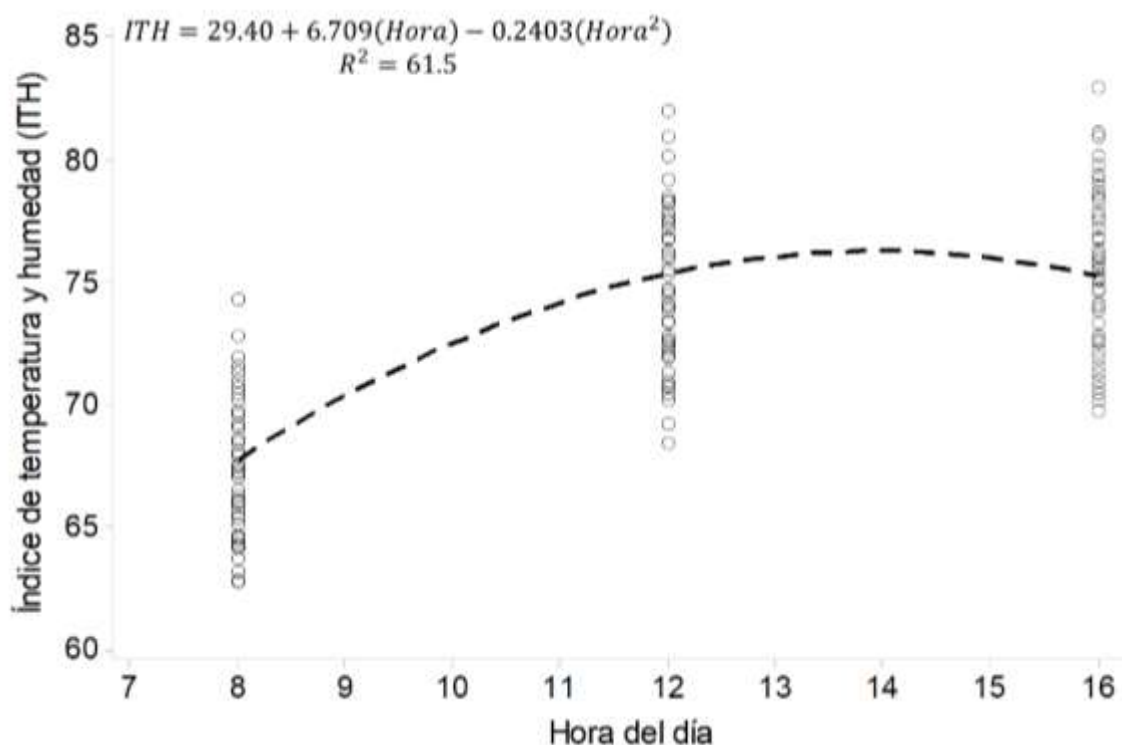


Figura 1. Efecto cuadrático para el Índice de temperatura y humedad según la hora de día

Al respecto, [Renaudeau et al. \(2012\)](#) aseveran que los bovinos sufren inconvenientes en relación con confort, y su función productiva puede afectarse, toda vez que en los sistemas de producción intensiva los bovinos tienen más restringidos los mecanismos fisiológicos, para hacer frente al exceso de calor y a la humedad relativa alta, y así mantener la termoneutralidad. En tal sentido, [Hahn et al. \(2003\)](#) refieren que el comportamiento de los bovinos debe ser monitoreado durante diversos periodos de tiempo (semanas o meses), para conocer e interpretar el desarrollo de su respuesta conductual y otras medidas de desempeño en función del valor del ITH.

En el cuadro 3, se presentan resultados de los indicadores habituales y sociales relacionados al bienestar de bovinos productores de carne en finalización intensiva. Se observa que con base al valor de ITH, a las 8:00 h el ganado bovino se encuentra en la categoría de confort; sin embargo, a las 12:00 y 16:00 h, el valor de ITH indica que se encuentra en la categoría alerta (ITH > 75 unidades; $P \leq 0.01$), en función del estrés por calor.

Los bovinos estuvieron con mayor ($P < 0.05$) frecuencia, comiendo, tomando agua y en posición de pie a las 8:00 y 16:00 h; mientras que a las 12:00 la mayoría ($P < 0.05$) de bovinos estuvieron echados y rumiando bajo la sombra; el comportamiento de acicalamiento fue mayor ($P < 0.05$) a las 16:00 h, seguido de las 8:00 h ($P < 0.05$) y más bajo ($P < 0.05$) a las 12:00 h. [Pereyra et al. \(2010\)](#), refieren que cuando los bovinos se encuentran expuestos a condiciones adversas a su estado de confort, disminuyen actividades habituales, tales como comer, beber y caminar. Bajo la condición climática de la región donde se ubica la UPP, la tendencia de los bovinos es a disminuir sus actividades habituales; tal como se muestra en la figura 2, la cual muestra el efecto cuadrático para la variable bovinos comiendo, según la hora del día. Un 27.8 % de la variación de los bovinos comiendo depende de la hora del día.

Cuadro 3. Indicadores habituales y sociales relacionados al bienestar de bovinos productores de carne en finalización intensiva en condiciones ambientales cálidas y secas

Hora	Indicadores habituales ²						Indicador social ²
	ITH ¹	Comen ³	Beben ⁴	Bajo sombra ³	De pie ³	En rumia ³	Acicalan ³
8:00	67.7	11.4	10.3	29.7	82.5	4.1	10.1
Min		0.0	0.0	11.9	10.1	0.0	2.1
Max		56.6	94.6	82.6	100.0	21.6	21.6
IQR		17.4	10.9	23.5	22.6	6.1	6.0
12:00	75.3	1.0	0.0	71.4	28.3	8.1	8.2
Min		0.0	0.0	23.2	7.0	1.0	2.0
Max		26.3	40.8	98.1	99.0	19.2	24.3
IQR		3.1	10.1	25.0	19.3	5.3	4.2
16:00	75.2	11.6	10.1	34.3	63.9	6.1	13.2
Min		1.0	0.0	9.1	14.9	0.0	1.0
Max		26.2	51.6	83.5	96.1	17.6	27.0
IQR		7.1	20.0	26.4	25.5	4.3	5.9
Polinomios ortogonales							
Efecto lineal	0.01	0.01	0.08	0.10	0.01	0.14	0.01
Efecto cuadrático	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

ITH: Índice de Temperatura y Humedad; IQR: rango intercuartílico. ¹Medias, error estándar de las medias conjunto para hora es 0.26, n=120. ²Medianas; para hora n=120. ³Taza x100. ⁴Taza x 1000. ^{abc} Literales diferentes en la misma columna dentro de hora indican diferencia estadística ($P \leq 0.01$).

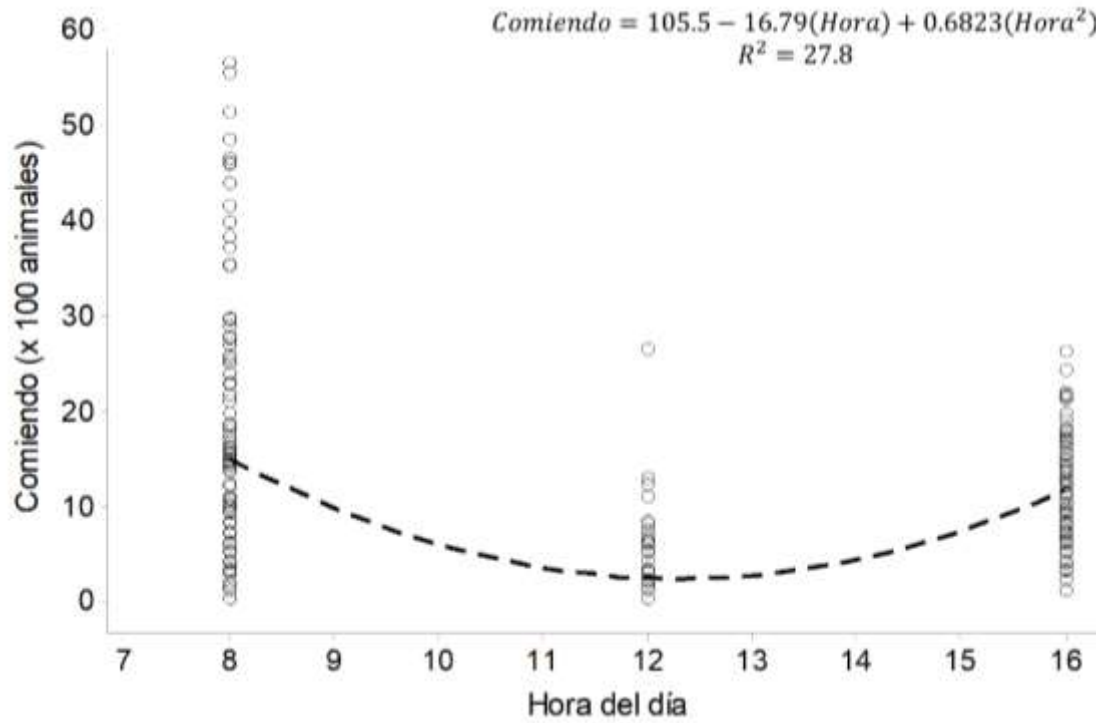


Figura 2. Efecto cuadrático para bovinos comiendo según la hora del día

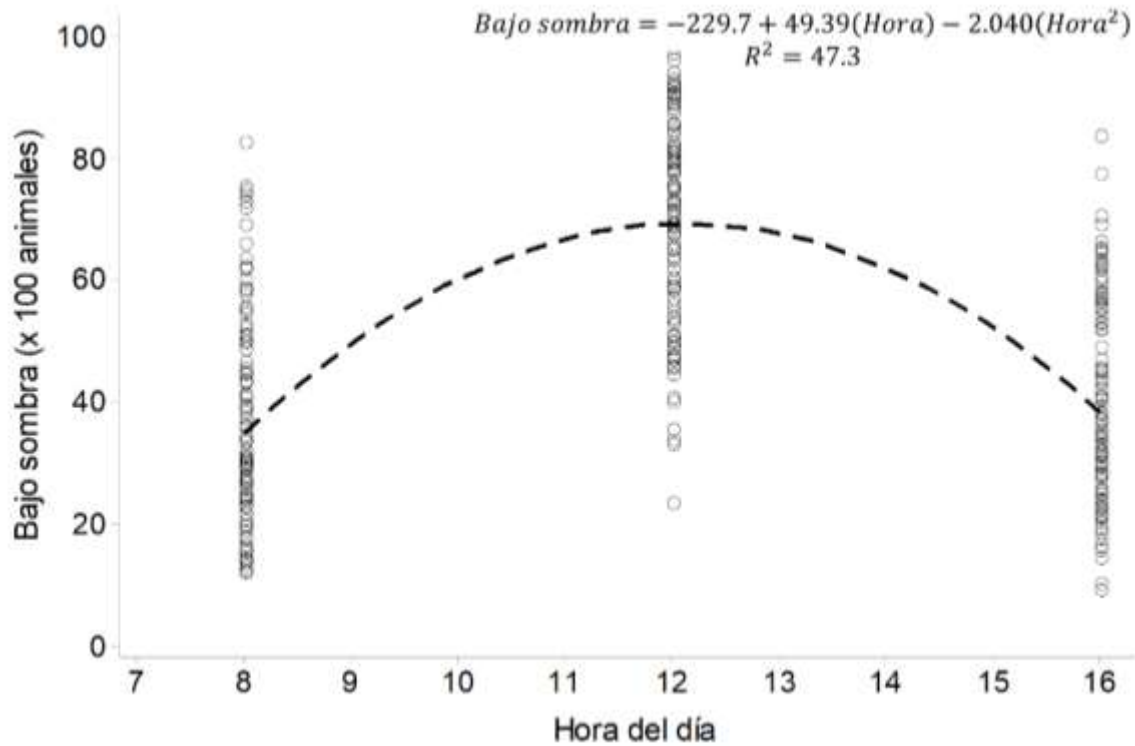


Figura 3. Efecto cuadrático para bovinos bajo sombra según la hora del día

En la figura 3, se muestra el efecto cuadrático para la variable bovinos bajo la sombra, según la hora del día. El incremento del número de bovinos bajo la sombra coincide cuando el valor del ITH tiende a incrementarse, por lo que buscan refugio bajo la sombra, para disminuir el impacto de la radiación solar y reducir la carga de calor (Brown-Brandl *et al.*, 2013). En el presente estudio, un 47.3 % de la respuesta en esta variable depende de la hora del día.

En la figura 4, se muestra el efecto cuadrático de la variable bovinos de pie de acuerdo con la hora del día; a las 12:00 horas, los bovinos además de encontrarse bajo la sombra, se encuentran mayormente echados; se observa que el 52.3 % de la variación en esta variable está en función de la hora del día.

Los cambios en el comportamiento conductual de los bovinos confinados en corrales de finalización intensiva, ocurren en función de los factores ambientales, tales como la radiación solar y la temperatura superior a la zona termo neutral, que combinada con alta humedad relativa; generando incremento en la carga calórica (Beretta *et al.*, 2013); aunque los tipos raciales *Bos indicus* y *Bos taurus*, muestran una gran habilidad para mantener la homeotermia, bajo condiciones de estrés calórico, pueden ocurrir modificaciones en su comportamiento conductual habitual (Beatty *et al.*, 2006). En este sentido, Dikmen (2013) indica que los cambios conductuales de los bovinos ocurren en respuesta al incremento de la temperatura ambiental durante el día.

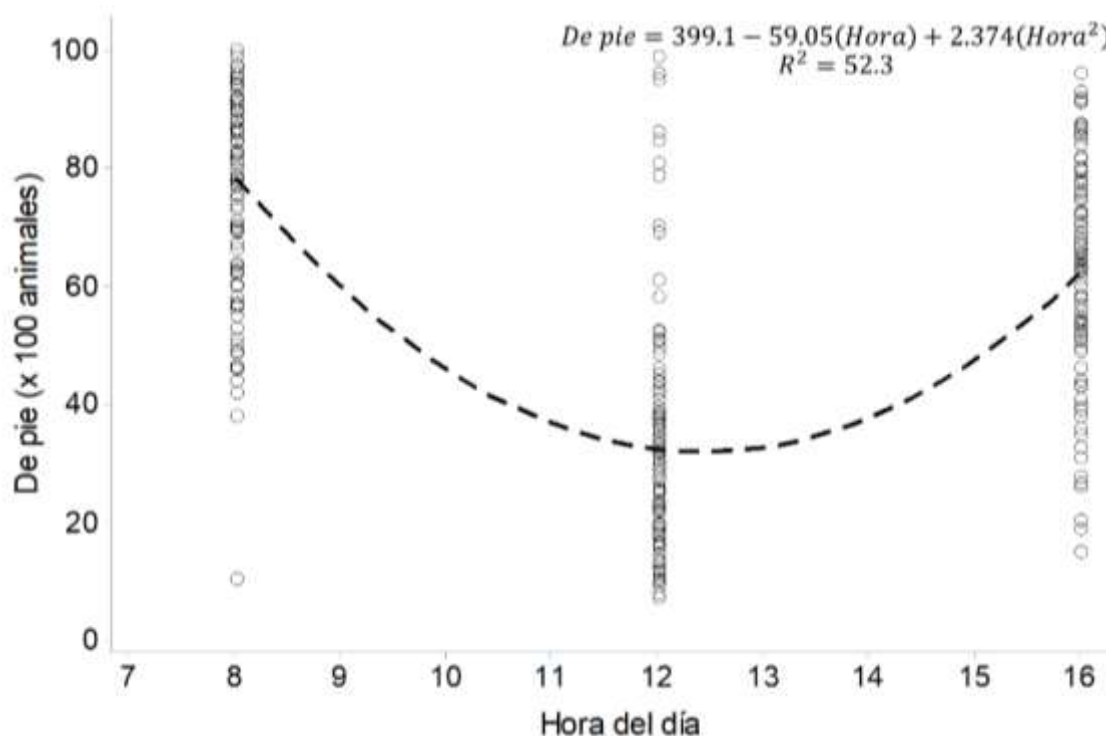


Figura 4. Efecto cuadrático para bovino de pie según la hora del día

Con relación al acicalamiento, [Sato et al. \(1991\)](#), mencionan que es una expresión del comportamiento conductual del bovino, que realiza principalmente con sus congéneres más familiarizados dentro del corral de engorda, para cumplir funciones específicas, tales como efecto de limpieza, reducción de la tensión grupal y efecto de unión.

En el presente estudio, las tasas de acicalamiento fueron diferentes en cada horario (10.1 vs. 8.2 vs. 13.2; $P < 0.01$), a las 8:00, 12:00 y 16:00 h, respectivamente. La menor tasa de acicalamiento observada a las 12:00 h, puede tener relación con que no todos los bovinos aceptan este tipo de comportamiento social, y comúnmente son los subordinados quienes acicalan a los bovinos dominantes; ocurre comúnmente momentos después de que el alimento ha sido servido, aunque esta actividad también puede ser nocturna ([Val-Laillet et al., 2009](#)).

En el cuadro 4, se presentan los resultados correspondientes a los indicadores agonistas, relacionados al bienestar animal de bovinos productores de carne en confinamiento bajo condiciones ambientales desérticas y secas. Se observó que la tasa de expresión de los indicadores agonistas: montas, amenazas, signo de Flehmen y topetazos, se manifiesta inhibida a partir de las 12:00 h ($P < 0.01$), con relación a la tasa de expresión observada a las 8:00 h. A esta hora, los bovinos se encuentran en condiciones de confort (ITH 67.7 unidades); sin embargo, a medida que este indicador se incrementa (75.2 unidades), la tasa de expresión agonista disminuye.

Cuadro 4. Indicadores agonistas relacionados al bienestar de bovinos productores de carne en finalización intensiva en condiciones ambientales cálidas y secas

Hora	Indicadores conductuales				
	ITH ¹	Montas ³	Amenazas ³	Flehmen ³	Topetazos ⁴
8:00	67.7	3.1	3.1	3.5	12.0
Min		0.0	0.0	0.0	0.0
Max		52.6	10.1	15.5	155.3
IQR		5.0	3.1	3.1	31.3
12:00	75.3	0.0	2.0	2.0	0.0
Min		0.0	0.0	0.0	0.0
Max		19.6	8.1	9.5	94.6
IQR		2.1	2.1	3.0	30.3
16:00	75.2	1.0	3.1	4.0	10.0
Min		0.0	0.0	0.0	0.0
Max		21.7	14.4	11.3	113.4
IQR		2.6	3.1	2.6	26.4
Polinomios ortogonales					
Efecto lineal	0.01	0.01	0.90	0.78	0.01
Efecto cuadrático	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

ITH: Índice de Temperatura y Humedad; IQR: rango intercuartílico. ¹Medias, error estándar de las medias conjunto para hora es 0.26, n=120. ²Medianas; para hora n=120. ³Taza x100. ⁴Taza x1000. ^{abc}Literales diferentes en la misma columna dentro de hora indican diferencia estadística ($P \leq 0.01$).

Este tipo de comportamiento agonista clasificado como intraespecífico, ocurre cuando los bovinos se unen para defender su espacio, mediante la manifestación de conductas agresivas (McGlone, 1986). Rao *et al.* (2015), afirman que el comportamiento agonista es definido como un esfuerzo por adaptarse a diferentes condiciones internas o externas, en respuesta a un estímulo; en ello se incluye los de tipo ambiental y la magnitud de la respuesta corresponde a la naturaleza del estímulo.

En la figura 5, se muestra la frecuencia de jadeos en bovinos productores de carne en finalización intensiva, bajo condiciones ambientales desérticas y secas, con respecto a la hora del día. Se observa que la mayor frecuencia de jadeos se registró a las 12:00 ($P \leq 0.01$); a esta hora del día la zona de confort termal entra en funcionamiento y se activan mecanismos contra el incremento de la temperatura ambiental (Roca, 2011), que a las 8:00 es de 23.7 °C promedio (valor máximo 29.8 °C), y a las 12:00 h es de 31.3 °C promedio (valor máximo 37.9 °C); aunque la humedad relativa es baja (valor promedio 23 %; valor máximo 26 %). El valor del ITH tiende a elevarse y transita de la zona de confort a la zona de peligro. Pese a que el valor del ITH se mantiene elevado, en la reducción de la tasa de jadeos a las 16:00 h, pudo influir la velocidad del viento, ya que ayuda a disminuir los efectos del calor al mejorar los procesos de disipación por vías evaporativas (Silanikove, 2000; Arias *et al.*, 2008).

En tal sentido, la existencia de las variaciones rítmicas en las funciones fisiológicas, permiten al organismo una respuesta apropiada ante los cambios del medio ambiente, conocida esta reacción como homeostasis reactiva; en esta reacción se incluyen los ritmos circadianos, cuya periodicidad fluctúa alrededor de 24 horas (Scaglione *et al.*, 2003).

En suma, Lees *et al.* (2019), refieren que las respuestas conductuales durante el día incluyen alteraciones de la postura, incluido el aumento de la proporción de tiempo de pie, mayor permanencia en áreas sombreadas o aumento de la búsqueda de sombra; incluida la sombra proporcionada por otros animales; y en conjunto puede influir de manera negativa en el bienestar de los bovinos e impactar en la reducción de la productividad.

CONCLUSIÓN

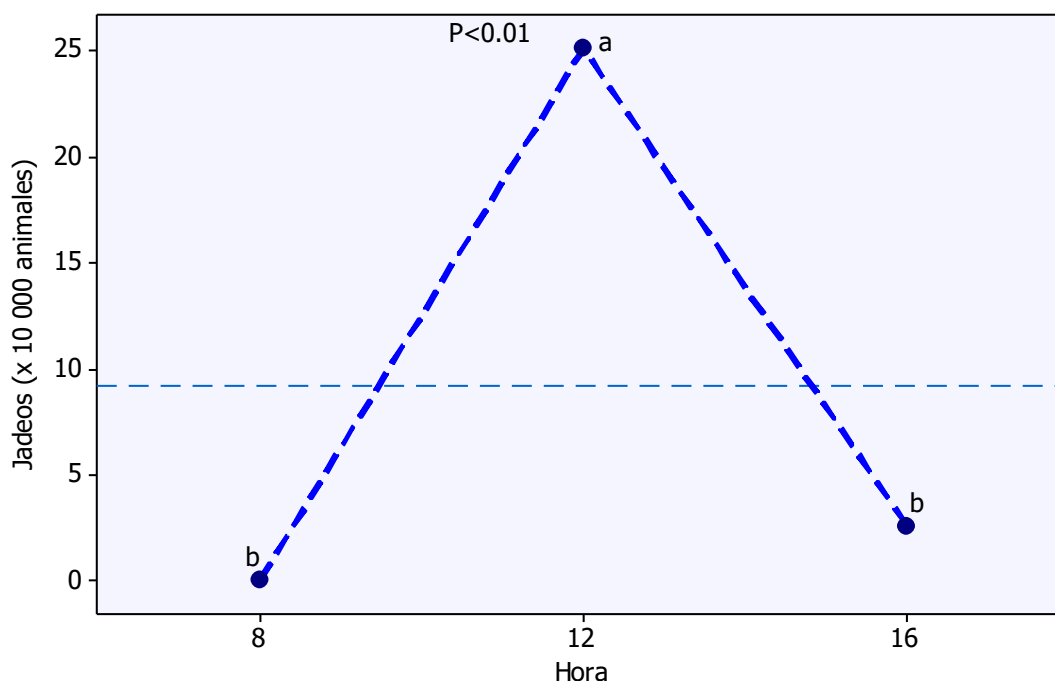
La variación diurna de las expresiones conductuales en ganado bovino en confinamiento para producción de carne en forma intensiva, obedecen a los ritmos biológicos para adaptarse al medio ambiente, así como para mantener un orden fisiológico interno que asegure su sobrevivencia en el otoño, bajo condiciones climáticas desérticas.

IMPLICACIONES

La valoración de las condiciones climáticas de otoño y su relación con las expresiones conductuales del ganado bovino en confinamiento, implica que mediante su correcta interpretación será posible incidir en la mejora de los indicadores de bienestar y

productivos de los bovinos productores de carne en confinamiento, donde se consideren aspectos como alojamiento, espacio vital, disponibilidad de sombra y otros elementos; integrados en un modelo donde se conjugue el interés por el bienestar animal, los efectos del ambiente en la respuesta conductual y productiva y el aspecto económico; de tal manera que al final de la cadena de valor se identifique y reconozca la calidad ética de la carne bovina producida en confinamiento.

Los resultados de la presente investigación marcan la pauta para la valoración integral de la respuesta conductual y productiva en las épocas de invierno y verano en la región desértica del norte mexicano.



abc Literales diferentes indican diferencia estadística ($P \leq 0.01$).

Figura 5. Tasa de jadeos de bovinos productores de carne en finalización intensiva en condiciones ambientales desérticas y secas con respecto a la hora del día

LITERATURA CITADA

Aluja A. 2011. Bienestar animal en la enseñanza de Medicina Veterinaria y Zootecnia. ¿Por qué y para qué?. *Veterinaria México*. 42 (2):137-147. ISSN: 2007-5472. <http://veterinariamexico.unam.mx/index.php/vet/article/view/283>.

Alves JRA, Andrade TAA, Assis DM, Gurjão TA, Melo LRB, Souza BB. 2017. Productive and reproductive performance, behavior and physiology of cattle under heat stress conditions. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 5(3):91-96. ISSN: 2318-1265. <http://dx.doi.org/10.26667/2318-1265jabb.v5n3p91-96>

Arias RA, Mader TL, Escobar PC. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 40 (1):7-22. ISSN 0301-732X. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2008000100002>.

Beatty DT, Barnes A, Taylor E, Pethick D, McCarthy DM, Maloney SK. 2006. Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. *Journal of Animal Science*. 84(4):972–985. ISSN: 0021-8812. <http://dx.doi.org/10.2527/2006.844972x>

Beretta V, Simeone A, Bentancur O. 2013. Manejo de la sombra asociado a la restricción del pastoreo: efecto sobre el comportamiento y performance estival de vacunos. *Agrociencia Uruguay*. 17(1):131-140. <http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/index.php/directorio/article/view/766>

Bernabucci U, Lacerera N, Baumgard L H, Rhoads RP, Ronchi B, Nardone A. 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal* 4(7):1167-1183. ISSN: 1751-7311. <http://dx.doi.org/10.1017/S175173111000090X>

Broom DM, 1986. Indicators of poor welfare. *British Veterinary Journal*. 142: 524-526. [http://dx.doi.org/10.1016/0007-1935\(86\)90109-0](http://dx.doi.org/10.1016/0007-1935(86)90109-0)

Brown-Brandl TM, Eigenberg RA, Nienaber JA. 2013. Benefits of providing shade to feedlot cattle of different breeds. *Transactions of the ASABE*. 56(4):1563-1570. ISSN: 2151-0032. <http://dx.doi.org/10.13031/trans.56.9902>

Brown-Brandl TM, Nienaber JA, Eigenberg RA, Mader TL, Morrow JL, Dailey JW. 2006. Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. *Livestock Science*. 105 (1):19-26. ISSN: 1871-1413. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2006.04.012>

Dallman MF, Bhatnagar S, Viau V. 2006. Hypothalamic-pituitary-adrenal axis. In: *Encyclopedia of stress*, 2ª Ed. Elsevier, London. Pp. 468-476. ISBN: 9780120883039.

Daniel WW. 2002. Bioestadística base para el análisis de las ciencias de la salud. Editorial Limusa S.A. de C.V. México, D.F. Pp: 737-752. ISBN: 968-18-6164-7.

Dikmen S. 2013. The effect of breed in a hot environment on some welfare indicators in feedlot cattle. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 11:1028-1035. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2013114-3834>

Doving KB, Trotier D. 1998. Structure and function of the vomeronasal organ. *The Journal of Experimental Biology*. 201:2913-2925. ISSN: 1477-9145 <https://jeb.biologists.org/content/201/21/2913>

Ferreira LCB, Machado Filho LCP, Hotzel MJ, Alves AA, Oliveira BA. 2014. 15843-Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos a diferentes ofertas de sombra. *Cadernos de Agroecologia*. 9(2):1-14. ISSN: 2236-7934. <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/15843>

García E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. México. ISBN: 970-32-1010-4.

Gaughan JB, Mader TL, Holt SM, Lisle A. 2008. A new heat index for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 86(1):226-234. ISSN: 0021-8812. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2007-0305>.

Hahn GL, Mader TL, Eigenberg RA. 2003. Perspective on development of thermal indices for animal studies and management. In: Lacetera N, Bernabucci U, Khalifa H, Ronchi B, Nardone A (eds) *Interactions Between Climate and Animal Production EAAP Tech Series No. 7*, Wageningen, The Netherlands. ISBN: 907-69-982-64.

Herrera HJG, Barreras SA. 2005. Manual de Procedimientos: Análisis Estadístico de Experimentos Pecuarios (Utilizando el Programa SAS). Segunda Edición. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. México. Pp. 215. ISBN: 968-839-300-2.

Igono MO, Bjotvedt G, Sanford-Crane HT. 1992. Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holstein cows in desert climate. *International Journal of Biometeorology*. 36(2):77–87. ISSN: 1432-1254 <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01208917>

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017. Anuario estadístico y geográfico de Baja California. 425 p. https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/BCN_ANUARIO_PDF.pdf

Lees AM, Seijan V, Wallage A, Steel CC, Mader TL, Lees JC, Gaughan JB. 2019. The impact of heat load on cattle: Review. *Animals*. 9:322. ISSN: 2076-2615. <http://dx.doi.org/10.3390/ani9060322>

Mader TL, Hungerford LL, Nienaber JA, Buhman MJ, Davis MS, Hahn GL, Cerkoney WM, Holt SM, 2001. Heat stress mortality in Midwest feedlots. *Journal of Animal Science*. 79 (Suppl 2): 2. https://www.asas.org/docs/default-document-library/mwabs_01.pdf?sfvrsn=19928f49_0

Mader TL, Davis MS, Brown-Brandl T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 84:712-719. ISSN: 0021-8812. <http://dx.doi.org/10.2527/2006.843712x>

Mader TL, Griffin D, Hahn L. 2007. Managing feedlot heat stress. Institute of Agriculture and Natural Resources. University of Nebraska-Lincoln. <http://extensionpublications.unl.edu/assets/html/g1409/build/g1409.htm>

Marti S, Devant M, Amatayakul-Chantler S, Jackson JA, Lopez E, Janzen ED, Schwartzkopf-Genswein KS. 2015. Effect of anti-gonadotropin-releasing factor vaccine and band castration on indicators of welfare in beef cattle. *Journal of Animal Science* 93:1581-1591. ISSN: 0021-8812. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2014-8346>

McGlone JJ. 1986. Agonistic behavior in food animals. Review of research and techniques. *Journal of Animal Science*. 60:1130-1139. ISSN: 0021-8821. <http://dx.doi.org/10.2527/jas1986.6241130x>

Minitab INC. 2000. MINITAB statistical software. Minitab Release. Ver. 13.

Mormède P, Andanson S, Aupérin B, Beerda B, Guémené D, Malmkvist J. 2007. Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal functions as tool to evaluate animal welfare. *Physiology Behaviour*. 92: 317-339. ISSN: 0031-9384. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.12.003>

OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal) 2013. Bienestar animal: Introducción a las recomendaciones para el bienestar de los animales. Disponible en: www.oie.int

Pereyra AVG, Maldonado MV, Catracchia CG, Herrero MA, Flores MC, Mazzini M. 2010. Influence of water temperature and heat stress on drinking water intake in dairy cows. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 70(2):328-336. ISSN: 0718-5820 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3748274>

Rao TKS, Chauhan IS, Kumar P, Gamit KC. 2015. Elements of behaviour in cattle- An overview. *Veterinary Research International*. 3(4):71-80. ISSN: 2347-5773 http://jakraya.com/journal/pdf/1001-vriArticle_1.pdf

Ratnakaran AP, Sejian V, Sanjo Jose V, Vaswani S, Bagath M, Krishnan G, Beene V, Devi I, Varma G, Bhatta R. 2017. Behavioral responses to livestock adaptation to heat stress challenges. *Asian Journal of Animal Sciences*. 11:1-13. ISSN: 1819-1878. <http://dx.doi.org/10.3923/ajas.2017.1.13>

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. *Animal*. 6(5):707-728. ISSN: 1751-7311. <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731111002448>

Roca CAJ. 2011. Efecto del estrés calórico en el bienestar animal, una revisión en tiempo de cambio climático. *Espamciencia*. 2(1):15-25. ISSN: 1390-8103. http://espamciencia.esпам.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/39

Sampedro MA, Cabeza NK. 2010. Importancia de la conducta animal para el manejo productivo de la fauna silvestre y doméstica. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 2(1):175-214. ISSN: 2027-4297. <http://dx.doi.org/10.24188/recia.v2.n1.2010.341>

Scaglione MC, Cerutti RD, Althaus RL, Valtorta SE, Díaz DC, Boggio JC. 2003. Variaciones diarias de concentraciones plasmáticas de sodio y potasio en bovinos Holstein. *Revista FAVE-Ciencias Veterinarias*. 2(1):73-80. ISSN: 2392-5589. <http://dx.doi.org/10.14409/favecv.v2i1.1389>

Silanikove N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*. 67(1):1-18. ISSN: 0301-6226. [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00162-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-7)

SAS Institute. 2002. Statistical Analysis Software. SAS/STAT System for Windows 9.0. Cary, NC, USA. SAS Institute Inc. ISBN: 978-1-60764-599-3. http://www.sas.com/en_us/software/analytics/stat.html#

Sato S, Sako S, Maeda A. 1991. Social Licking patterns in cattle (*Bos taurus*) influence of environmental and social factors. *Applied Animal Behaviour Science*. 32:3-12 ISSN: 0168-1591. [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1591\(05\)80158-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1591(05)80158-3)

Val-Laillet D, Guesdon V, Van Keyserlingk MAG, de Pasillé AM, Rushen J. 2009. All grooming in cattle: relationship between social preferences, feeding displacements and social dominance. *Applied Animal Behaviour Science*. 116:141-149. ISSN: 0168-1591 <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2008.08.005>

Welfare Quality® Consortium. 2009. Welfare Quality® Assessment protocol for cattle. Coordinator Veehouderij ASG, Lelystad BV. The Netherland.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece plenamente el apoyo recibido por parte de directivos, personal operativo y de campo de la Unidad de Producción Pecuaria por las facilidades otorgadas para la realización de la presente investigación, así como también al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-México), por el otorgamiento de Beca Mixta para realizar estancia de la primera autora en el Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California.