

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
Colegio de Ciencias Agropecuarias
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Maestría en Ciencias Agropecuarias



TESIS:

**EFFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE SOMBRA Y DENSIDAD EN CORRAL
SOBRE BIENESTAR Y RESPUESTA PRODUCTIVA DE BOVINOS EN
FINALIZACIÓN INTENSIVA EN VERANO**

**Que para obtener el Grado de
Maestra en Ciencias Agropecuarias**

PRESENTA:

Ana Mireya Romo Valdez

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Francisco Gerardo Ríos Rincón

CO-DIRECTORA DE TESIS:

Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez

Culiacán Rosales, Sinaloa, México; noviembre de 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
Colegio de Ciencias Agropecuarias
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Maestría en Ciencias Agropecuarias



TESIS:

**EFFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE SOMBRA Y DENSIDAD EN CORRAL
SOBRE BIENESTAR Y RESPUESTA PRODUCTIVA DE BOVINOS EN
FINALIZACIÓN INTENSIVA EN VERANO**

**Que para obtener el Grado de
Maestra en Ciencias Agropecuarias**

PRESENTA:

Ana Mireya Romo Valdez

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Francisco Gerardo Ríos Rincón

CO-DIRECTORA DE TESIS:

Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez

ASESORES:

Dr. Alfredo Estrada Angulo
Dr. Jesús José Portillo Loera
Dr. Jesús David Urías Estrada

Culiacán Rosales, Sinaloa, México; noviembre de 2019

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **ANA MIREYA ROMO VALDEZ**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR

DR. FRANCISCO GERARDO RÍOS RINCÓN

CO-DIRECTORA

DRA. BEATRIZ ISABEL CASTRO PÉREZ

ASESOR

DR. ALFREDO ESTRADA ANGULO

ASESOR

DR. JESÚS JOSÉ PORTILLO LOERA

ASESOR

DR. JESÚS DAVID URÍAS ESTRADA

CULIACÁN ROSALES, SINALOA; OCTUBRE DE 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA CULIACÁN
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL FUERTE
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL CARRIZO

En la Ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa, el día 20 de enero del año 2020, la que suscribe Ana Mireya Romo Valdez, alumna del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias, con número de cuenta 0905762-5, de la Unidad Académica Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la UAS, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Francisco Gerardo Ríos Rincón y de la Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez y cede los derechos del trabajo titulado “Efecto de la disponibilidad de sombra y densidad en corral sobre bienestar animal y respuesta productiva de bovinos en finalización intensiva en verano”, a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales, todo esto en apego al artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor.

La Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México) protege el contenido de la presente tesis. Los usuarios de la información contenida en ella deberán citar obligatoriamente la tesis como fuente, dónde la obtuvo y mencionar al autor intelectual. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ATENTAMENTE

Ana Romo
Ana Mireya Romo Valdez

“I think using animals for food is an ethical thing to do, but we’ve got to do it right. We’ve got to give those animals a decent life a we’ve got to give them a painless death. We owe the animal respect.”

“Creo que usar animales como alimento es algo ético, pero tenemos que hacerlo bien. Tenemos que darles a esos animales una vida decente y darles una muerte indolora. Le debemos respeto al animal.”

Temple Grandin

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a mi comité de tesis: Dr. Francisco Ríos, Dra. Isabel Castro, Dr. Alfredo Estrada, Dr. José Portillo y Dr. David Urías por permitirme trabajar con ellos mi proyecto de investigación y siempre estar presentes para aclarar dudas cuando lo necesité; especialmente al Dr. Francisco Ríos, que fue quien me llevó de la mano durante todo este proceso, así como al Dr. Portillo por el apoyo brindado durante fechas fuera del calendario laboral.

De igual modo agradezco a todos los docentes que estuvieron presentes en mi formación como Maestra en Ciencias Agropecuarias y a la coordinación de Posgrado en Ciencias Agropecuarias, muy en especial a mi mayor ejemplo a seguir y maestro de vida el Dr. Javier Romo, mi padre.

Junto a mi padre agradezco enormemente el apoyo brindado en mi casa, especialmente a mi madre por estar siempre para mí y tenerme paciencia en mis días de estrés; ellos dos han sido mis pilares durante toda mi vida y sin ellos yo no estaría aquí donde me encuentro hasta este momento y sé que siempre me seguirán apoyando en todas y cada uno de las decisiones que tome en el transcurso de mi vida, de igual forma agradezco a mis hermanos, cuñados y sobrinos con quienes convivo casi a diario y también me aguantaron cuando ni yo sola me soportaba del estrés.

También quiero agradecer a mis compañeros de la MCA con quienes enfrente todo el proceso de mi preparación, principalmente a Anahi, Walter y Alan con quienes forme una linda amistad y nos apoyamos mutuamente durante estos 2 años. De igual forma agradezco a mis dos mejores amigas y colegas Adriana Cervantes y Fernanda Lastra que a pesar de no estar cerca durante este tiempo siempre estuvieron para mí cuando lo necesite.

Otra persona muy especial para mí, que estuvo conmigo durante este proceso y que me animaba cuando sentía que ya no podía, que no perdió la fe en mí y siempre me tuvo paciencia es Luis Ramírez.

Agradezco también a la empresa Agropecuaria JS S.A de C.V y a todo el personal que ahí labora, por permitirme realizar el estudio de investigación en sus

instalaciones, así como hacerme sentir en confianza durante el largo tiempo que estuve con ellos.

Por último, pero no menos importante, agradezco al CONACyT por el apoyo económico de la beca para estudios de posgrado.

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Producción de carne de bovino.....	3
2.1.1 Importancia de la carne de bovinos en la seguridad alimentaria.....	4
2.1.2 Características generales del sistema de producción intensiva de carne de bovino en corral (Feedlot).....	5
2.2 Bienestar animal.....	5
2.2.1 Indicadores de bienestar animal.....	6
2.3 Respuesta fisiológica al estrés calórico.....	7
2.3.1 Cambios hormonales.....	7
2.3.2 Cambios fisiológicos.....	8
2.3.3 Cambios conductuales.....	8
2.4 Zona termo neutral para el ganado bovino.....	9
2.4.1 Balance térmico y temperatura corporal.....	9
2.5 Índice de temperatura y humedad relativa: su efecto sobre la carga calórica de los bovinos.....	11
2.5.1 Efecto del estrés calórico en el comportamiento productivo.....	12
2.6 Medidas de mitigación al estrés calórico.....	13
2.6.1 Efecto de la sombra utilizada en corral de engorda.....	13

2.7 Densidad de bovinos en corral de engorda.....	14
2.7.1 Requerimiento de espacio vital.....	14
2.7.2 Requerimiento de espacio de comedero.....	14
2.7.3 Requerimiento de espacio de bebedero.....	14
2.7.4 Requerimiento de espacio de sombra.....	15
2.7.5 Efecto de la densidad de bovinos en el corral sobre el desempeño productivo y bienestar animal.....	15
2.8 Presencia de lodo en el corral de engorda.....	15
2.9 Características fisiográficas del clima de la región.....	16
III. HIPÓTESIS.....	17
IV. OBJETIVOS.....	18
4.1 Objetivo general.....	18
4.2 Objetivos específicos.....	18
V. MATERIAL Y MÉTODOS.....	19
5.1 Localización del área de estudio.....	19
5.2 Características de los corrales.....	20
5.3 Procedimiento.....	20
5.4 Análisis estadístico.....	26
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
6.1 Variables climáticas.....	29
6.2 Espacio vital y sombra.....	30
6.3 Variables conductuales.....	31
6.4 Jadeos y puntaje de jadeo.....	41
6.5 Presencia de lodo en el corral de engorda.....	45

6.6 Respuesta productiva.....	46
VII. CONCLUSIONES.....	48
VIII. LITERATURA CITADA.....	49
IX. ANEXOS.....	56

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	TÍTULO	PÁGINA
1	Características de los tipos de corrales de finalización intensiva en la UPP ubicada en el trópico seco.....	20
2	Puntajes de jadeo en bovinos productores de carne en corral de engorda intensiva.....	24
3	Promedio de la temperatura ambiental, humedad relativa e índice de temperatura y humedad durante la época de verano en la UPP.....	29
4	Disponibilidad de espacio vital y sombra en bovinos finalizados en el corral de engorda intensiva durante la época de verano.....	31
5	Indicadores habituales, sociales y agonistas del comportamiento conductual de bovinos productores de carne en finalización intensiva durante la época de verano.....	34
6	Puntaje de jadeo de bovinos productores de carne en finalización intensiva durante la época de verano, Porcentaje (n).....	44
7	Profundidad de lodo en corrales de bovinos productores de carne en finalización intensiva durante la época de verano.....	45
8	Indicadores productivos de bovinos productores de carne en finalización intensiva durante el verano.....	47
9	Valores mínimos, máximos y rango intercuartílico de los horarios y diseños de corral para los indicadores habituales, sociales y agonistas del comportamiento conductual de bovinos productores de carne en finalización intensiva durante la época de verano.....	57
10	Valores mínimos, máximos y rango intercuartílico para la interacción entre los horarios y diseños de corral para los indicadores habituales, sociales y agonistas del comportamiento conductual de bovinos productores de carne en finalización intensiva durante la época de verano.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	TÍTULO	PÁGINA
1	Representación esquemática de las condiciones ambientales críticas para la sobrevivencia animal.....	11
2	Ubicación geográfica y altura sobre el nivel del mar de la UPP por medio de imagen satelital.....	19
3	Ubicación de los corrales objeto de estudio por diseño de corral en la UPP.....	21
4	Conductas habituales del ganado bovino en corral de engorda intensiva. A) Comiendo; B) Bebiendo; C) De pie; D) Bajo sombra.....	22
5	Indicador social. Bovino de pie acicalando a bovino echado.....	23
6	Indicadores agonistas. A) Topetazos; B) Amenazas; C) Montas; D) Signo de Flehmen.....	23
7	Puntuación de jadeo en bovinos productores de carne en corral de engorda intensiva. A) 0; B) 1; C) 2; D) 3; E) 4.....	24
8	Puntos cardinales (cinco) donde se realizaron las mediciones de la profundidad del lodo (cm) dentro de los corrales evaluados.....	25
9	Comportamiento habitual en bovinos de finalización intensiva en trópico seco durante la época de verano según la interacción del diseño de corral (DCO) y hora del día. A) Comiendo; B) Bajo sombra; C) De pie.....	35
10	Comportamiento habitual en bovinos en finalización intensiva en trópico seco durante la época de verano según los efectos principales de la hora del día. A) Bebiendo; B) Rumiano.....	37
11	Comportamiento social en bovinos en finalización intensiva en trópico seco durante la época de verano según los efectos principales del diseño del corral (DCO) y la hora del día.....	38
12	Comportamiento agonista en bovinos en finalización intensiva en trópico seco durante la época de verano según la interacción del diseño del corral (DCO) y la hora del día. A) Amenaza; B) Topetazos.....	40

13	Comportamiento agonista en bovinos en finalización intensiva en trópico seco durante la época de verano según los efectos principales del diseño del corral y la hora del día. A) Montas; B) Signo de Flehmen.....	40
14	Tasa de jadeo de bovinos en finalización intensiva en trópico seco en la época de verano. Según la hora del día.....	41

RESUMEN

EFFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE SOMBRA Y DENSIDAD EN CORRAL SOBRE BIENESTAR Y RESPUESTA PRODUCTIVA DE BOVINOS EN FINALIZACIÓN INTENSIVA EN VERANO

Ana Mireya Romo Valdez

Con el objetivo de evaluar la disponibilidad de sombra y espacio vital en el corral de engorda, sobre bienestar y respuesta productiva de bovinos en finalización intensiva en trópico seco, durante la época de verano, se llevó a cabo un estudio observacional descriptivo con duración de seis semanas, en tres diseños de corral (Diseño 1, Diseño 2 y Diseño 3), con base en la infraestructura disponible en la UPP. El estudio incluyó 12 corrales, cuatro de cada diseño. Se registraron las variables conductuales (habituales, sociales y agonistas); climáticas (temperatura, humedad relativa e ITH); jadeos y puntaje de jadeo, en tres horarios (8:00, 12:00 y 16:00 h) y el tamaño de la giba (sin giba, giba media y giba grande). Una vez por semana se realizó la medición de lodo en dos corrales, de cada diseño en cinco puntos del corral. Las variables productivas se analizaron al final del periodo de engorda. Las variables climáticas son presentadas con la media, valor mínimo y máximo por semana y general. Para las variables conductuales y el jadeo, la unidad de observación fue cada corral, y los valores registrados se convirtieron a tasas y se analizaron utilizando el procedimiento RANK y se aplicó ANDEVA. El puntaje de jadeo se analizó mediante la prueba de ji-cuadrada, a través de tablas de contingencia 5x3. La profundidad del lodo y las variables productivas fueron analizadas mediante ANDEVA con el procedimiento GLM de SAS. En todos los análisis se fijó un alfa máximo de 0.05. Los valores promedio de la temperatura ambiental, la humedad relativa e ITH fueron de 34.6 °C, 67.3% y 87.3 unidades, respectivamente. El espacio vital mostró diferencia negativa promedio de 6.20 m²/cabeza. Las conductas habituales disminuyeron por efecto del valor elevado de ITH (89.6 unidades) a las 12:00 h (P<0.01). El comportamiento social se redujo a las 12:00 h (P<0.01). En las conductas agonistas se registró interacción entre hora del día x diseño de corral (P<0.03). La tasa de jadeo se incrementó a las 12:00 y 16:00 h (P<0.01). En el puntaje de jadeo influyó el diseño de corral, hora del día y tamaño de la giba (P<0.01). Se registró una mayor profundidad de lodo en el centro del corral (P<0.01). En las variables productivas se encontró diferencia estadística en el consumo de materia seca (P<0.01) y rendimiento en canal (P=0.02). Se concluye que las condiciones ambientales excedieron el límite de confort, y de manera general los bovinos estuvieron sometidos a estrés térmico por calor al superar las 87 unidades de ITH, que sumado a la diferencia negativa de espacio vital y de disponibilidad de sombra influyeron en el comportamiento habitual, social y agonista de manera negativa; el valor de ITH junto con el puntaje de jadeo son indicadores del bienestar en bovinos de engorda. Las variables de respuesta productiva no muestran contundencia para afirmar que fueron afectadas por el diseño del corral, al igual que el espacio vital, puesto que todos los diseños de corral, objeto de estudio, se excedió también la densidad de bovinos por metro cuadrado.

Palabras claves: bienestar bovino, corral de engorda, espacio vital, sombra, jadeo.

ABSTRACT

Effect of the type of shade and density in pens on welfare and productive response of cattle in feedlot in summer

Ana Mireya Romo Valdez

With the objective of evaluating the availability of shade and vital space in feedlot, on welfare and productive response of cattle in intensive dry tropic termination, during the summer season, a descriptive observational study was carried out with a duration of six weeks, in three pens designs (Design 1, Design 2 and Design 3), based on the infrastructure available at the farm. The study included 12 pens, four of each design. Were recorded behavioral variables (habitual, social and agonist); climatic (temperature, relative humidity and ITH); gasps and panting score, in three schedules (8:00, 12:00 and 16:00 h) and the size of the hump (without hump, medium hump and large hump). Once a week the mud measurement was carried out in two pens, of each design in five points of the pen. The productive variables were analyzed at the end of the fattening period. The environment variables are presented with the average, minimum and maximum value per week and general. For behavioral variables and gasping, the observation unit was each pen, and the recorded values were converted to rates and analyzed using the RANK procedure and ANOVA was applied. The panting score was analyzed using the chi-square test, using 5x3 contingency tables. The mud depth and the productive response were analyzed using an ANOVA with the GLM procedure of SAS. A maximum alpha of 0.05 was set in all analysis. The average values of the ambient temperature, relative humidity and THI were 34.6 ° C, 67.3% and 87.3 units, respectively. The living space showed an average negative difference of 6.20 m² / head. Habitual behaviors decreased due to the high value of ITH (89.6 units) at 12:00 h (P <0.01). The social behavior was reduced at 12:00 h (P <0.01). In agonist behaviors, interaction between time of day x pen design was recorded (P <0.03). The gasping rate increased at 12:00 and 16:00 h (P <0.01). In the panting score, the design of the pen, time of day and size of the gib influenced (P <0.01). A greater depth of mud was recorded in the center of the pen (P <0.01). In the productive response a statistical difference was found in the dry matter intake (P<0.01) and carcass dressing (P=0.02). It is concluded that the environmental conditions exceeded the comfort limit, and in general the cattle were subjected to heat stress due to exceeding 87 units of THI, which added to the negative difference in living space and shade availability influenced the habitual, social and agonist behavior in a negative way; the value of ITH together with the panting score are indicators of well-being in fattening cattle. The variables of productive response do not show strength to affirm that they were affected by the design of the pen, as well as the living space, since all the designs of the pen, object of study, exceeded the density of cattle per square meter.

Keywords: bovine welfare, feedlot, living space, shadow, panting.

I. INTRODUCCIÓN

En Sinaloa en 2018, la producción de carne de bovino en canal fue de 106 289 t, equivalente al 5.4 % de la producción nacional (SIAP, 2019a). En el mismo año se registró una temperatura media de 24.8 °C en el municipio de Culiacán, Sinaloa (24° 48' 00" N; 107° 23' 00" O), con máxima de 41.8 °C durante el periodo primavera-verano-otoño y mínima de 4.8 °C durante la temporada de invierno (CIAD, 2018). La temperatura termo neutral de los bovinos productores de carne puede ser muy variada; en bovinos jóvenes la zona de confort oscila desde los 7 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 y color del pelaje que presenten los bovinos; llegando a tener dificultad para tolerar temperaturas superiores a los 27 °C, especialmente con valores de humedad relativa mayores a 40 % (Mader *et al.*, 2007).

La disminución de los indicadores de producción animal en regiones cálidas se ve afectada por diversos factores, siendo el principal el estrés calórico generado por las altas temperaturas ambientales (Renaudeau *et al.*, 2012). El estrés calórico se presenta una vez que la temperatura ambiental excede la zona termo neutral de los bovinos, lo cual les impide disipar el calor extra (Bernabucci *et al.*, 2010).

Los bovinos son animales homeotermos debido a su capacidad para mantener su temperatura termo neutral modificando procesos fisiológicos y conductuales, cuando se encuentran en estrés calórico, ya sea de forma directa o indirecta (Renaudeau *et al.*, 2012); de forma directa los bovinos comienzan a sudar y tienden a aumentar su tasa de respiración hasta llegar al jadeo (Bernabucci *et al.*, 2010; Renaudeau *et al.*, 2012); mientras que de forma indirecta pueden disminuir el consumo de alimento para reducir la energía consumida y por consiguiente el calor metabólico (Renaudeau *et al.*, 2012), ésta es la causa principal de la disminución de la productividad, que puede generar pérdidas económicas en la industria de la carne (Bernabucci *et al.*, 2010); si la temperatura corporal alcanza un nivel crítico, el animal puede morir debido a la falta de control sobre la regulación en este indicador fisiológico (Renaudeau *et al.*, 2012). En este sentido, Gaughan y Mader (2014), observaron que el jadeo es un indicador de estrés calórico en bovinos; al respecto, Renaudeau *et al.*

(2012), indicaron que el uso de sombras ayuda a mitigar el estrés calórico; de la misma manera, estudios como los de Mitlöhner *et al.* (2001), Mitlöhner *et al.* (2002), Gaughan *et al.* (2010), Blaine y Nsahlai (2011) y Sullivan *et al.* (2011), conciden en que la disponibilidad de sombra ayuda al ganado a mitigar la carga de calor, así como a incrementar el consumo de materia seca (CMS), la ganancia diaria de peso (GDP), llegando a finalizar a los bovinos en menos tiempo y se obtienen canales más pesadas, comparadas con las producidas en condiciones de espacios no sombreados; en cuanto a los indicadores de estrés calórico en los animales sombreados, tienen una mejor respuesta fisiológica comparada con los no sombreados, representada a través de un bajo puntaje de jadeo. Sullivan *et al.* (2011), refieren que la cantidad de sombra disponible no afecta el rendimiento productivo de los bovinos bajo sombra, pero mejora las condiciones de bienestar a partir de los 2 m² de sombra disponible por animal.

Otro factor que puede influir en el bienestar animal, es la densidad por corral de engorda, esto debido a que los bovinos pueden tener mayor libertad para expresar su comportamiento innato, tal como lo establece una de las “cinco libertades” de los animales, esto es, libre de expresar su comportamiento natural (Recuerda, 2003; OIE, 2013). Ha *et al.* (2018), en un estudio realizado sobre la densidad en el corral de engorda de bovinos, relacionaron que, al aumentar el espacio por bovino, estos muestran mejor comportamiento relacionado con el bienestar. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la disponibilidad de sombra y espacio vital en el corral de engorda sobre el bienestar y respuesta productiva de bovinos en finalización intensiva en el trópico seco durante la época de verano.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Producción de carne de bovino

La producción mundial de carne bovina en 2016 fue de 60.5 millones de t, destacan Estados Unidos, Brasil, Unión Europea y China como los principales productores; donde Estados Unidos fue el principal productor de carne bovina a nivel mundial al poseer el 9.3 % de cabezas del inventario, aportando con ello el 18.8 % de la producción (FIRA, 2017).

Durante el mismo año México participó con un 3.1 % de la producción mundial, posicionándose en el octavo lugar (FIRA, 2017), con una producción de 1'879,318 t con 7'957,971 cabezas (SIAP, 2019b).

En 2018 se tuvo una producción nacional de 1'980,205 t de carne en canal bovina (SIAP, 2019b), destacando Veracruz, Jalisco, San Luis Potosí, Sinaloa y Chiapas con el 13.0, 12.0, 6.1, 5.4, 5.3 %, respectivamente (SIAP, 2019a); por otro lado, las cifras preliminares hasta agosto de 2019 reflejan una producción de 1'319,923 t (SIAP, 2019b), lo que corresponde al 66.7 % de la producción de 2018; hasta el momento los estados que se posicionan en los primeros lugares son Veracruz, Jalisco, San Luis Potosí, Sinaloa y Chiapas, nuevamente con el 13.2, 11.9, 6.0, 5.3 y 5.3 %, respectivamente (SIAP, 2019a).

Entre 2007 y 2016 la producción cárnica ha crecido a una tasa media anual de 1.6 %, debido a que la disponibilidad de alimento para el ganado ha permitido retrasar el tiempo a sacrificio de los bovinos, aumentando su permanencia en el corral de engorda, llegando a sacrificio con un peso mayor; por otro lado, el consumo *per cápita* de carne de res se ha reducido en 2.1 % en promedio anual, al disminuir de 18.0 a 14.8 kg/persona/año, resultando en un consumo de carne bovina menor a la producción; así mismo, las exportaciones, crecieron en promedio anual 27.1 %, llegando a 183 mil t en 2016; en este mismo año se exportó el 9.7 % de la producción nacional, porcentaje que ha crecido desde 2007, año en el cual se exportaba el 1.7 %; en dirección contraria a las exportaciones las importaciones han disminuido de 285 mil t en 2007 a 131 mil t en 2016 (FIRA, 2017). Según la Asociación Mexicana de Productores de Carne (AMEG, 2019) el volumen total de las exportaciones hasta julio de 2019 fue de 156,792.90 t, lo cual supera en 15.5 % lo registrado en 2018; esto

representó una ganancia para México de 9.6 % respecto al año anterior; en cuanto a las importaciones, hasta el momento se tienen un registro de 111,542.20 t, valor que se encuentra 1.0 % por debajo de lo importado en 2018.

En 2018 la producción de carne bovina en el estado de Sinaloa fue de 106,289 t, equivalente al 5.4 % de la producción nacional, ubicándose en el quinto lugar; en este mismo periodo, se registró un estimado de 357,519 cabezas de ganado en corral de engorda; hasta agosto de 2019, Sinaloa se encontraba en la cuarta posición nacional con una producción de 70,155 t de carne de bovino, lo cual equivale al 5.3% de la producción nacional (SIAP, 2019a).

2.1.1 Importancia de la carne de bovino en la seguridad alimentaria

Según la FAO (1996), la seguridad alimentaria se refiere a la disponibilidad de alimentos inocuos y con el valor nutricional necesario para satisfacer las necesidades para que el ser humano realice sus actividades cotidianas, así como mantener una vida sana.

El ser humano depende de diversos nutrimentos para realizar sus actividades cotidianas de forma correcta; estos son adquiridos a través de una dieta balanceada tal como lo establece la NOM-043-SSA2-2005; esta dieta debe incluir proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales, los cuales provienen de diversas fuentes alimenticias (Rubio *et al.*, 2013); siendo una de estas la carne, debido a que contiene vitamina B₁₂ y Fe, los cuales no se encuentran disponibles en los alimentos de origen vegetal (Rubio *et al.*, 2013; FAO, 2015). La FAO (2015), indica que 100 g de carne de res (magra) contienen aproximadamente 75 % de agua, 22.3 % de proteínas, 1.8 % de lípidos y 1.2 % de cenizas; la carne aporta diferentes aminoácidos, entre los cuales se encuentran de mayor a menor concentración el ácido glutámico, ácido aspártico, lisina, leucina, arginina, alanina, valina, isoleucina, treonina, fenilalanina, tirosina, histidina, metionina, cistina y triptófano; también contienen diversas vitaminas, tales como la betaina, ácido fólico, niacina, B₁₂, B₆, ácido pantoténico, riboflavina y tiamina (Rubio *et al.*, 2013).

2.1.2 Características generales del sistema de producción intensiva de carne de bovino en corral (*Feedlot*).

El *Feedlot* es un sistema de engorda intensivo de corta duración, el cual genera un suministro de carne constante, cubriendo así los requerimientos del mercado; esto se logra a través de una buena gestión, buenas atenciones médico veterinarias y raciones equilibradas nutricionalmente, para lograr mayor ganancia de peso en comparación con un sistema extensivo de producción de carne bovina (INMA, 2008).

Las instalaciones están constituidas por corrales que proporcionan el espacio vital por animal, así como la sombra requerida; el suministro de agua debe estar presente en los corrales a una distancia adecuada del comedero para mantener el abrevadero limpio y con abundancia de agua; otro componente de los corrales es el comedero, el cual debe permitir que entre el 65 al 75 % de los bovinos se alimenten al mismo tiempo (Pordomingo, 2004; INMA, 2008); también se cuenta con corrales de recepción, los cuales tienen la finalidad de recibir a los bovinos de nuevo ingreso durante un periodo de adaptación, para luego, ser trasladados al corral de manejo donde se realizan medidas profilácticas para enseguida ser asignados a un corral de engorda específico (Pordomingo, 2004).

El sistema de alimentación de bovinos en los corrales de engorda intensiva, en su formulación incluye principalmente granos, forrajes, ingredientes proteicos, vitaminas, minerales y aditivos que promueven con mayor efectividad la ganancia de peso (Pordomingo, 2004; INMA, 2008).

2.2 Bienestar animal

El término bienestar animal, se refiere a que los animales se encuentren sanos, cómodos, nutridos y resguardados, de manera que puedan expresar su comportamiento natural o innato (OIE, 2013); este término se empezó a utilizar en los países europeos tras la preocupación por los animales de producción (Fraser *et al.*, 1997; Recuerda, 2003), creando en 1965 estándares mínimos para el bienestar animal, los cuales incluían salud física y mental, así como asegurar que las necesidades específicas de los animales fueran oportunamente satisfechas (Recuerda, 2003). Pero no fue hasta 1993, que el Consejo Británico para el bienestar

animal de granja (FAWC) reconoció los estándares mínimos para el bienestar animal como las “cinco libertades”: 1) libres de sed, hambre y malnutrición; 2) libres de incomodidad; 3) libres de dolor, heridas y enfermedad; 4) libres para expresar su comportamiento normal y 5) libres de miedo y angustia; proporcionando así cinco estándares que de cumplirse cubrirían las necesidades de los animales (Recuerda, 2003; OIE, 2013).

Es debido a estas “cinco libertades” que para mantener un estado de bienestar animal en las engordas intensivas se requiere de Médicos Veterinarios Zootecnistas habilitados para la prevención de las enfermedades y para aplicar los tratamientos específicos necesarios en caso de presentarse alguna enfermedad; deben estar capacitados para detectar y proteger a los animales de factores estresantes durante el manejo, alojamiento y nutrición, de acuerdo con las necesidades de la especie y finalmente, llevar a cabo un procedimiento de sacrificio humanitario (OIE, 2013) establecidos en la normativa vigente aplicable a México, tal como lo indica la NOM-033-SAG-ZOO-2014.

2.2.1 Indicadores de bienestar animal

Los bovinos son animales que se agrupan en manadas, facilitando así su traslado de un lugar a otro; si estos bovinos son aislados de su grupo, comienzan a presentar señales de estrés por querer reunirse con su manada, puesto que son animales temerosos que se sienten seguros rodeados de su grupo; para que estos grupos sean funcionales debe existir un rango de jerarquías (nivel de dominancia) donde los animales con más alto nivel jerárquico son aquellos que consumen alimento y agua primero, así como los que poseen el mejor lugar para descansar (Méndez *et al.*, 2013).

Conductas como acercamientos, amenazas, luchas y huidas, presentadas de forma agresiva o sumisa, son consideradas conductas agonistas en los bovinos, con el fin de establecer dominancia sobre animales con un nivel de jerarquía menor, esta conducta puede ser clasificada como amenaza y contacto físico (Sampedro y Cabeza, 2010).

2.3 Respuesta fisiológica al estrés calórico

El estrés calórico, puede ser definido como una condición fisiológica donde el bovino tiene problema para mantener su temperatura corporal, debido a que la temperatura ambiental está por encima de su zona de confort, provocando una carga de calor total que el animal no puede disipar sin gasto energético adicional, esto genera problemas fisiológicos y respuestas conductuales para disminuir los efectos del estrés calórico (Bernabucci *et al.*, 2010). Esta condición produce un impacto negativo en los indicadores productivos de los animales y en consecuencia pérdidas económicas para la industria de la carne (O'Brien *et al.*, 2010; Renaudeau *et al.*, 2012).

Los rumiantes son animales homeotermos, que para mantener la homeostasis responden con cambios fisiológicos y conductuales en ambientes donde la temperatura se encuentra fuera de su zona termo neutral; cuando la temperatura ambiental se eleva, la respuesta fisiológica inmediata se manifiesta mediante el aumento de la frecuencia respiratoria, disminución del consumo de alimento, así como un aumento de consumo de agua (Bernabucci *et al.*, 2010), incluso, pueden llegar a morir cuando la temperatura ambiental es extrema (Brown-Brandl *et al.*, 2005). Tanto la frecuencia respiratoria como el jadeo son indicadores apropiados para medir la intensidad del estrés calórico que sufren los bovinos (Brown-Brandl *et al.*, 2005; Gaughan y Mader 2014); sin embargo, debido a la elevada tasa metabólica que poseen los bovinos altamente productores, son más susceptibles al estrés calórico (Bernabucci *et al.*, 2010).

2.3.1 Cambios hormonales

Al presentarse un aumento en la temperatura ambiental y por consiguiente en la temperatura corporal de los bovinos, disminuye la producción de las hormonas tiroxina (T4) y triyodotironina (T3) (Arias *et al.*, 2008); esto coincide con un estudio realizado por Morais *et al.* (2008), donde determinaron que durante el estrés calórico la concentración plasmática de T4 se reduce, afectando los cambios de aclimatación de los bovinos; de igual forma la T3 se encuentra disminuida generando la reducción metabólica durante el estrés calórico.

Otras hormonas involucradas en la respuesta al estrés calórico, son los glucocorticoesteroides; durante el estrés calórico se registra un incremento en la secreción de cortisol, pero después de una exposición prolongada a dichas condiciones la concentración de cortisol es regulada por el organismo; dicha hormona esta relacionada con los cambios fisiológicos que el organismo realiza para tolerar el calor excesivo (Arias *et al.*, 2008).

2.3.2 Cambios fisiológicos

Para disminuir el estrés calórico, los bovinos tienden a reducir su calor metabólico mediante diversos cambios fisiológicos, tales como la reducción de su actividad física, el aumento de sudoración e incremento en la frecuencia respiratoria (Morais *et al.*, 2008; Malafaia *et al.*, 2011; Valente *et al.*, 2015), ya que mediante la respiración, sudoración y jadeo, el bovino pierde calor a través de la evaporación (Bernabucci *et al.*, 2010); cuando los valores de humedad relativa (HR) son altos en algunas épocas del año, el mecanismo de termorregulación es insuficiente y bajo estas condiciones el rumiante tiende a incrementar la frecuencia respiratoria, que a su vez influye en el incremento de la temperatura rectal en 0.022 °C por cada respiración/minuto extra, debido al calor producido por las contracciones musculares durante dicho aumento respiratorio (Morais *et al.*, 2008). Otro cambio presente en los bovinos bajo estrés calórico, es la redistribución del flujo sanguíneo, puesto que éste es dirigido a la piel y extremidades, para reducir el calor corporal a través de la convección (Cunningham, 1999; Valente *et al.*, 2015); así mismo, se reduce el tiempo de rumia para disminuir la actividad muscular que esto representa y por consiguiente el calor producido durante dicha actividad; de igual manera, se ve afectado el consumo de alimento, el cual puede llegar a reducirse hasta en un 30 % (Malafaia *et al.*, 2011).

2.3.3 Cambios conductuales

Las conductas realizadas por los bovinos para mitigar el estrés calórico, 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 frente al estrés calórico, 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 día (Ferreira *et al.*, 2014). Brown-Brandl *et al.* (2006), mencionan que los bovinos en estrés por calor disminuyen su tiempo de consumo de alimento, así como el tiempo en que permanecen echados; indican también, que los bovinos en estrés calórico disminuyen su comportamiento agonista contra sus compañeros de corral, con la finalidad de permanecer inmóviles en lugares más frescos.

2.4 Zona termo neutral para el ganado bovino

Diversos estudios han establecido que los bovinos tienen un mejor desempeño en una zona termoneutral de 20 °C, pero puede variar desde los 10 a los 26 °C; por ejemplo, en bovinos jóvenes la zona de confort oscila desde los 7 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; sin embargo, tienen dificultad para tolerar temperaturas superiores a los 27 °C, especialmente con valores de humedad relativa mayores a 40 %; cuando la temperatura ambiental supera la zona de confort y la humedad relativa es elevada, los bovinos comienzan a tener dificultades para autoregularse y esto desencadena el estrés calórico, que puede manifestarse en la reducción del consumo de alimento y por consiguiente una menor GDP (Mader *et al.*, 2007; Lagos *et al.*, 2014).

2.4.1 Balance térmico y temperatura corporal

Los bovinos tienen una temperatura corporal que puede variar desde los 37.8 a 40 °C, dentro de este rango, el organismo puede cumplir con sus funciones celulares y bioquímicas de manera eficaz, debido a ello, los bovinos tienen la necesidad de generar o disipar el calor hacia el medio ambiente (Arias *et al.*, 2008).

Cuando se enfrentan a diversas condiciones ambientales a las que no están adaptados tienden a alterar sus mecanismos fisiológicos, conductuales y de

productividad, con la finalidad de mantener una temperatura corporal adecuada (Arias *et al.*, 2008), por esta razón, se activan mecanismos de termorregulación los cuales ayudan a conservar la temperatura corporal (Sanmiguel y Ávila, 2011), principalmente la convección, conducción, radiación y evaporación, son las formas en que los bovinos disipan el calor (Cunningham, 1999; Collier *et al.*, 2006; Sanmiguel y Ávila, 2011); por otro lado, algunas maneras de aumentar el calor metabólico es a través de la contracción muscular y la vasoconstricción cutánea (Cunningham, 1999), o bien mediante el consumo de alimento y la utilización de grasas de reserva (Sanmiguel y Ávila, 2011).

Tal como se muestra en la Figura 1, dentro de la zona termo neutral de los bovinos está la zona de confort, donde su producción calórica se mantiene basal; es dentro de estas condiciones ambientales, donde los bovinos pueden presentar su mayor potencial productivo; las condiciones de estrés térmico para el animal pueden ser por frío en el caso de una disminución de temperaturas o por calor en el caso de un aumento de esta misma; en las zonas $A \rightarrow B$ (temperaturas bajas) y $A' \rightarrow B'$ (temperaturas altas), los bovinos requieren esfuerzos mínimos para mantener la temperatura dentro de la zona termo neutral; en las zonas $B \rightarrow C$ los rumiantes necesitan activar cambios fisiológicos y de comportamiento que generen calor metabólico para conservar la temperatura corporal; en tanto que, de $B' \rightarrow C'$ el bovino cambia mecanismos fisiológicos y conductuales con la finalidad de disipar el calor extra en el organismo; en la zona $C \rightarrow D$ y $C' \rightarrow D'$ los bovinos tienden a enfrentar ineficazmente el estrés térmico (tanto por temperaturas bajas como temperaturas elevadas) para mantener las condiciones en las que el organismo puede subsistir, llegado un punto, donde el organismo supera dicha etapa y puede mantenerse vivo; el bovino muere por hipotermia o hipertermia, según sea el extremo térmico que esté presente (Arias *et al.*, 2008).

Es conocido que los animales bajo estrés calórico presentan un aumento en su consumo diario de agua (CDA) y por consiguiente una disminución del CMS, y ocurre lo contrario cuando estos se encuentran bajo estrés por frío, ya que al aumentar su CMS se buscan fuentes alimenticias que le ayuden a incrementar su energía

requerida, esto es debido a que el organismo requiere energía para mantenimiento con una menor digestibilidad alimentaria (Arias *et al.*, 2008).

Gracias a todos los mecanismos que realiza el bovino para disipar o generar calor, puede mantener un balance térmico; conocer este balance, es lo que permite a los productores establecer posibles riesgos de estrés, los cuales puede mitigar mediante decisiones estratégicas (Arias *et al.*, 2008).

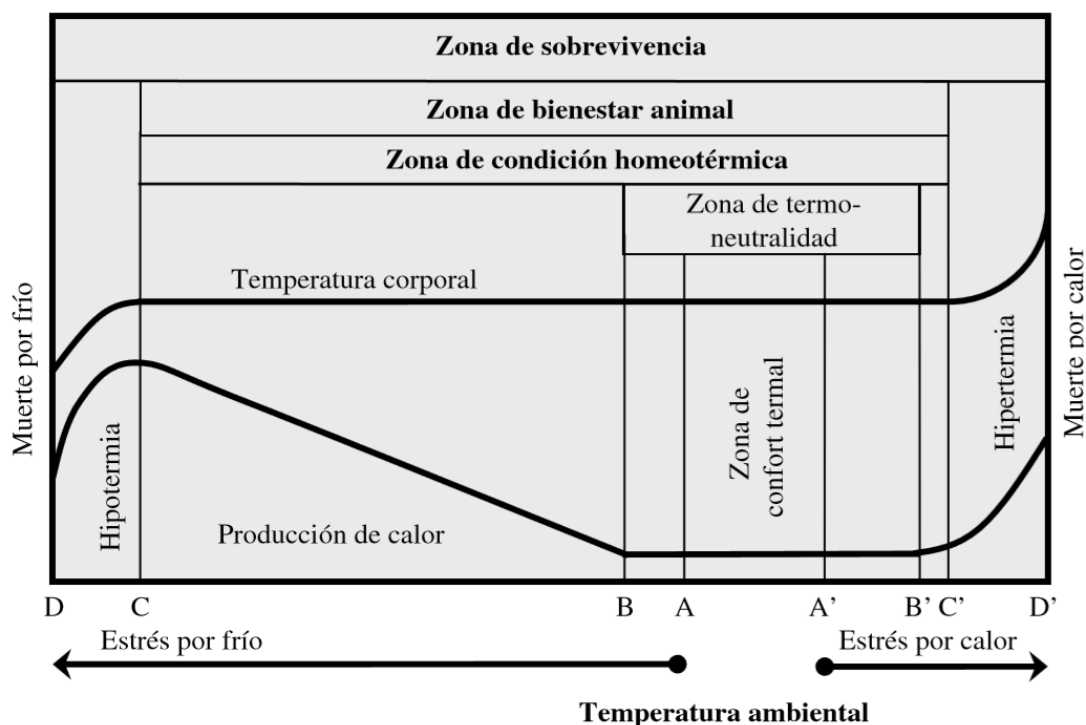


Figura 1. Representación esquemática de las condiciones ambientales críticas para la supervivencia animal (Arias *et al.*, 2008).

2.5 Índice de temperatura y humedad relativa: su efecto sobre la carga calórica de los bovinos

Las condiciones climáticas, especialmente la temperatura ambiental y la humedad relativa afectan la productividad de los bovinos (Olivares *et al.*, 2013), por tal circunstancia el índice de temperatura y humedad (ITH) ha sido un indicador utilizado durante más de cuatro décadas (desde que fue desarrollado por Thom en 1959) como una forma de medir el grado de estrés calórico al cual se encuentran sometidos los animales (Gaughan *et al.*, 2008; Olivares *et al.*, 2013); este se divide en diferentes categorías, dependiendo el valor que resulte de calcular el ITH a partir

de los valores de HR y temperatura ambiental; estas categorías son: confort, alerta, peligro y emergencia (Olivares *et al.*, 2013).

Por otro lado, el ITH normalmente utilizado no contiene otras variables climáticas como la velocidad del viento, la carga solar, factores de mitigación como la utilización de sombras y las características individuales de cada bovino (Gaughan *et al.*, 2008).

2.5.1 Efecto del estrés calórico en el comportamiento productivo

Un estudio realizado por Valente *et al.* (2015), mostró como los bovinos de razas especializadas en producción de carne tienden a disminuir el CMS en un 24 % en el consumo diurno y un 15 % al día bajo condiciones de estrés calórico, reduciendo así, la producción de calor metabólico. El consumo de agua aumenta debido a que se pierde a causa de las respuestas fisiológicas que el bovino pone en marcha para disminuir la temperatura corporal (Valente *et al.*, 2015); no sólo se afecta la cantidad de agua consumida, si no que la frecuencia de acceso al bebedero también se aumenta; a pesar de este incremento, cuando el valor del ITH indica que el bovino se encuentra en estado de emergencia, el bovino aparenta beber, pero no lo hace debido a una disminución de actividades del organismo, entre las que se incluye el consumo de alimento y el caminar (Pereyra *et al.*, 2010). Por otro lado, con la disminución de la rumia, el aumento de la frecuencia respiratoria y los jadeos, disminuye la concentración de HCO_3 con lo que se genera el riesgo de presentarse acidosis ruminal en los bovinos, que unido a la disminución de la rumia se reduce la interacción de alimento con las bacterias ruminales y promueve un mayor paso de partículas de mayor tamaño, llegando a afectar la GDP y por consiguiente la conversión alimenticia (CA) (Malafaia *et al.*, 2011). La frecuencia respiratoria se ve aumentada bajo condiciones de estrés calórico, ya que el bovino hace uso de la frecuencia respiratoria para incrementar la pérdida de calor a través de la evaporación (Morais *et al.*, 2008; Bernabucci *et al.*, 2010; Valente *et al.*, 2015). Así mismo, Valente *et al.* (2015), en un estudio observaron que animales de razas altamente especializadas en la producción de carne como la raza Angus, tienen frecuencia respiratoria elevada, incluso en temperaturas de confort debido a la alta tasa de ganancia de peso, lo cual genera actividades metabólicas elevadas y por consiguiente producción de calor metabólico.

2.6 Medidas de mitigación al estrés calórico

Como se ha mencionado anteriormente, los bovinos tienen la capacidad de subsistir en condiciones adversas de clima, para lo cual interfieren diversas características individuales; sin embargo, hay regiones geográficas donde es necesario implementar medidas de mitigación contra dichas condiciones adversas; una de las principales medidas de mitigación es la utilización de sombras en los corrales de engorda, puesto que ayuda a reducir el impacto de la radiación solar y así mismo la carga de calor (Arias *et al.*, 2008) llegando a reducirla hasta un 30 % (Brown-Brandl *et al.*, 2013).

2.6.1 Efecto de la sombra utilizada en corral de engorda

El proporcionar sombra en los corrales de finalización intensiva de ganado bovino influye en la disminución de pérdidas directas o indirectas para la ganadería (Brown-Brandl *et al.*, 2005). Renaudeau *et al.* (2012), indicaron que el uso de sombras ayuda a mitigar el estrés calórico; de la misma manera, Mitlöhner *et al.* (2001), observaron que los bovinos alojados bajo sombra proporcionada por tela de polipropileno al 80 % de filtración solar (FS) a una altura de 3 m, mostraron tasa de respiración menor, así como mayor CMS y GDP, llegando a peso de finalización 20 días antes que los bovinos no sombreados. Blaine y Nsahlai (2011), en Sudáfrica en época de invierno, donde proporcionaron 2.87 m² de sombra por cabeza, proveniente de lámina de fierro corrugada, colocada a 5 m de altura, observaron que los bovinos alojados bajo sombra obtuvieron mayor peso final que los alojados sin sombra, así como una mayor GDP y mejora en la conversión alimenticia; además, la diferencia del peso de las canales fue superior; en cuanto a la relación del estrés calórico, indicaron disminución del jadeo y aumento en el tiempo de reposo. En Australia, con novillos Angus, donde se proporcionó 3.3 m² de sombra por bovino, con tela de polipropileno negra al 80 % de FS a 4 m de altura, Gaughan *et al.* (2010), observaron menor temperatura corporal y jadeo en los animales alojados con sombra, así como mayor CMS, GDP, peso de finalización y peso de la canal caliente, con relación a los no sombreados. Sullivan *et al.* (2011), en una investigación valoraron la disponibilidad de sombra (0, 2.0. 3.3 y 4.7 m²/ animal) proporcionada por tela solar al 70 % de FS de

color negro a 4 m de altura; se demostró que el proporcionar sombra a los bovinos de engorda mejoró el bienestar y el rendimiento, mientras que las diferentes áreas de sombra/bovino no afectan las variables productivas, pero las sombras mayores a 2.0 m² producen mejor bienestar animal.

2.7 Densidad de bovinos en corral de engorda

2.7.1 Requerimientos de espacio vital

Es de importancia tomar en cuenta, durante la construcción de los corrales en engordas intensivas, que los bovinos en producción requieren un espacio vital donde puedan vivir expresando su comportamiento natural, mientras se mantienen dentro del ciclo de finalización (Gasque, 2008); el espacio vital requerido para los animales de engorda es de 18.5 m² por animal, pero este se puede modificar según el peso de los animales, llegando a requerir 15 m² por animal cuando pesan 300 kg o menos y 20 m² por animal mayores a 400 kg de peso; es por esto, que la cantidad de bovinos por corral se debe establecer en función a los m² de superficie disponible en el corral de engorda (Lagos *et al.*, 2014).

2.7.2 Requerimientos de espacio de comedero

Durante la alimentación los animales tienden a presentar su conducta jerárquica, debido a que los animales con un mayor rango se alimentan primero (Méndez *et al.*, 2013); el espacio requerido por los animales puede variar entre animales jóvenes y animales de talla grande; para los animales jóvenes se requiere un espacio lineal de 0.45 m por animal, mientras que los animales de más de 300 kg requieren espacio de 0.70 a 0.90 m lineales por animal (Gasque, 2008; Lagos *et al.*, 2014).

2.7.3 Requerimiento de espacio de bebedero

Los bebederos son una parte importante de los corrales de engorda, ya que brindan agua, fresca y limpia, a los animales en las cantidades necesarias para ellos, por lo que el tamaño requerido de bebederos es de 30 cm² por cada 10 animales; estos no deben de ser profundos, para evitar el estancamiento del agua y por

consiguiente su contaminación, ofreciendo agua menos fresca para los bovinos (Lagos *et al.*, 2014).

2.7.4 Requerimientos de espacio de sombra

Dentro de los requerimientos para un corral de engorda se necesita la presencia de sombra para los bovinos; el espacio recomendable de sombra por animal es de 3.7 m² en animales adultos (Gasque, 2008; Lagos *et al.*, 2014); esta sombra debe tener al menos 4 m de altura para no interferir con el movimiento del aire, así como alcanzar mayores proyecciones de esta misma; se puede incluir en la estructura de la sombra franjas de 15 cm sin sombra (Lagos *et al.*, 2014).

2.7.5 Efecto de la densidad de bovinos en el corral sobre el desempeño productivo y bienestar animal

La información científica acerca del efecto de la densidad en corral de engorda y su relación con el desempeño productivo de los bovinos es limitada; en tal sentido Ha *et al.* (2018), llevaron a cabo una investigación acerca de la densidad y la respuesta productiva de los bovinos; en dicho estudio los autores afirman que al aumentar el espacio por animal en los corrales de engorda puede representar mejoras en el bienestar de los bovinos, ya que estos pueden expresar su comportamiento natural, tienden a aumentar su comportamiento social y disminuyen las conductas agonistas, las cuales suelen presentarse en corrales con un menor espacio vital por animal; en el estudio ya referido, también se observó una mejora en las características de la canal, tales como el área del ojo de la costilla (AOC) y el porcentaje de marmoleo; en otro estudio, realizado por Lee *et al.* (2012), encontraron que una baja densidad por corral ayuda a que los bovinos crezcan a mayor velocidad, obtener AOC de mayor tamaño, mejorar la eficiencia alimenticia, la GDP y mejorar el peso de las canales.

2.8 Presencia de lodo en el corral de engorda

Grandin (2016), menciona que al exceder los 51 cm de precipitación anual se dificulta mantener seca la superficie de los corrales; sin embargo, al disminuir la

densidad (aumentar el espacio vital por animal) por corral se ayuda a reducir la presencia de lodo (Mader, 2011; Mader y Colgan, 2007).

2.9 Características fisiográficas del clima de la región

Según la clasificación de Köppen el clima del valle de Culiacán, Sinaloa, México, se cataloga como $BS_1(h')w(w)(e)$; conforme a esta clasificación se aprecia que las condiciones climáticas se ubican en el grupo B, el cual se refiere a climas secos, sin embargo, en la clasificación BS se especifica un tipo de clima seco estepario, esto debido a la precipitación anual, con lo cual se ubica entre los climas muy áridos BW y los húmedos A o C; por tal motivo, se genera un subtipo de clima semiseco BS_1 por no ser un clima tan seco; la simbología (h') se designa por ser clima cálido con temperatura media anual arriba de los 22 °C y una temperatura media de 18 °C en el mes más frío; la presencia de lluvias es durante el verano y la precipitación es diez veces mayor en el mes más húmedo de la época más cálida del año en comparación con el mes más seco, así como menos del 5% de lluvias registradas durante el invierno, se representa con el símbolo w(w); finalmente el símbolo (e) indica una oscilación térmica extremosa de entre 7 y 14°C entre las temperaturas medias mensuales anuales; por todo lo anterior da como resultado un clima semiseco muy cálido extremoso con lluvias de verano con una precipitación invernal con respecto al total anual menor a 5% (García, 2004; Estación climatológica de la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa, 2019).

III. HIPÓTESIS

La disponibilidad de sombra y espacio vital favorecen el bienestar y mejoran la respuesta productiva de bovinos en finalización intensiva en trópico seco durante la época de verano.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la disponibilidad de sombra y espacio vital en el corral de engorda sobre bienestar y respuesta productiva de bovinos en finalización intensiva en trópico seco durante la época de verano.

4.2 Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de la disponibilidad de sombra y espacio vital en indicadores de bienestar de ganado bovino en finalización intensiva durante la época de verano.
2. Determinar la profundidad de la capa de lodo de acuerdo con el diseño del corral de engorda en la época de verano.
3. Evaluar el efecto de la disponibilidad de sombra y espacio vital en el consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y rendimiento en canal en ganado bovino en finalización intensiva durante el verano.

V. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Localización del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Unidad de Producción Pecuaria (UPP) Agropecuaria JS SA de CV, ubicada en el km 18 de la carretera Internacional al sur de la ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa, en el poblado Los Becos. La UPP se localiza entre las coordenadas $24^{\circ} 38' 58''$ N y $107^{\circ} 17' 10''$ O; con una altitud promedio de 70 m sobre el nivel del mar y condiciones de trópico seco ($BS_1(h')w(w)(e)$); la temperatura media anual es de 25°C , la temperatura mínima promedio es de 10.5°C en el mes de enero y las máximas promedio pueden ser mayores a 36°C durante los meses de mayo a julio. La humedad relativa promedio anual en la región es de 68 % con máximas de 98 % y mínimas de 14 % (CIAD, 2018). Imágenes satelitales muestran que los corrales de engorda de la UPP se encuentran localizados entre un punto geográfico al Este cuya altura es de 71 msnm y un punto geográfico al Oeste de 72 msnm, al Norte y Sur la altura es de 69 y 64 msnm, respectivamente; la mayor parte de los corrales se ubican en una planicie de 65 msnm; al extremo Oeste se ubica una elevación de 135 msnm (Figura 2).

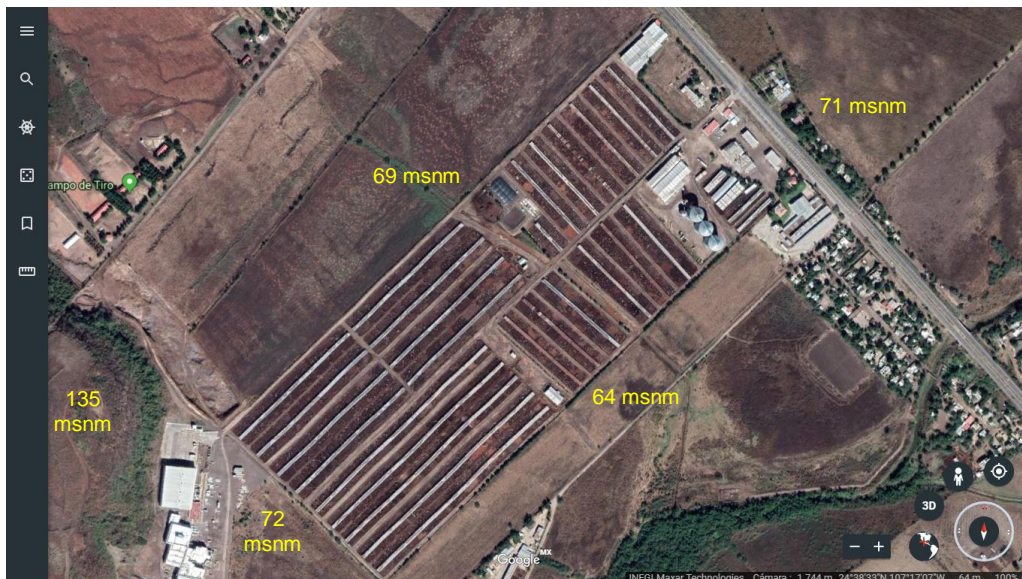


Figura 2. Ubicación geográfica y altura sobre el nivel del mar de la UPP por medio de imagen satelital.

5.2 Características de los corrales

Los bovinos fueron alojados en tres tipos de diseño de corrales de finalización intensiva que corresponden a la infraestructura disponible para la producción de carne bovina en la UPP según el tiempo en que se construyeron: diseño 1 (etapa inicial de la UPP), diseño 2 (etapa intermedia de la UPP) y diseño 3 (etapa reciente de la UPP); las características de los corrales se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características de los tipos de corrales de finalización intensiva en la UPP ubicada en el trópico seco.

Característica	Tipo de corral		
	D1	D2	D3
Superficie disponible, m ²	883.67	925.03	1335.07
Capacidad del corral/bovinos*	48	50	72
Número de bovinos alojados	67	71	89
Espacio vital, m ² /bovino	13.14	13.13	15.16
Sombra disponible, m ²	134.75	137.57	192.32
Superficie de sombra disponible, %	15.29	14.87	14.4
Espacio de sombra, m ² /bovino	2.01	1.95	2.18
Orientación de la sombra	N a S	N a S	E a O
Longitud de bebederos, m	6.0	6.0	6.0
Longitud de comederos, m	22.39	22.9	32.05
Comedero disponible (cabezas)**	41	42	58

D1: Diseño 1 (etapa inicial de la UPP); D2: Diseño 2 (etapa intermedia de la UPP); D3: Diseño 3 (etapa reciente de la UPP).

*Se consideran 20 m²/bovino (Gasque, 2008; Lagos *et al.*, 2014).

**Se consideran 0.55 m/cabeza.

5.3 Procedimiento

El estudio observacional descriptivo se llevó a cabo durante seis semanas en la época de verano, el cual contó con una fase preliminar del 10 al 20 de julio del 2018; y una fase observacional del 6 de agosto al 14 de septiembre del 2018.

En dicho periodo de observación se realizaron visitas de lunes a viernes; durante este periodo se revisaron cuatro corrales por cada sitio de finalización, elegidos por conveniencia (seleccionados de acuerdo a la etapa de finalización y sexo); identificados mediante la siguiente nomenclatura, con base en las etapas de crecimiento de la infraestructura de la UPP: diseño 1, diseño 2 y diseño 3 (Figura 3). El orden de los corrales, observados por día, fueron aleatorizados dentro de cada

diseño; de igual manera, el orden de observación de los diseños de corral al día fueron sorteados, así como el orden de corrales por diseño, de manera que se observaron seis corrales al día, dos de cada diseño, durante 10 min cada uno, para visualizar a todos los bovinos.



Figura 3. Ubicación de los corrales objeto de estudio por diseño de corral en la UPP.

Una semana antes de iniciar con las observaciones se llevó a cabo una visita de reconocimiento, durante la cual se registraron las características generales del ganado: número de bovinos alojados por corral, sexo, tamaño de la giba, así como las condiciones generales de los alojamientos: número y ubicación de corral, dimensiones, disponibilidad y tipo de sombra, disponibilidad y tipo de comedero, disponibilidad y tipo de bebedero (Cuadro 1).

En cada visita se aplicó una guía de verificación (Anexo I) para registrar las pautas conductuales del ganado bovino en los corrales de finalización durante tres horarios al día (8:00 h, 12:00 h y 16:00 h).

La temperatura y la humedad relativa se midieron mediante termohigrómetros digitales (Avaly Taylor, Modelo Número VA-EDT- 1-55^a, CDMX, México) colocados dos por cada diseño de corral. El índice de temperatura y humedad (ITH) se calculó utilizando la fórmula: $ITH = [0.8 \times T] + [(HR \div 100) \times (T - 14.4)] + 46.4$ (Mader *et al.*, 2006), donde T es la temperatura ambiente en grados Celsius y HR es la humedad relativa en porcentaje.

Mediante la guía de verificación se registraron las pautas habituales (A), sociales (B) y agonistas (C), relacionadas con el bienestar animal en el corral de finalización (Marti *et al.*, 2015). El registro de los indicadores se realizó mediante el siguiente procedimiento:

A) Indicadores habituales (Figura 4): se registró la frecuencia de conductas habituales como bovinos comiendo, bebiendo, rumiando, bajo sombra y de pie.

B) Indicadores sociales (Figura 5): se registró la frecuencia de comportamientos sociales basados en el protocolo Welfare Quality (2009), acicalamientos, cuando un animal tocó con su lengua cualquier parte del cuerpo (cara, cabeza, torso, piernas, cola) de otro compañero de grupo o a sí mismo, excepto 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 se registra como una nueva acción; un nuevo evento comienza, si el actor lame a otro receptor o si hay un cambio de roles entre actor y receptor.

C) Indicadores agonistas (Figura 6): se registró la frecuencia de manifestación de conductas agonistas como topetazos, amenazas (el intento de agresión por parte de un bovino de mayor jerarquía dentro de un grupo social a otro de menor rango jerárquico), frecuencia de montas y signo de Flehmen; definiendo a esta como la reacción que se genera al oler la orina, heces, moco y/o la región de vulva que contienen feromonas sexuales; durante esta reacción el bovino eleva su cabeza, frunce la nariz, contrae y eleva su labio superior, mueve la lengua y la coloca sobre la parte anterior del paladar para frotar la papila incisiva del paladar (Doving y Trotier, 1998).



Figura 4. Conductas habituales del ganado bovino en corral de engorda intensiva. A) Comiendo; B) Bebiendo; C) De pie; D) Bajo sombra.



Figura 5. Indicador social. Bovino de pie acicalando a bovino echado.

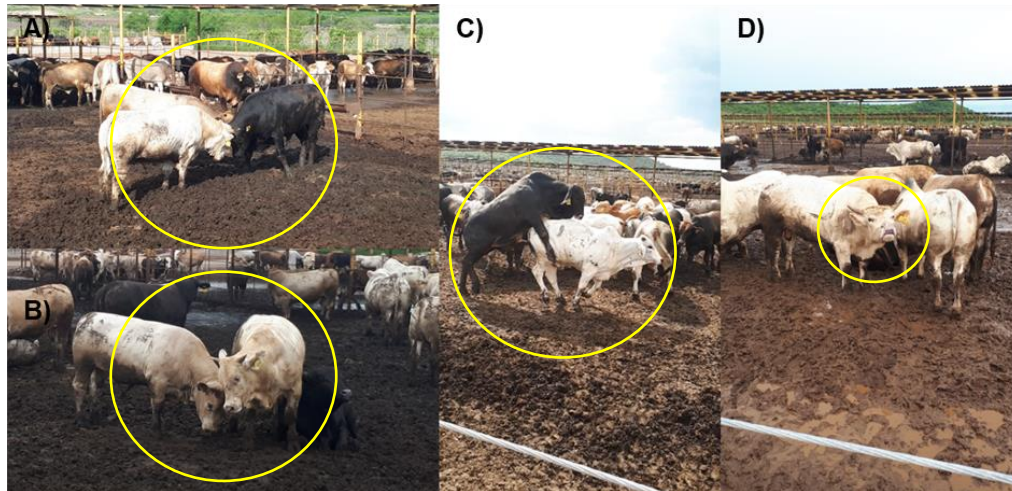


Figura 6. Indicadores agonistas. A) Topetazos; B) Amenazas; C) Montas; D) Signo de Flehmen.

En el Cuadro 2 y Figura 7 se describe la escala para asignar puntaje de jadeo a los bovinos en corral de engorda intensiva de acuerdo con la metodología propuesta por Mader *et al.* (2002) y Mader *et al.* (2006).

Para el caso de la presente investigación, los bovinos se asignaron a tres categorías: sin giba, giba media y giba grande, de acuerdo con la apreciación visual del tamaño de la giba en correspondencia a la dominancia genética de *Bos taurus* o *Bos indicus*; diariamente se observaron seis bovinos en cada corral, en proporción a cada número de bovinos observados en cada categoría dentro de cada corral.

Cuadro 2. Puntajes de jadeo en bovinos productores de carne en corral de engorda intensiva.

Puntuación	Descripción
0	Respiración normal.
1	Respiración elevada.
2	Moderado jadeo y/o presencia de baba o pequeña cantidad de saliva.
3	Jadeo pesado con la boca abierta; saliva usualmente presente.
4	Jadeo severo con la boca abierta, acompañado de lengua sobresaliente y salivación excesiva; generalmente con el cuello extendido hacia adelante.

Fuente: Mader *et al.* (2002) y Mader *et al.* (2006).



Figura 7. Puntuación de jadeo en bovinos productores de carne en corral de engorda intensiva. A) 0; B) 1; C) 2; D) 3; E) 4.

Además durante la época de lluvias, una vez por semana, se midió la profundidad de la capa de lodo directamente en el piso del corral, mediante una regla graduada en centímetros; se eligieron cinco segmentos del corral con base en los puntos cardinales descritos en la Figura 8, donde se muestra como se realizaron mediciones en 6 corrales semanalmente, 2 por cada diseño de corral, aleatorizando el orden del diseño y corrales.

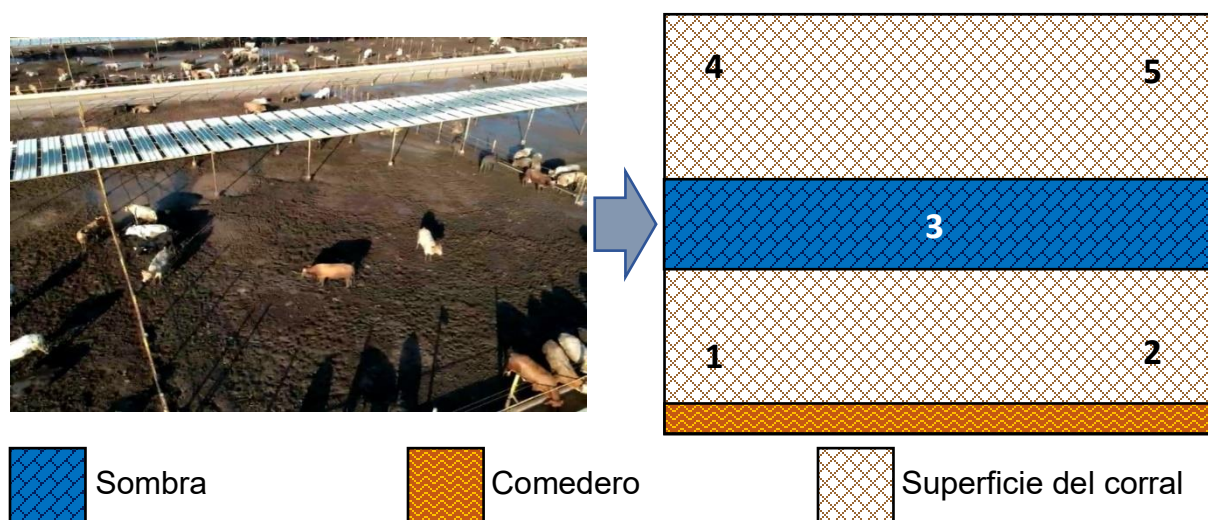


Figura 8. Puntos cardinales (cinco) donde se realizaron las mediciones de la profundidad del lodo (cm) dentro de los corrales evaluados.

Para el análisis de las variables productivas se incluyeron los resultados de 84 lotes correspondientes a la etapa de finalización, que estuvieron en los diseños de corrales evaluados. Con ayuda de los registros, que la empresa dispone, se obtuvieron los siguientes valores: peso promedio inicial (PPI) al dividir el peso inicial del lote entre el número de bovinos alojados; peso promedio final (PPF) se calculó mediante el procedimiento referido anteriormente, pero en lugar del peso inicial del lote se utilizó el peso obtenido durante el pesaje cuando se envió el ganado al rastro; ganancia diaria de peso (GDP) se calculó restando al PPF el PPI, y el resultado se dividió entre los días de engorda. El alimento servido se multiplicó por el porcentaje de materia seca (MS) y se dividió entre 100 para ajustar el contenido de MS, posteriormente se dividió entre el número de animales por corral para determinar el consumo de materia seca (CMS) por bovino, este resultado, se dividió finalmente entre los días de engorda para obtener el CMS/día; la conversión alimenticia se calculó con base al CMS/día entre la

GDP; por otro lado, la eficiencia alimenticia (EA) se obtuvo de dividir la GDP entre el CMS/día. En cuanto a las variables peso canal caliente (PCC) y rendimiento en canal, se obtuvieron de los datos proporcionados por el rastro Tipo Inspección Federal a la UPP; para propósito del análisis estadístico sólo se incluyeron los lotes que tuvieran más de 100 días en engorda.

5.4 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 = 100, 1 000 o 10 000.

Posteriormente, se generaron histogramas (Minitab, 2000) para observar la distribución de las frecuencias. Enseguida se utilizó el procedimiento UNIVARIATE con la 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 la transformación arcoseno raíz cuadrada del valor del conteo de la conducta y una vez transformadas las tasas, se utilizó nuevamente el procedimiento UNIVARIATE opción NORMAL de SAS (SAS, 2002) para conocer si se logró una aproximación a la distribución normal. 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, declarado en el siguiente modelo lineal general:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + H_j + CH_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde,

Y_{ijk} = Rangos de las tasas para la variable conductual.

μ = La media general.

C_i = El efecto fijo del i-ésimo diseño del corral.

H_j = El efecto fijo de la j-ésima hora de observación.

CH_{ij} = El efecto de la interacción del i-ésimo diseño del corral y la j-ésima hora de observación.

ε_{ijk} = El error aleatorio.

La comparación de medias para el diseño de corral y la hora se utilizó la prueba de Dunn (Bonferroni) (SAS, 2002). Los resultados en los cuadros se presentan con la mediana y rango intercuartílico de las tasas. Se presentan gráficas de efectos principales o efectos de interacción de las variables conductuales, elaboradas en Minitab 16.0 (Minitab, 2000), cuando el análisis de la varianza indicó diferencia estadística.

El puntaje de jadeo fue analizado mediante prueba de ji-cuadrada, a través de tablas de contingencia 5x3, las cuales contaban con cinco niveles de puntaje de jadeo (0-4) y 3 diseños de corral (diseño 1, diseño 2 y diseño 3), tres horarios de evaluación (8, 12 y 16 horas) y tres clasificaciones de bovinos (sin giba, giba media y giba grande). Dado que hubo diferencia estadística altamente significativa, se realizaron pruebas de ji-cuadrada en cada uno de los puntajes de jadeo en cada uno de los factores. Los resultados en los cuadros se presentan con el porcentaje de observaciones por columna y el número de observaciones totales entre paréntesis.

La profundidad de lodo (cm) fue analizado mediante análisis de la varianza con el procedimiento GLM (SAS, 2002), declarando el modelo lineal general:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + C_j + PC_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde,

Y_{ijk} = Profundidad de lodo (cm).

μ = La media general.

P_i = El efecto fijo de la i-ésima posición dentro del corral.

C_j = El efecto fijo del j-ésimo diseño del corral.

PC_{ij} = El efecto de la interacción de la i-ésima posición dentro del corral y el j-ésimo diseño del corral.

ε_{ijk} = El error aleatorio.

En la comparación de medias para la posición dentro del corral y el diseño del corral se utilizó la prueba de Tukey-Kramer (SAS, 2002). Los resultados en los cuadros se presentan con la mediana y rango intercuartílico. Se presentan gráficas de efectos principales, elaboradas en Minitab 16.0 (Minitab, 2000), cuando el análisis de la varianza indicó diferencia estadística.

A las variables productivas se les generaron gráficas de puntos e histogramas con grupos y ajustes para observar la distribución de los datos; estos fueron realizados con Minitab 16.0 (Minitab, 2000). En seguida, se utilizó el procedimiento UNIVARIATE opción NORMAL de SAS (SAS, 2002) para conocer la aproximación a la distribución normal de los datos con la prueba de normalidad K-S. Al obtener normalidad en los datos se procedió a realizar la prueba de homocedasticidad (homogeneidad) de las varianzas con la prueba de BARTLETT. Posteriormente los datos fueron analizados mediante análisis de la varianza con el procedimiento GLM (SAS, 2002), declarado en el siguiente modelo lineal general:

$$Y_{ij} = \mu + C_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Valores de respuesta productiva.

μ = La media general.

C_i = El efecto del i-ésimo diseño del corral.

ε_{ij} = El error aleatorio.

En la comparación de medias para las variables de respuesta productiva de los diseños de corral se utilizó la prueba de Tukey-Kramer (SAS, 2002). Los resultados se presentan en cuadros con la media y la desviación estándar.

En todos los análisis estadísticos se utilizó un valor máximo de alfa de 0.05 para aceptar diferencia estadística. Se consideró como tendencia a la significancia estadística a valores de P mayores que 0.05 e iguales o menores que 0.10.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Variables climáticas

En el Cuadro 3 se presentan los promedios de la temperatura ambiental, humedad relativa e índice de temperatura y humedad (ITH) durante la época de verano en la UPP. Se observa que los valores promedio de la temperatura ambiental, la humedad relativa e ITH fueron de 34.6 °C, 67.3% y 87.3 unidades, respectivamente. Este último valor indica que durante el periodo de observación los bovinos estuvieron en la categoría de emergencia (ITH > 84; Mader *et al.*, 2006). De acuerdo con Arias *et al.* (2008) y Morais *et al.* (2008), el organismo animal establece respuestas fisiológicas y conductuales para afrontar las condiciones medio ambientales adversas; una de las primeras respuestas del bovino es aumentar la sudoración y la tasa de respiración hasta llegar al jadeo, mediante las cuales libera calor a través de la evaporación, sin embargo, el bovino también utiliza otros mecanismos como la convección, conducción y radiación para liberar calor metabólico extra.

Cuadro 3. Promedio de la temperatura ambiental, humedad relativa e índice de temperatura y humedad durante la época de verano en la UPP.

Semana ²	Temperatura °C			Humedad relativa, %			ITH ¹		
	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.	Media
1	25.0	40.6	33.4	50	85	66.8	75	98	85.4
2	27.6	41.2	34.5	51	81	66.0	79	96	87.1
3	26.6	43.1	35.2	48	81	64.6	77	99	87.6
4	23.9	45.8	33.9	52	85	66.3	74	101	86.1
5	24.4	43.1	35.2	54	93	71.6	75	100	89.0
6	27.1	46.3	35.3	60	81	69.3	78	103	88.9
General ³	23.9	46.3	34.6	48	93	67.3	74	103	87.3

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 ITH < 74; alerta 75 > ITH < 78; peligro 79 > ITH < 83; y emergencia ITH > 84. ²Para cada semana, n=90. ³General, n=540.

6.2 Disponibilidad de espacio vital y de sombra

En el Cuadro 4 se presentan los resultados correspondientes a la disponibilidad del espacio vital y de sombra en el corral de finalización intensiva de bovinos durante la época de verano; en relación con el bienestar animal se considera de importancia la disponibilidad de espacio vital, puesto que de este depende que los bovinos expresen su comportamiento innato (Gasque, 2008), y con ello se cumple con una de las cinco libertades que promueve la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE, 2013). En el presente estudio, se determinó que los bovinos alojados en los corrales del diseño 3 son los que disponen de mayor espacio vital en el corral de engorda, sin embargo, de acuerdo con SAGARPA (2014), el espacio no es suficiente para las condiciones climáticas de la zona tropical. Con base en lo anterior, en el presente estudio se determinó, que el espacio vital es inferior en 34.3 % al recomendado en los corrales del diseño 1, 34.5 % en los corrales del diseño 2 y 24.2 % en los corrales del diseño 3; el espacio vital recomendado para bovinos de 400 kg de peso vivo o más es de 20 m² (Lagos *et al.*, 2014).

El uso de sombra en el corral de engorda ha sido propuesto como una estrategia para mitigar el efecto del estrés térmico por calor en bovinos finalizados en condiciones de clima cálido y seco (Mitlöhner *et al.*, 2001). En el presente estudio se determinó, que en los corrales de diseño 1, la sombra disponible fue 45.7 % menor al mínimo recomendado (3.7 m²; Gasque, 2008; Lagos *et al.*, 2014), 47.3 % menor en los corrales del diseño 2 y 41.1 % menor en los corrales del diseño 3. En los corrales de diseño 3, el número de bovinos que permanecieron bajo sombra a las 16:00 h, es superior a la frecuencia de bovinos bajo sombra observada en los corrales de los diseños 1 y 2; a las 8:00 y a las 12:00, este comportamiento fue similar (Figura 9B). Este resultado puede estar asociado a que en los corrales del diseño 3 es mayor la superficie de sombra disponible, lo que permite que los bovinos se distribuyan más ampliamente bajo la sombra, de tal manera que al reducir el impacto de la radiación solar y de manera indirecta de la carga calórica, se reduce el puntaje de jadeo.

Cuadro 4. Disponibilidad de espacio vital y de sombra en el corral de finalización intensiva de bovinos durante la época de verano.

	Diseño de corral		
	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3
Bovinos, n	67	71	89
Peso final, kg	525.5	509.3	513.3
Superficie del corral, m ²	884	925	1335
Espacio vital, m ² /bovino	13.14	13.11	15.16
Espacio de sombra, m ² /bovino	2.01	1.95	2.18
Diferencia de espacio vital, m ² /bovino	-6.86	-6.89	-4.84
Diferencia de sombra, m ² /bovino	-1.69	-1.75	-1.52

Diseño 1: Etapa inicial de la UPP; Diseño 2: Etapa intermedia de la UPP; Diseño 3: Etapa reciente de la UPP.

6.3 Variables conductuales

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de los indicadores habituales, sociales y agonistas relacionados con el bienestar de los bovinos productores de carne en finalización intensiva. En la sección de anexos se presentan los Cuadros 9 y 10 (Anexos II y III) que muestran los valores mínimos, máximos y rango intercuartílico de los efectos principales e interacción, de los indicadores habituales, sociales y agonistas del comportamiento conductual de los bovinos productores de carne en finalización intensiva durante el verano, respectivamente; y son complementarios al Cuadro 5.

En dicho Cuadro se observa que, con base al valor de ITH, a las 8:00 h, los bovinos estaban en la categoría de peligro (ITH>79 y <83), mientras que a las 12:00 y 16:00 h, se encontraban en la categoría de emergencia (ITH>84; P<0.01); el valor promedio del ITH, en los tres diseños, mostró que los bovinos estuvieron en estado de emergencia, sin embargo, debido a la ubicación de los corrales en la UPP, el valor de ITH fue menor en el diseño 3 (85.6 vs. 87.8; P<0.01), esto puede deberse a que los corrales del diseño 3 están ubicados en la parte más alta de la UPP (75 vs. 65 msnm),

por lo tanto el área de ventilación natural es mayor y en consecuencia la disipación del calor.

Aunque en el cálculo del valor del ITH normalmente utilizado no incluye otras variables climáticas como la velocidad del viento, la carga solar, y factores de mitigación como la utilización de sombras y las características individuales de cada bovino (Gaughan *et al.*, 2008), este indicador ha sido utilizado durante más de cinco décadas (desde que fue desarrollado por Thom en 1959) como una forma de medir el grado de estrés por calor al cual se encuentran sometidos los animales.

En relación con los indicadores habituales, se observó efecto significativo de la interacción hora del día x diseño de corral en la variable bovinos comiendo (Cuadro 5; Figura 9-A; $P < 0.01$). A las 12:00 h, cuando el valor promedio del ITH fue de 89.6 unidades, la cantidad de bovinos que accedían al comedero se redujo en los tres diseños y, a la misma hora, disminuyó la presencia de bovinos en el bebedero (Cuadro 5; Figura 10-A; $P < 0.01$), esto es debido, posiblemente, a que el valor de ITH está ubicado en la categoría de emergencia (Mader *et al.*, 2006); bajo esta condición climática, a esta hora del día, los bovinos disminuyeron completamente esta actividad; lo anterior coincide con lo observado por Pereyra *et al.* (2010), quienes mencionan que al encontrarse los bovinos en estado de emergencia, disminuyen sus actividades habituales en las que se incluye beber agua, comer y caminar.

La variable bovinos bajo sombra (Cuadro 5; Figura 9-B) presentó diferencia estadística en la interacción hora del día x diseño del corral ($P < 0.01$); se observó que la menor tasa de bovinos bajo sombra, en los tres diseños de corral, ocurre a las 8:00 h, pero aumenta de forma similar en los tres diseños de corral a las 12:00 h y coincide con la disminución de la tasa de bovinos comiendo (Figura 9-A) y bebiendo (Figura 10-A); a las 16:00 h la tasa de bovinos bajo sombra disminuyó de manera similar en los diseños de corral 1 y 2, sin embargo, en el diseño 3 no se observó la misma tendencia, generando así la interacción, esto puede deberse a que en dicho diseño posee mayor espacio vital. El incremento de la proporción de bovinos bajo sombra, en los tres diseños de corral, también coincide cuando el valor del ITH es más elevado, por lo que los bovinos se refugian bajo la sombra para disminuir el impacto de la radiación solar

y reducir la carga de calor hasta en un 30 % (Arias *et al.*, 2008; Brown-Brandl *et al.*, 2013).

De igual manera, la interacción hora del día x diseño del corral fue significativa ($P < 0.01$) para la variable bovinos de pie (Cuadro 5; Figura 9-C). Se observó que la mayor tasa ocurre a las 8:00 h; y en el caso de los corrales del diseño 1 disminuye de manera constante hasta llegar a su menor número a las 16:00 h; comportamiento similar se observó a partir de las 12:00 h en el diseño de corral 2; pero, los bovinos de pie, en el diseño de corral 3 disminuye abruptamente a las 12:00 h, aunque hacia las 16:00 h la tasa disminuye en menor medida que en los otros diseños. Cabe destacar, que en esta época del año (verano lluvioso para el hemisferio norte) en el trópico seco ($24^{\circ} 38' 58''$ N y $107^{\circ} 17' 10''$ O), la presencia de lodo en los corrales de finalización tiene una profundidad de 15.5 cm (mediana) en el área que corresponde al espacio sombreado, lo cual impide que los bovinos descansen echados a la hora de mayor intensidad térmica (ITH=89.6 unidades). Al respecto, Grandin (2016) afirma que cuando la precipitación pluvial excede los 510 mm anuales en los corrales de engorda, se dificulta mantener la superficie regularmente seca, dado que se mezclan varios factores, como la acumulación de tierra, excretas y orina, así como la pendiente dentro del corral; que, en este último caso, en la mayor parte de los corrales, que fueron objeto de estudio, es menor al 5% y la precipitación pluvial media anual supera los 650 mm (Estación climatológica de la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa, 2019).

Cuadro 5. Indicadores habituales, sociales y agonistas del comportamiento conductual de bovinos productores de carne en finalización intensiva durante la época de verano.

H	Indicadores habituales ²						Indicador social ²	Indicadores agonistas ²				
	ITH ¹	Comen ³	Beben ⁴	Bajo sombra ³	De pie ³	En rumia ³	Acicalan ³	Montas ⁴	Amenazas ³	Flehmen ³	Topetazos ⁴	
8	83.7 ^b	7.1 ^a	13.7 ^a	22.5 ^c	73.2 ^a	3.0 ^b	21.6 ^a	12.9 ^a	1.4	2.8 ^a	12.2 ^a	
12	89.6 ^a	0.0 ^b	0.0 ^b	70.0 ^a	60.9 ^b	5.6 ^a	11.3 ^c	0.0 ^b	1.4	1.2 ^b	0.0 ^b	
16	88.6 ^a	7.2 ^a	12.3 ^a	47.1 ^b	47.0 ^c	4.4 ^a	14.7 ^b	0.0 ^c	1.4	1.4 ^b	0.0 ^b	
DCO												
D1	88.0 ^a	5.6 ^a	13.8	43.4	63.4	4.1	15.3 ^b	0.0	1.4 ^a	1.4 ^a	0.0 ^{ac}	
D2	87.6 ^a	2.9 ^b	13.7	47.2	60.6	4.2	18.3 ^a	0.0	1.4 ^a	1.5 ^a	0.0 ^a	
D3	85.6 ^b	4.6 ^a	10.2	46.1	55.6	5.1	13.4 ^b	0.0	1.1 ^b	1.2 ^b	0.0 ^{bc}	
H	DCO											
8	D1	84.2	10.9	16.9	21.4	82.3	2.8	20.1	14.1	2.7	3.5	13.7
	D2	84.7	4.9	13.9	32.6	70.3	2.9	23.2	14.5	1.4	2.9	13.7
	D3	80.5	9.3	12.1	17.1	70.6	3.7	20.9	10.1	1.1	2.4	0.0
12	D1	90.8	0.0	0.0	70.2	68.1	5.5	9.9	0.0	1.4	1.4	0.0
	D2	89.9	0.0	0.0	73.6	65.5	4.2	14.1	0.0	1.4	1.4	0.0
	D3	87.0	1.1	0.0	60.0	50.6	6.2	10.1	0.0	1.2	1.1	0.0
16	D1	89.0	9.6	13.7	41.0	46.8	4.2	14.3	0.0	1.4	1.4	0.0
	D2	88.4	5.6	13.7	46.4	46.4	4.4	18.3	0.0	1.4	1.5	0.0
	D3	88.1	6.9	11.1	60.4	49.5	4.7	12.4	0.0	1.1	1.0	0.0
FV												
Probabilidad												
Hora	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.33	0.01	0.01
DCO	0.01	0.01	0.10	0.07	0.07	0.09	0.01	0.64	0.01	0.01	0.01	0.01
Hora x DCO	0.07	0.01	0.10	0.01	0.01	0.18	0.25	0.49	0.03	0.48	0.02	0.02

ITH: Índice de Temperatura y Humedad; H: Hora; DCO: Diseño del Corral; D1: Diseño 1 (etapa inicial de la UPP); D2: Diseño 2 (etapa intermedia de la UPP); D3: Diseño 3 (etapa reciente de la UPP), FV: Fuente de variación.

¹Medias, error estándar de las medias conjunto para hora (0.40, n=180); para diseño de corral (0.37, n=180); para interacción (0.64, n=60).

²Medianas; para hora y diseño de corral n=180, para interacción n=60. ³Tasa x100. ⁴Tasa x1000.

^{abc} Literales diferentes en la misma columna dentro de hora o diseño de corral indican diferencia estadística (P≤0.05).

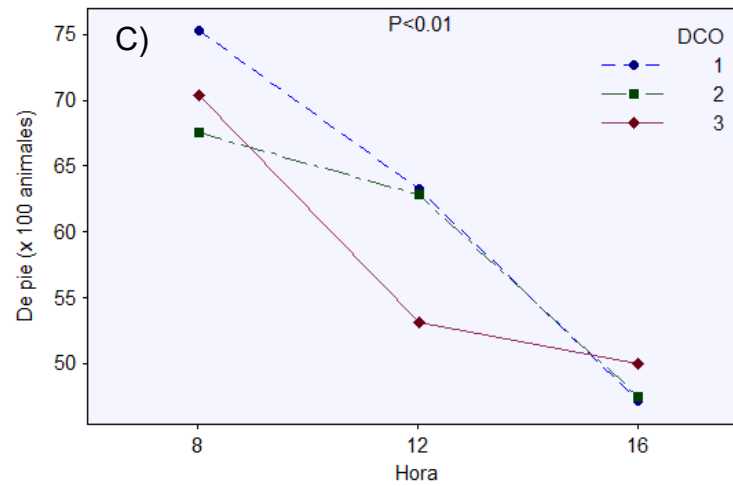
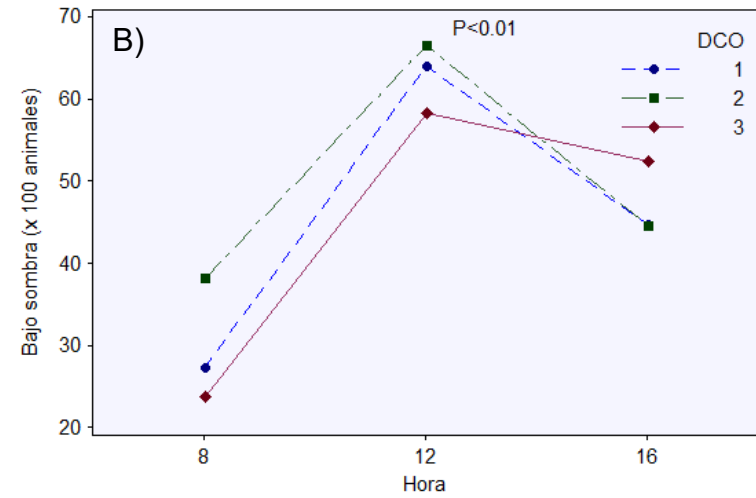
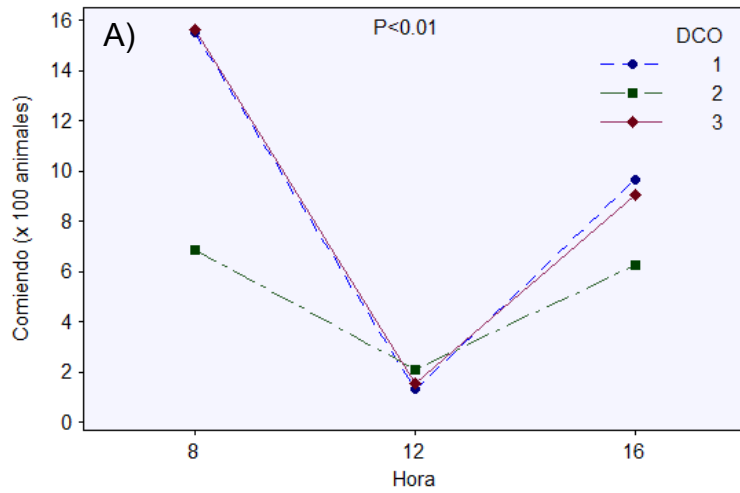


Figura 9. Comportamiento habitual en bovinos de finalización intensiva en trópico seco durante la época de verano según la interacción del diseño del corral (DCO) y hora del día. A) Comiendo; B) Bajo sombra; C) De pie.

En la variable bovinos en rumia (Cuadro 5; Figura 10-B), la menor expresión ocurrió a las 8:00 h (3 %; $P < 0.01$), debido a que en ese horario consumen alimento y tienden a desarrollar otras actividades, por lo que disminuyen su utilización de tiempo para rumiar. Un bovino adulto utiliza de 35 a 40 % del tiempo diario en rumiar (Rushi, 2009); esta cantidad de tiempo puede variar en función del tipo y calidad del alimento que consume; desde muy poco tiempo, cuando se alimentan de granos o raciones finamente molidas; hasta varias horas, cuando el alimento es muy fibroso. La función de la rumia es remasticar el alimento consumido, para reducir el tamaño de la partícula y asegurar una mayor superficie de digestión por parte de los microorganismos ruminales, esta actividad generalmente ocurre durante los periodos de descanso (Rush, 2009). En el presente estudio, la mayor frecuencia de bovinos en rumia (6 %) se registró a las 12 h; este valor se considera bajo, debido a que el ITH a esta hora del día indica que los bovinos se encuentran en estado de emergencia, lo que desde el punto de vista fisiológico significa que los bovinos distribuyen mayormente su flujo sanguíneo hacia la superficie para disipar el calor metabólico; otra actividad disminuida por esta razón fisiológica es la rumia, que de manera natural produce calor debido a la actividad muscular que este patrón fisiológico representa (Cunningham, 1999; Malafaia *et al.*, 2011; Valente *et al.*, 2015).

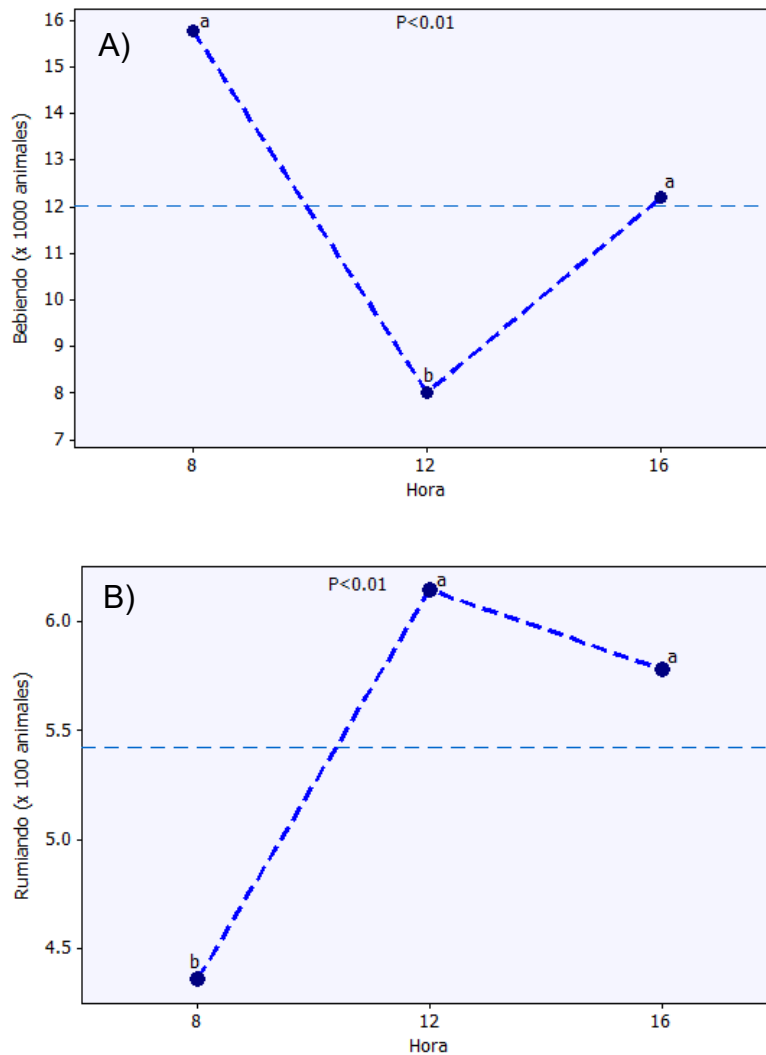


Figura 10. Comportamiento habitual en bovinos en finalización intensiva en trópico seco durante la época de verano según los efectos principales de la hora del día. A) Bebiendo; B) Rumiando. ^{abc}Literales diferentes indican diferencia estadística ($P \leq 0.05$).

En la Figura 11 y Cuadro 5, se observa una reducción del comportamiento social (acicalamiento) entre los bovinos a las 12:00 y 16:00 h; sin embargo, dicha expresión mostró diferencia significativa en las tasas de acicalamiento en cada horario (21.6 vs. 14.7 vs. 11.3; $P < 0.01$), 8:00, 16:00 y 12:00 h, respectivamente; por lo tanto, en función de los indicadores ambientales, se observó que a mayor valor de ITH, dentro de la categoría de emergencia, la tasa de acicalamientos disminuyó. Entre los diseños de corral, el mayor porcentaje de acicalamientos se registró en el diseño 2, debido a una

mayor interacción social entre los individuos alojados en estos corrales; probablemente, en ello influye el temperamento de los bovinos. Sato *et al.* (1991), mencionan que el acicalamiento es una expresión del comportamiento conductual del bovino, que realiza principalmente con sus congéneres más familiarizados dentro del corral de engorda; por otro lado, este comportamiento social se realiza de manera tal que cumple tres funciones específicas: efecto de limpieza, efecto de reducción de la tensión grupal y efecto de unión entre sus semejantes en el corral de engorda; también se destaca, que no todos los bovinos aceptan este tipo de comportamiento y comúnmente los subordinados son quienes acicalan a los bovinos dominantes.

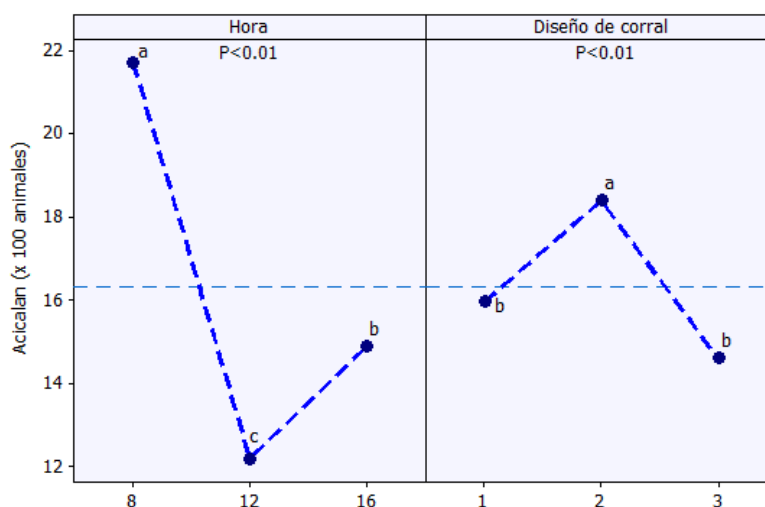


Figura 11. Comportamiento social en bovinos en finalización intensiva en trópico seco durante la época de verano según los efectos principales del diseño del corral (DCO) y la hora del día. ^{abc} Literales diferentes indican diferencia estadística ($P \leq 0.05$).

En el presente trabajo se observó interacción entre la hora del día x diseño del corral ($P=0.03$) para la variable amenazas (Cuadro 5; Figura 12-A); la mayor actividad fue registrada en los corrales del diseño 1 a las 8:00 h, luego disminuyó a las 12:00 h por debajo de la tasa registrada en los corrales del diseño 2; a su vez, los corrales del diseño 2 y 3 no presentaron variación en esta actividad en ningún horario. En la conducta agonista, manifestada mediante topetazos, se observó interacción significativa (Cuadro 5; Figura 12-B; $P=0.02$). Los bovinos alojados en los corrales del diseño 1 tuvieron mayor expresión a las 8:00 h y disminuyó sensiblemente a las 12:00

h; en el diseño 2 se registraron tasas similares a las 8:00 y 16:00 h, con una disminución a las 12:00 h; mientras que en el diseño 3 los topetazos disminuyeron conforme a los horarios evaluados. La expresión agonista relacionada a las montas (Cuadro 5; Figura 13-A) y al signo de Flehmen (Cuadro 5; Figura 13-B), fueron mayormente manifiestas a las 8:00 h, disminuyendo significativamente a las 12:00 y 16:00 h ($P < 0.01$), cuando el valor de ITH fue superior a 84 unidades; así mismo, el signo de Flehmen disminuyó en los corrales del diseño 3 ($P < 0.01$); lo anterior, se puede atribuir a que en estos corrales los bovinos disponen de mayor espacio vital (Cuadro 4) y es menor la expresión jerárquica de los bovinos; al respecto, Ha *et al.* (2018), afirman que al aumentar el espacio vital, las conductas agonistas disminuyen.

La conducta agonista se define como un comportamiento social relacionado al conflicto entre miembros de la misma o de diferente especie; la conducta agonista en bovinos se clasifica en las siguientes manifestaciones: aproximación, amenaza y contacto físico, y esta puede ser pasiva o activa. Una aproximación pasiva suele denominarse encuentro casual y va desde una ligera amenaza, a una sumisión inmediata por parte del contrario y estas acciones suelen ser muy rápidas y sutiles (Sampedro y Cabeza, 2010). La monta entre machos es un comportamiento homosexual de distintas especies de rumiantes, sin embargo, suele ocurrir en machos y hembras, de diferentes edades, aunque en hembras se asocia al celo; la homosexualidad en rumiantes machos puede deberse a distintos factores como la dominancia social, la edad o el ambiente social durante el desarrollo o permanencia de individuos en espacios comunes (Freita *et al.*, 2014), como es el caso del corral de engorda intensiva. Conductas como acercamientos, amenazas, luchas y huidas, presentadas de forma agresiva o sumisa, son consideradas conductas agonistas en los bovinos, con el fin de establecer dominancia sobre animales con un nivel de jerarquía menor, esta conducta puede ser clasificada como amenaza y contacto físico (Sampedro y Cabeza, 2010).

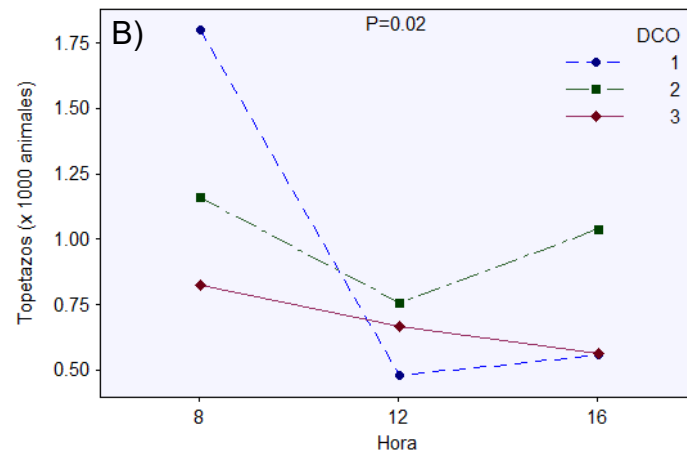
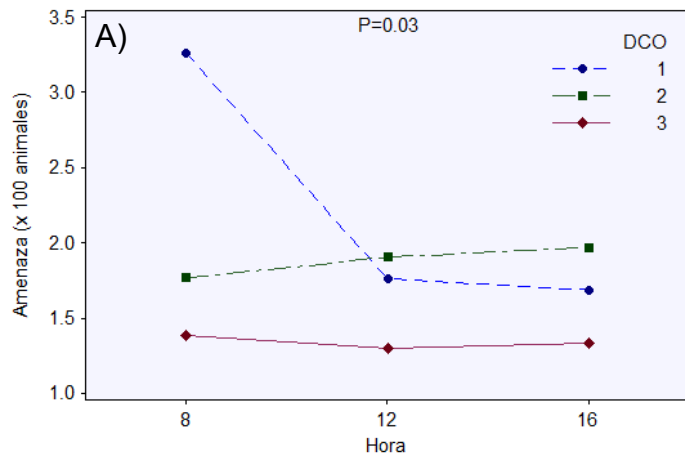


Figura 12. Comportamiento agonista en bovinos en finalización intensiva en trópico seco durante la época de verano según la interacción del diseño del corral (DCO) y la hora del día. A) Amenaza; B) Topetazos.

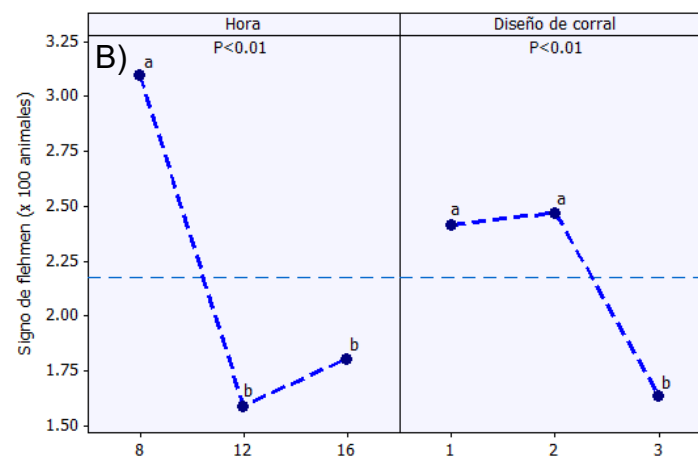
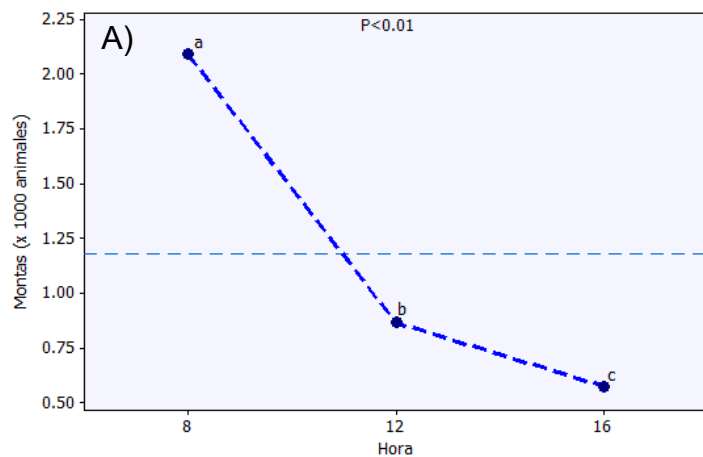


Figura 13. Comportamiento agonista en bovinos en finalización intensiva en trópico seco durante la época de verano según los efectos principales del diseño del corral y la hora del día. A) Montas; B) Signo de Flehmen. ^{abc} Literales diferentes indican diferencia estadística ($P \leq 0.05$).

6.4 Jadeos y puntaje de jadeo

En la Figura 14 se muestra la frecuencia de jadeos en bovinos productores de carne en finalización, con respecto a la hora del día en verano; la mayor frecuencia de jadeos se observó a las 12:00 y 16:00 h ($P < 0.01$), cuando el valor de ITH supera las 84 unidades. Diversos autores refieren que al elevarse el ITH y posicionarse dentro de la categoría de emergencia, el mecanismo de enfriamiento por evaporación se intensifica exponencialmente debido al aumento de las cargas de calor interna y externa; se activan los mecanismos termo regulatorios fisiológicos y conductuales, disminuye el consumo de alimento y la secreción hormonal termogénica para reducir la carga de calor interna y con ello mantener una temperatura homogénea y constante; por último, la temperatura corporal del bovino aumenta repentinamente provocando fuertes jadeos y máxima sudoración para disipar el calor, debido a esto, la producción de calor se eleva por consecuencia de la aceleración de los procesos bioquímicos y la energía requerida por los jadeos haciendo un dialelo, entrando en una fase aguda de estrés calórico que puede conducir al bovino a la muerte por hipertermia (Silanokove, 2000; Arias *et al.*, 2008; Roca, 2011).

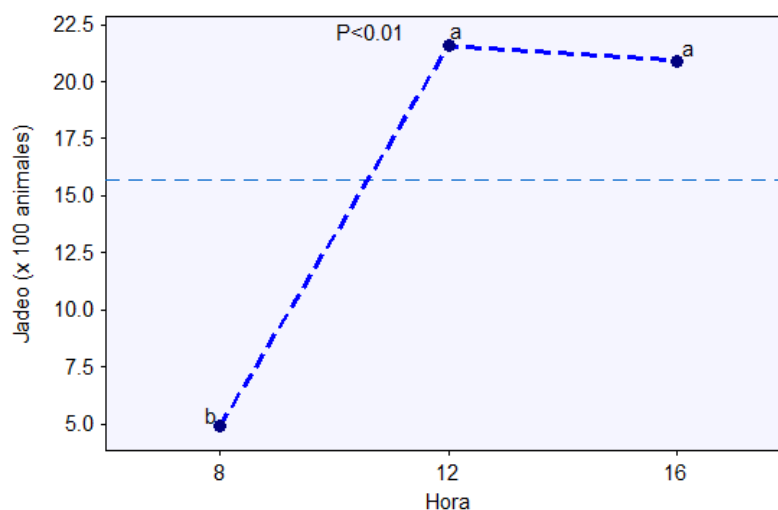


Figura 14. Tasa de jadeo de bovinos en finalización intensiva en trópico seco en la época de verano. Según la hora del día. ^{ab}Literales diferentes indican diferencia estadística ($P \leq 0.05$).

En el Cuadro 6 se presentan los resultados correspondientes al puntaje de jadeo (PJ) en escala de 0 a 4, registrado en los bovinos en función del diseño de corral, hora del día y tamaño de la giba.

Los bovinos alojados en los corrales del diseño 1 mostraron mayor PJ4 en comparación a los corrales del diseño 3 (45 vs. 21.3; $P < 0.01$); los bovinos alojados en los corrales de diseño 1 y 2 registraron mayor PJ2 en comparación a los corrales del diseño 3 (37.9 vs. 24.1; $P < 0.01$); los bovinos alojados en los corrales del diseño 3 mostraron mayor frecuencia de PJ0 que los bovinos alojados en los corrales del diseño 2 (36.7 vs. 31.0; $P < 0.01$); en el número de bovinos jadeando no se observó diferencia estadística entre diseños de corral, sin embargo, en los corrales del diseño 3 el valor del ITH es inferior al observado en los corrales de los diseños 1 y 2, por lo tanto se infiere que este cambio de micro condiciones climáticas, donde la superficie de sombra es mayor que en los otros diseños de corral (2.18 vs. 2.01 vs. 1.95 m²/ animal) y tienen mayor espacio vital (15.16 vs. 13.14 vs. 13.13 m²/ animal), esto puede influir en los valores registrados en los PJ elevados.

Los bovinos tienen la capacidad de soportar condiciones climáticas adversas; Brown-Brandl *et al.* (2005), refieren que el instalar sombra a los corrales de engorda en finalización intensiva influye favorablemente en la respuesta productiva de los bovinos. Diversos autores (Mittlöhner *et al.*, 2001; Gaughan *et al.*, 2010; Blaine y Nsahlai, 2011; Sullivan *et al.*, 2011; Renaudeau *et al.*, 2012), en variadas experiencias, encontraron mejoras en las tasa de jadeo al proporcionar sombra y espacio vital de manera suficiente, lo que influye directamente en la mejora del puntaje de jadeo y el bienestar de los bovinos en el corral de engorda.

La mayor frecuencia de bovinos en PJ0 se registró a las 8:00 h, en comparación con lo observado a las 12:00 y 16:00 h (63.1 vs. 11.0 vs. 25.9 %; $P < 0.01$), respectivamente; en PJ1 la frecuencia registrada a las 12:00 h fue superior que a las 8:00 y 16:00 h, presentando menor frecuencia a las 8:00 h (45.6 vs. 37.4 vs. 17.0 %; $P < 0.01$), 12:00, 16:00 y 8:00 h, respectivamente; en PJ2 y PJ3 no se observó diferencia en la frecuencia de jadeos a las 12:00 y 16:00 h, sin embargo, a las 8:00 h fue significativamente menor ($P < 0.01$); en cuanto a la condición PJ4, se registró mayor frecuencia a las 16:00 h en comparación con las 8:00 y 12:00 h, y la

menor frecuencia se observó a las 8:00 h (60.0 vs. 31.3 vs. 8.7 %; $P < 0.01$), 16:00, 12:00 y 8:00 h, respectivamente; con estos resultados, se deduce que a mayor ITH se incrementa el puntaje de jadeo de los bovinos en el corral de engorda intensiva; de acuerdo con lo anterior, Sullivan *et al.* (2011), afirman que la exposición de ganado bovino productor de carne, en condiciones intensivas, puede reducir la productividad y el bienestar de los bovinos, sobre todo en horas y lugares de más alta exposición a efectos directos de las condiciones climáticas cálidas, que pueden ser reducidas mediante el incremento del espacio vital y la superficie de sombra en el corral de engorda.

En el presente estudio se observó que la mayor frecuencia de PJ0 se registró en bovinos con tamaño de giba media y en menor frecuencia en bovinos sin giba y giba grande (48.8 vs. 25.6; $P < 0.01$), respectivamente; en la categoría PJ1 la mayor frecuencia de jadeo se observó en los bovinos de giba media y este valor fue superior al observado en bovinos sin giba y de giba grande, pero este último grupo presentó menor frecuencia en esta categoría ($P < 0.01$); las categorías PJ2 y PJ4 presentaron el mismo patrón de comportamiento, donde los bovinos sin giba mostraron la mayor frecuencia de jadeos, seguido de los bovinos de giba media y de los bovinos de giba grande. En PJ3 los bovinos sin giba y de giba media mostraron mayor frecuencia de jadeo que los bovinos de giba grande. Estos resultados indican que los bovinos con predominancia genética *Bos taurus* muestran dificultades fisiológicas para adaptarse a las condiciones climáticas de verano lluvioso en el trópico seco, cuando el ITH supera las 75 unidades, contrariamente a lo que sucede con los grupos raciales *Bos indicus*, que muestran mayor tolerancia a las condiciones climáticas adversas, por lo que el puntaje de jadeo es menos manifiesto. Valente *et al.* (2015), demostraron que la diferencia genética entre grupos raciales puede determinar la tolerancia a las altas temperaturas y modificar sensiblemente el comportamiento de los bovinos toda vez que se afectan los parámetros fisiológicos.

Cuadro 6. Puntaje de jadeo de bovinos productores de carne en finalización intensiva durante la época de verano, Porcentaje (n).

	Puntaje de jadeo					P
	0	1	2	3	4	
Diseño de corral						
D1	32.3 ^{ab} (413)	33.3 (545)	36.5 ^a (62)	31.8 (27)	45.0 ^a (36)	0.009
D2	31.0 ^b (396)	33.0 (540)	39.4 ^a (67)	30.6 (26)	33.7 ^{ab} (27)	
D3	36.7 ^a (469)	33.7 (550)	24.1 ^b (41)	37.6 (32)	21.3 ^b (17)	
Hora						
8	63.1 ^a (806)	17.0 ^c (277)	2.9 ^b (5)	5.9 ^b (5)	8.7 ^c (7)	0.0001
12	11.0 ^c (141)	45.6 ^a (746)	51.2 ^a (87)	45.9 ^a (39)	31.3 ^b (25)	
16	25.9 ^b (331)	37.4 ^b (612)	45.9 ^a (78)	48.2 ^a (41)	60.0 ^a (48)	
Tamaño de giba						
Sin giba	24.8 ^b (317)	29.7 ^b (486)	55.9 ^a (95)	49.4 ^a (42)	62.5 ^a (50)	0.0001
Giba media	48.8 ^a (624)	51.4 ^a (840)	40.0 ^b (68)	42.4 ^a (36)	32.5 ^b (26)	
Giba grande	26.4 ^b (337)	18.9 ^c (309)	4.1 ^c (7)	8.2 ^b (7)	5.0 ^c (4)	

DCO: Diseño del Corral; D1: Diseño 1 (etapa inicial de la UPP); D2: Diseño 2 (etapa intermedia de la UPP); D3: Diseño 3 (etapa reciente de la UPP).

^{abc} Literales diferentes en Diseño de corral, Hora y Tamaño de giba, en cada Puntaje de jadeo, indican diferencia estadística (P<0.05).

6.5 Presencia de lodo en el corral de engorda

En el Cuadro 7 se presentan los resultados de la presencia de lodo en los corrales de finalización intensiva objeto de estudio; la mayor profundidad promedio de lodo (15.5 cm) se registró en el centro del corral (sitio de medición 3) en comparación con los otros espacios (15.5 vs. 11 cm; $P < 0.01$), esto se debe a que este sitio se encuentra bajo la sombra y la concurrencia de bovinos es mayor. En la profundidad del lodo no se observó efecto del diseño de corral ($P > 0.05$).

Cuadro 7. Profundidad de lodo en corrales de bovinos productores de carne en finalización intensiva durante la época de verano.

Sitio de medición ¹	Profundidad de lodo ³ , cm	Mínimo, cm	Máximo, cm	IQR, cm
1	10.0 ^b	0.0	19.0	6.0
2	10.0 ^b	0.0	18.0	7.3
3	15.5 ^a	10.0	60.0	8.3
4	12.0 ^b	2.0	20.0	5.0
5	12.0 ^b	0.0	20.0	6.8
DCO ²				
D1	11.5	0.0	30.0	8.0
D2	12.0	0.0	25.0	5.0
D3	12.0	0.0	60.0	6.0

DCO: Diseño del Corral; D1: Diseño 1 (etapa inicial); D2: Diseño 2 (etapa intermedia); D3: Diseño 3 (etapa reciente).

¹n = 36; ²n = 60; ³Medianas.

^{ab}Literales diferentes en la misma columna dentro del sitio de medición o diseño de corral indican diferencia estadística ($P \leq 0.01$).

En la zona geográfica (24° 38' 58" N y 107° 17' 10" O) donde se ubica la UPP, objeto de estudio, se caracteriza por la presentación de un periodo lluvioso intenso durante los meses de verano (junio-septiembre para el hemisferio norte), que registra 491 mm de precipitación pluvial media anual, lo cual representa el 75 % de precipitación pluvial media anual (Estación climatológica de la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa, 2019); esto significa, que la abundancia de lluvia concentrada en una época específica del año, influye en la acumulación de lodo en los corrales de engorda intensiva de bovinos. Grandin (2016), especifica que cuando la precipitación pluvial promedio anual excede los 510 mm, la posibilidad de mantener secos los corrales se ve afectada debido a la

acumulación de estiércol, sumado al lodo generado por la precipitación pluvial intensa; por su parte, Mader (2011), afirma que la densidad de bovinos en el corral de engorda influye en la presencia de lodo en la superficie del corral, por lo que propone la reducción de la densidad para disminuir el impacto negativo en la productividad y en el bienestar del bovino. Sin embargo, es necesario analizar, en un estudio posterior, el impacto económico de esta propuesta.

6.6 Respuesta productiva

Los resultados de las variables productivas se muestran en el Cuadro 8. Se encontró diferencia estadística en la variable consumo de materia seca/día (CMS/día) en los bovinos alojados en los corrales del diseño 3, quienes consumieron menos kilogramos de alimento en base seca al día que los bovinos alojados en los corrales del diseño 1 (7.46 vs. 8.04 kg; $P < 0.01$); estos resultados difieren de los valores referidos por Sullivan *et al.* (2011), quienes no observaron diferencia estadística ($P > 0.10$) en las variables productivas entre distintas áreas de sombra/bovino (2.0, 3.3 y 4.7 m²/animal). En cambio, los resultados de las variables GDP, CA y EA fueron estadísticamente iguales entre los tres diseños de corral ($P > 0.10$). En cuanto al peso de la canal caliente (PCC) se encontró tendencia ($P = 0.06$) a obtener un menor PCC de los bovinos alojados en los corrales del diseño 3; finalmente, en el porcentaje de rendimiento en canal se registró una diferencia de 0.9 % entre las canales provenientes de los bovinos alojados en los corrales de los diseños 1 y 2 (59.9 vs. 60.8 %; $P = 0.02$), respectivamente. El rendimiento de la canal es una de las variables de mayor importancia económica, porque refleja la eficiencia del proceso productivo en el corral de engorda (Torrescano *et al.*, 2010); este valor se obtiene a partir del peso promedio final dividido entre el peso de la canal caliente y expresado en porcentaje (Hernández-Bautista *et al.*, 2009). En los Estados Unidos de América, el ganado bovino proveniente de corrales de engorda intensiva arroja valores de rendimiento comercial en el rango de 56 al 63 % (Dolezal *et al.*, 1993), que comparado con el promedio obtenido en el presente estudio es relativamente menor. Huerta-Leindenz *et al.* (2013), afirman que esta variable es una debilidad del ganado con características mayormente cebuinas frente a ganado mayoritariamente

europeo o continental. El rendimiento en canal está asociado con la cantidad de grasa y proteína depositada en la canal en función de la ganancia de peso, peso final y madurez (Torrentera y Zinn, 2005). Algunos autores (Lee *et al.*, 2012; Ha *et al.*, 2018) refieren mejoras en la eficiencia alimenticia, ganancia de peso, peso y algunas características de la canal, cuando los bovinos pueden expresar su comportamiento natural en el corral de engorda, sin embargo, no hacen referencia al rendimiento en canal.

Cuadro 8. Indicadores productivos de bovinos productores de carne en finalización intensiva durante el verano.

	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3	P
n	28	16	40	
PPI, kg	291.5±49.4	290.3±55.0	295.4±50.8	0.9248
PPF, kg	497.2±21.5	503.0±23.0	496.6±23.0	0.6158
CMS/Día, kg	8.04±0.93 ^a	7.82±1.06 ^{ab}	7.46±0.42 ^b	0.0086
GDP, kg	1.31±0.17	1.25±0.11	1.25±0.14	0.1176
CA, kg	6.15±0.90	6.31±1.24	6.03±0.77	0.5669
EA, kg	0.167±0.024	0.164±0.024	0.168±0.021	0.7710
PCC, kg	291.0±12.3	297.9±15.2	289.6±9.9	0.0613
Rendimiento en canal, %	59.9±1.3 ^b	60.8±1.2 ^a	60.4±0.9 ^{ab}	0.0227

PPI: Peso promedio inicial; PPF: Peso promedio final; CMS: Consumo de materia seca; GDP: Ganancia diaria de peso; CA: Conversión alimenticia; EA: Eficiencia alimenticia; PCC: Peso de la canal caliente. P: Probabilidad.

Media ± Desviación estándar.

^{ab}Literales diferentes en renglón, indican diferencia estadística (P<0.05).

VII. CONCLUSIONES

Las condiciones ambientales sobrepasaron el límite de confort de los bovinos, ya que de manera general se encontraron sometidos a estrés térmico por calor, debido a que el promedio general del ITH en el corral de engorda es de 87.3 unidades en el verano; a esta situación, contribuye la diferencia negativa registrada en espacio vital y de disponibilidad de sombra; estos factores por separado o en combinación influyen en el comportamiento habitual, social y agonista de los bovinos en finalización intensiva en verano .

El valor de ITH, junto con el puntaje de jadeo, son indicadores que contribuyen a la expresión de bienestar de los bovinos finalizados en corral de engorda intensiva en el trópico seco, de tal manera que los bovinos con mayor carga genética *Bos taurus*, presentaron menor tolerancia al estrés térmico por calor; independientemente del diseño del corral, la mayor carga térmica se registra a las 16:00 h, por efecto acumulativo.

La profundidad de lodo no depende del diseño del corral; sin embargo, dentro de cada corral, la mayor profundidad se encontró en el centro, justo en el espacio destinado a la sombra; lo que limita el número de bovinos echados bajo la sombra y, en consecuencia, afectó el bienestar de los bovinos.

Las variables de respuesta productiva no muestran contundencia para afirmar que fueron afectadas por el diseño del corral, al igual que el espacio vital, puesto que todos los diseños de corral, objeto de estudio, sobrepasaron la densidad de bovinos por metro cuadrado.

VIII. LITERATURA CITADA

- Alves J. R. A., Andrade T. A. A., Assis D. M., Gurjão T. A., Melo L. R. B., Souza B. B. 2017. Productive and reproductive performance, behavior and physiology of cattle under heat stress conditions. *J. Anim. Behav. Biometeorol.* 5:91-96. ISSN: 2318-1265 DOI: 10.26667/2318-1265jabb.v5n3p91-96
- AMEG. 2019. Comercio exterior sector pecuario julio 2019. <https://ameg.org.mx/estadisticas/> (Consulta, septiembre 2019)
- Arias R. A., Mader T. L., Escobar P. C. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Arch. Med. Vet.* 40:7-22. ISSN: 0301-732X DOI: 10.4067/S0301-732X2008000100002
- Bernabucci U., Lacerera N., Baumgard L. H., Rhoads R. P., Ronchi B., Nardone A. 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal* 4(7):1167-1183. ISSN: 1751-7311 DOI: 10.1017/S175173111000090X
- Blaine K. L., Nsahlai I. V. 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. ISSN: 0049-4747 DOI: 10.1007/s11250-010-9740-x
- Brown-Brandl T. M., Eigenberg R. A., Nienaber J. A. 2013. Benefits of providing shade to feedlot cattle of different breeds. *Transactions of the ASABE.* 56(4):1563-1570. ISSN: 2151-0032 <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=43976>
- Brown-Brandl T. M., Eigenberg R. A., Nienaber J. A., Hahn G. L. 2005. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle, part 1: analyses of indicators. *Biosyst. Eng.* 90(4):451-462. ISSN: 1537-5110 DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2004.12.006
- Brown-Brandl T. M., Nienaber J. A., Eigenberg R. A., Mader T. L., Morrow J. L., Dailey J. W. 2006. Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. *Livest. Sci.* 105:19-26. ISSN: 1871-1413 DOI: 10.1016/j.livsci.2006.04.012
- CIAD. 2018. Sistema estadístico del clima automatizado de Sinaloa. <http://187.141.135.166/CIAD/DatosPorMes.aspx> (Consulta, enero 2018).
- Collier R. J., Dahl G. E., VanBaale M. J. 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89:1244-1253. ISSN: 0022-0302 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72193-2

- Cunningham J. G. 1999. Fisiología veterinaria. Editorial McGraw-Hill Interamericana S.A. de C.V. México, D. F. 763p. ISBN: 978-1-4377-2361-8
- Daniel WW. 2002. Bioestadística Base para el análisis de las ciencias de la salud. Cuarta Ed., Editorial Limusa S.A. de C.V. México, D.F. pp: 737-752. ISBN: 968-18-6164-7.
- Dolezal H. G., Tatum J. D., Williams Jr. F. L. 1993. Effects of feeder cattle frame size muscle thickness and age class on days fed, weight, and carcass composition. *J. Anim. Sci.* 71:2975-2985. ISSN: 1525-3163 DOI: 10.2527/1993.71112975x
- Doving, K.B. y Trotier, D. 1998. Structure and function of the vomeronasal organ. *J. Exp. Biol.* 201:2913-2925. ISSN: 1477-9145 DOI: 10.1159/000093751
- Estación climatológica de la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa. 2019. Universidad Autónoma de Sinaloa. <http://www.uas.edu.mx/servicios/clima/> (Consulta, septiembre 2019).
- FAO. 1996. Declaración de Roma sobre la seguridad alimentaria mundial. www.fao.org (Consulta, enero 2018).
- FAO. 2015. Composición de la carne. www.fao.org (Consulta, enero 2018).
- Ferreira L.C. B., Machado Filho L. C. P., Hotzel M. J., Alves A. A., Oliveira B. A. 2014. 15843-Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos a diferentes ofertas de sombra. *Cuadernos de Agroecología*. 9(2):1-14. ISSN: 2236-7934 <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/15843>
- FIRA. 2017. Panorama agroalimentario: carne de bovino 2017. www.gob.mx (Consulta octubre 2017).
- Fraser D., Weary D. M., Pajor E. A. Milligan B. N. 1997. A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. *Anim. Welfare*. 6:187-205. ISSN: 0962-7286 <https://animalstudiesrepository.org/ethawel/1/>
- Freita A, Lacuesta L, Ungerfeld R. 2014. Comportamiento homosexual en rumiantes machos. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 5(1):91-106. ISSN: 2007-1124 <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/3218/2643>
- García E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. México. ISBN: 970-32-1010-4.

- Gasque G. R. 2008. Enciclopedia bovina. Editorial Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 437p. ISBN: 978-970-32-4359-4
- Gaughan J. B., Bonner S., Loxton I., Mader T. L., Lisle A., Lawrence R. 2010. Effect of shade on body temperature and performance of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 88:4056-4067. ISSN: 1525-3163 DOI:10.2527/jas.2010-2987
- Gaughan J. B., Mader T. L. 2014. Body temperature and respiratory dynamics in unshade beef cattle. *Int. J. Biometeorol.* 58:1443-1450. ISSN: 1432-1254 DOI 10.1007/s00484-013-0746-8
- Gaughan J. B., Mader T. L., Holt S. M., Lisle A. 2008. A new heat index for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 86:226-234. ISSN: 1525-3163 DOI: 10.2527/jas.2007-0305
- Grandin, T. 2016. Evaluation of the welfare of cattle housed in outdoor feedlot pens. *Veterinary and Animal Science.* 1:23-28. ISSN: 2451-943X DOI: 10.1016/j.vas.2016.11.001
- Ha J. J., Yang K. L., Oh D. Y., Yi J. K., Kim J. J. 2018. Rearing characteristics of fattening Hanwoo steers managed in different stocking densities (R). *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 31:1714-1720. ISSN: 1011-2367. DOI: doi.org/10.5713/ajas.17.0451
- Hernández-Bautista J., Gómez-Vázquez A., Núñez-González F. A., Ríos-Rincón F. R., Mendoza-Martínez G. D., García-Macías J. A., Villegas-Aparicio Y., Hernández-Sánchez D., Joaquín-Torres B. M. 2009. Rendimiento de la canal y de los componentes no cárnicos de toretes Pardo Suizo x Cebú en tres sistemas de alimentación en clima cálido húmedo. *Universidad y Ciencia.* 25:173-180 ISSN: 0186-2879
https://www.redalyc.org/pdf/154/Resumenes/Abstract_15421079006_2.pdf
- Herrera H. J. G. y Barreras S. A. 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.
- Huerta-Leidenz N., Hernández O., Rodas-González A., Ordóñez V. J., Pargas H. L., Rincón E., Villar A., Bracho B. 2013. *Nacameh.* 7:75-96 ISSN: 2007-0373
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4726653>
- INMA. 2008. Beef feedlot management guide. <http://pdf.usaid.gov> (Consulta, noviembre 2017)

- Lagos G. H., González G. F. J., Castillo R. F. 2014. Paquete tecnológico para la engorda de ganado bovino en corral. <http://biblioteca.inifap.gob.mx> (Consulta, enero 2018).
- Lee S. M., Kim J. Y., Kim E. J. 2012. Effects of stocking density or group size on intake, growth, and meat quality of Hanwoo steers (*Bos taurus coreanae*). *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 25(11):1553-1558. ISSN: 1011-2367 DOI: 10.5713/ajas.2012.12254
- Mader T. 2011. Mud effects on feedlot cattle. Nebraska Beef Cattle Report. University of Nebraska-Lincoln. <https://digitalcommons.unl.edu/animalscinbcr/613/>
- Mader T. L., Holt S. M., Hahn G. L., Davis M. S., Spiers D. E. 2002. Feeding strategies for managing heat load in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 80:2373-2382. ISSN: 1525-3163 DOI: 10.1093/ansci/80.9.2373
- Mader T., Colgan S. L. 2007. Pen density and straw bedding during feedlot finishing. Nebraska Beef Cattle Reports. University of Nebraska-Lincoln. <https://digitalcommons.unl.edu/animalscinbcr/70/>
- Mader T., 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/q1409/build/q1409.htm>
- Mader TL, Davis MS, Brown-Brandl T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84:712-719. ISSN: 1525-3163 DOI: 10.2527/2006.843712x
- Malafaia P., Barbosa J. D., Tokarnia C. H., Oliveira C. M. C. 2011. Distúrbios comportamentais em ruminantes não associados a doenças: origem, significado e importancia. *Pesq. Vet. Bras.* 31(9):781-790. ISSN: 0100-736X DOI: 10.1590/S0100-736X2011000900010
- 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. *J. Anim. Sci.* 93:1581-1591. ISSN: 1525-3163 DOI: 10.2527/jas2014-8346.
- Méndez M. R. D., Schunemann A. A., Rubio L. M. S., Braña V. D. 2013. Bienestar animal para operarios en rastro de bovinos. Edita INIFAP. Querétaro. 58p. ISBN: 978-607-37-0091-7
- Mitlöhner F. M., Galyean M. L., McGlone J. J. 2002. Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat-stressed feedlot heifers. *J. Anim. Sci.* 80:2043-2050. ISSN: 1525-3163 DOI: 10.2527 / 2002.8082043x

- Miltlöhner F. M., Morrow J. L., Dailey J. W., Wilson S. C., Galyean M. L., Miller M. F., McGlone J. J. 2001. Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 79:2327-2335. ISSN: 1525-3163 DOI: 10.2527 / 2001.7992327x
- Minitab INC. 2000. MINITAB statistical software. Minitab Release. Ver. 13.
- Morais D. A. E. F., Maia A. S. C., Silva R. G., Vasconcelos A. M., Oliveira L. P., Guilhermino M. M. 2008. Variação anual de hormônios tireoideanos e características termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente. *R. Bras. Zootec.* 37(3): 538-545. ISSN: 1516-3598 DOI: 10.1590/S1516-35982008000300020
- O'Brien M. D., Rhoads R. P., Sanders S. R., Duff G. C., Baumgard L. H. 2010. Metabolic adaptations to heat stress in growing cattle. *Domest. Anim. Endocrin.* 38:86-94. ISSN: 0739-7240 DOI: 10.1016/j.domaniend.2009.08.005
- OIE. 2013. Bienestar animal: Introducción a las recomendaciones para el bienestar de los animales. www.oie.int (Consulta, enero 2018).
- Olivares B. O., Guevara E., Oliveros Y., López L. 2013. Aplicación del índice de confort térmico como estimador del estrés calórico en la producción pecuaria de la esa de Guanipa, Anzoátegui, Venezuela. *Zootec. Trop.* 31(3):209-223. ISSN: 0798-7269
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692008000400013
- Pereyra A. V. G., Maldonado M. V., Catracchia C. G., Herrero M. A., Flores M. C., Mazzini M. 2010. Influence of water temperature and heat stress on drinking water intake in dairy cows. *Chil. J. Agric. Res.* 70(2):328-336. ISSN: 0718-5820 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3748274>
- Pordomingo A. J. 2004. Engorde a corral. www.produccion-animal.com.ar (Consultado, enero 2018).
- Recuerda S. P. 2003. Bienestar animal: experimentación, producción, compañía y zoológicos. Editorial Universidad de Córdoba. Córdoba. pp: 3-8. ISBN: 84-688-0964-0
- Renaudeau D., Collin A., Yahav S., Basilio V., Gourdine J. L., Collier R. J. 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal* 6(5):707-728. ISSN: 1751-7311 DOI:10.1017/S1751731111002448

- Roca C.A.J. 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://190.15.136.171/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/39/22
- Rubio L. M. S., Braña V. D., Méndez M. R. D., Delgado S. E. 2013. Composición de la carne mexicana. Editorial. INIFAP. México, D. F. 68p. ISBN: 978-607-37-0094-8
- Rush I. G. 2009. Rumen Physiology for the Rancher. *Range Beef Cow Symposium*. <https://beef.unl.edu/a758fef0-c5a7-4757-a067-68065b7c5427.pdf>
- SAGARPA. 2014. Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de Carne de Ganado Bovino en Confinamiento. <http://oncesega.org.mx/archivos/MANUAL%20DE%20BPP%20EN%20LA%20PRODUCCION%20DE%20CARNE%20DE%20GANADO%20BOVINO%20EN%20CONFINAMIENTO.pdf>
- Sampedro M. A. C., Cabeza N. K. C. 2010. Importancia de la conducta animal para el manejo productivo de la fauna silvestre y doméstica. *Rev. Colomb. Cienc. Anim.* 2(1):175-214. ISSN: 2027-4297 DOI: 10.24188/recia.v2.n1.2010.341
- Sanmiguel P. R. A., Ávila V. D. 2011. Mecanismos fisiológicos de la termorregulación en animales de producción. *Rev. Colomb. Cienc. Anim.* 4(1):88-94. ISSN: 2027-4297 <http://revistas.ut.edu.co/index.php/CIENCIANIMAL/article/view/148>
- 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. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 32:3-12 ISSN: 0168-1591 DOI: 10.1016/S0168-1591(05)80158-3
- SIAP. 2019a. Avance de la producción pecuaria por producto. http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceProd.jsp (Consulta, septiembre 2019).
- SIAP. 2019b. Resumen nacional de la producción pecuaria. http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecResumen.jsp (Consulta, septiembre 2019).
- Silanikove N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest. Prod. Sci.* 67(1):1-18. ISSN: 0301-6226. DOI: 10.1016/S0301-6226(00)00162-7

- Sullivan M. L., Cawdell-Smith A. J., Mader T. L., Gaughan J. B. 2011. Effect of shade area on performance and welfare of short-fed feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 89:2911-2925. ISSN: 1525-3163 DOI: 10.2527/jas.2010-3152
- Torrentera N., Zinn R. A. 2005. Predicting carcass dressing percentage in feedlot bulls and heifers. *J. Anim. Vet. Adv.* 4:659-662 ISSN: 1680-5593 <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DJ2012071372>
- Torrescano U. G. R., Sánchez E. A., Vásquez P. M. G. 2010. Caracterización de canales y carne de bovino de animales engordados en la zona centro de Sonora. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 1:157-168 ISSN: 2007-1124 <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1513>
- Valente É. E. L., Chizzotti M. L., Ribeiro O. C. V., Castlho G. M., Domingues S. S., Castro R. A., Machado L. M. 2015. Intake, physiological parameters and behavior of Angus and Nellore bulls subjected to heat stress. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina.* 36(6):4565-4574. ISSN: 1676-546X DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n6Supl2p4565
- Welfare Quality® Consortium. 2009. Welfare Quality® Assessment protocol for cattle. Coordinator Veehouderij ASG, Lelystad BV. The Netherland. <http://edepot.wur.nl/233467>

XI. ANEXOS

Anexo I

FORMATO DE INDICADORES CONDUCTUALES AGROPECUARIA JS S.A. DE C.V.

Fecha:	Ago ()	Sep ()			
Hora:	8:00 ()	12:00 ()	16:00 ()		
Día:	L ()	M ()	M ()	J ()	V ()
	Soleado ()	Nublado ()	Lluvioso ()		

No. de corral:	
No. de bovinos:	

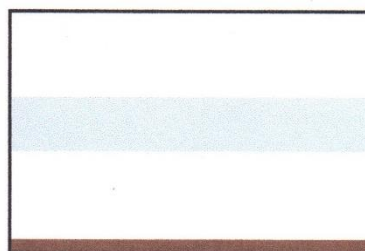
Indicadores conductuales.

Comiendo		Bebiendo	
Bajo sombra		Al sol	
Descansando		De pie	
Rumiando		Jadeando	
Acicalándose			
Montando			
Amenaza			
Flehmen			
Topetazos			
Vocalizando			

Condiciones climatológicas.

Temperatura:	
HR:	

Mediciones de lodo.



Puntaje de jadeo y lodo en bovinos.

Clasif. bovinos*						
Puntaje de jadeo:						
Nivel de lodo:						

*1: Sin giba; 2: Poca giba; 3: Con giba.

Elaborado por: Ana Mireya Romo Valdez.

Anexo II

Cuadro 9. Valores mínimos, máximos y rango intercuartílico de los horarios y diseños de corral para los indicadores habituales, sociales y agonistas del comportamiento conductual de bovinos productores de carne en finalización intensiva durante la época de verano.

		Indicadores habituales					Indicador social	Indicadores agonistas			
		Comen ¹	Beben ²	Bajo sombra ¹	De pie ¹	En rumia ¹	Acicalan ¹	Montas ²	Amenazas ¹	Flehmen ¹	Topetazos ²
Hora											
8	Mín.	0.0	0.0	0.0	24.1	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	Máx.	66.7	56.3	88.4	100.0	27.5	42.3	23.5	13.7	13.0	7.8
	IQR	15.1	27.4	34.1	29.5	4.7	10.5	3.0	3.0	3.0	2.0
12	Mín.	0.0	0.0	6.7	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Máx.	31.9	43.5	100.0	98.0	21.6	28.2	17.7	11.8	14.5	6.0
	IQR	2.0	14.1	37.5	31.3	5.5	7.0	1.2	2.7	2.4	1.4
16	Mín.	0.0	0.0	1.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Máx.	29.6	54.1	92.8	100.0	22.9	35.6	27.8	11.3	9.8	4.9
	IQR	7.8	19.6	38.8	23.4	5.5	8.1	0.0	2.7	2.9	1.4
DCO											
D1	Mín.	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
	Máx.	51.4	56.3	100.0	100.0	27.5	42.3	23.5	13.7	9.8	7.8
	IQR	12.2	27.0	46.0	37.1	5.6	10.0	1.4	2.8	4.1	1.4
D2	Mín.	0.0	0.0	1.4	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Máx.	43.7	43.5	97.1	100.0	21.7	40.6	9.6	11.3	14.5	5.6
	IQR	7.0	14.5	42.7	30.4	5.8	10.9	1.5	2.9	2.9	1.5
D3	Mín.	0.0	0.0	1.0	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Máx.	66.7	49.4	96.3	99.0	22.9	33.3	27.8	6.1	6.2	6.0
	IQR	10.9	20.2	49.4	31.0	5.4	9.6	1.2	2.1	2.5	1.2

DCO: Diseño del Corral; D1: Diseño 1 (etapa inicial); D2: Diseño 2 (etapa intermedia); D3: Diseño 3 (etapa reciente).

¹Tasa x100; ²Tasa x1000. IQR=Rango intercuartílico. Para hora y diseño de corral n=180.

Anexo III

Cuadro 10. Valores mínimos, máximos y rango intercuartílico para la interacción entre los horarios y diseños de corral para los indicadores habituales, sociales y agonistas del comportamiento conductual de bovinos productores de carne en finalización intensiva durante la época de verano.

Variable	D1			D2			D3			
	8	12	16	8	12	16	8	12	16	
<i>Indicadores habituales</i>										
Comen ¹	Mín.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Máx.	51.4	13.7	23.5	43.7	31.9	23.2	66.7	9.1	29.6
	IQR	21.0	1.4	8.0	7.2	1.8	6.7	20.0	2.6	9.5
Beben ²	Mín.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Máx.	56.3	41.1	54.1	42.3	43.5	43.5	49.4	36.4	44.4
	IQR	29.4	14.1	27.3	27.4	17.7	14.5	23.6	11.1	20.2
Bajo sombra ¹	Mín.	0.0	6.8	2.7	1.4	10.1	1.4	1.0	6.7	1.0
	Máx.	72.6	100.0	84.3	88.4	97.1	88.4	87.8	96.3	92.7
	IQR	30.1	34.9	36.7	34.7	34.6	41.6	32.7	45.2	40.7
De pie ¹	Mín.	25.5	1.4	6.8	27.5	13.0	9.9	24.1	16.7	7.2
	Máx.	100.0	98.0	95.5	98.6	94.4	100.0	99.0	91.8	99.0
	IQR	26.4	31.5	24.5	27.6	29.8	19.0	29.9	27.9	23.7
En rumia ¹	Mín.	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Máx.	27.5	21.6	21.6	11.0	17.4	21.7	16.2	16.7	22.9
	IQR	5.1	5.0	7.5	4.4	6.9	5.3	3.9	4.2	6.0
<i>Indicador social</i>										
Acicalan ¹	Mín.	5.9	2.7	1.4	4.1	2.9	0.0	3.7	0.0	0.0
	Máx.	42.3	25.5	29.4	40.6	28.2	35.6	33.3	22.2	24.5
	IQR	10.6	7.1	7.9	10.5	7.6	8.7	8.6	5.3	7.3
<i>Indicadores agonistas</i>										
Montas ²	Mín.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Máx.	23.5	17.7	8.1	9.6	8.2	7.3	9.6	4.4	27.8
	IQR	3.7	1.4	0.0	4.1	0.3	0.0	2.9	1.1	0.0
Amenazas ¹	Mín.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Máx.	13.7	11.8	9.8	7.3	5.8	11.3	6.1	6.1	6.1
	IQR	3.8	2.8	2.7	2.9	2.9	2.9	2.4	2.1	2.1
Flehmen ¹	Mín.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Máx.	9.5	9.5	9.8	13.0	14.5	8.7	6.2	3.6	6.2
	IQR	4.2	2.7	2.7	2.9	2.9	2.9	2.9	1.2	2.4
Topetazos ²	Mín.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Máx.	7.8	3.9	4.1	5.6	4.5	4.9	3.7	6.0	3.6
	IQR	2.8	1.4	1.4	1.5	1.4	1.5	1.2	1.1	1.1

H: Hora; DCO: Diseño del Corral; D1: Diseño 1 (etapa inicial); D2: Diseño 2 (etapa intermedia); D3: Diseño 3 (etapa reciente).

¹Tasa x100; ²Tasa x1000. IQR=Rango intercuartílico.

Para hora y diseño de corral n=60.