

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Instituto de Ciencias Agrícolas
Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias



**EFFECTO DEL ESPACIO VITAL EN LA RESPUESTA
PRODUCTIVA, INDICADORES CONDUCTUALES Y CALIDAD
DE LA CANAL DE MACHOS HOLSTEIN EN ENGORDA**

T E S I S

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTA

ANA MIREYA ROMO VALDEZ

DIRECTORA

DRA. CRISTINA PÉREZ LINARES

CODIRECTOR

DR. FRANCISCO GERARDO RÍOS RINCÓN

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

OCTUBRE DE 2023

La presente tesis “**EFECTO DEL ESPACIO VITAL EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA, INDICADORES CONDUCTUALES Y CALIDAD DE LA CANAL DE MACHOS HOLSTEIN EN ENGORDA**” realizada por **C. Ana Mireya Romo Valdez**, dirigida por el **Ph. D. Cristina Pérez Linares**, ha sido evaluada y aprobada por el Comité Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el grado de:

Doctor en Ciencias Agropecuarias

Ph. D. CRISTINA PÉREZ LINARES
Director de Tesis

Ph. D. FRANCISCO GERARDO RÍOS RINCÓN
Codirector de Tesis

Ph. D. FERNANDO FIGUEROA SAAVEDRA
Sinodal

DR. ALBERTO BARRERAS SERRANO
Sinodal

Dra. BEATRIZ ISABEL CASTRO PÉREZ
Sinodal

“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

Le quiero agradecer primero que nada a mi comité de tesis: Dra. Cristina Pérez Linares, Dr. Francisco Gerardo Ríos Rincón, Dr. Fernando Figueroa Saavedra, Dr. Alberto Barreras Serrano y la Dra. Isabel Castro Pérez quienes me acompañaron durante estos tres años de doctorado; pero quisiera agradecer especialmente a la Dra. Cristina por aceptarme bajo su dirección y enseñarme tantas cosas durante este tiempo, así como al Dr. Francisco Gerardo Ríos Rincón, quien ha estado conmigo en todo mi proceso formativo desde la maestría o tal vez desde antes y se ha convertido en mi papá académico y una persona que quiero mucho.

Una parte muy importante en mi vida es mi familia quien se merece el agradecimiento más grande que les pueda dar, empezando por mis padres Alma Valdez y Javier Romo, porque gracias a ellos soy la persona que soy hoy en día y sin su apoyo no podría haber llegado hasta este momento, también le agradezco a mis hermanos quienes me apoyaron a la distancia en esta etapa y quienes me han dado a las personitas que más amo en esta vida, mis sobrinos, a quienes extrañe demasiado estos años a distancia; a pesar de los kilómetros que me separaban de mi núcleo familiar, tuve la suerte de poder tener a poca distancia a mi tía Cruz y mi Nenita quienes me daban esa carga de amor familiar cuando lo necesite para seguir adelante en este proceso.

También le quiero agradecer a la mejor amiga que la vida me pudo dar, y que durante estos años de doctorado me aguantó y me apoyó, gracias, de verdad gracias, Adriana, porque estoy segura de que sin tu compañía yo no hubiera aguantado tanto tiempo lejos de mi familia y hogar; este nuevo lugar también me dio nuevas amistades, gracias Karla y Gina por darme su amistad y estar presentes en este proceso, así mismo le agradezco a ese amigo que hice cuando inicié la maestría y que a pesar de tomar rumbos diferentes sigue presente, gracias Walter.

Otra persona muy especial para mí, que merece mi agradecimiento es mi novio Luis, quien ha estado conmigo desde el día que yo inicié este camino llamado Posgrado hace poco más de 6 años, me apoyó durante la maestría y no perdió la fe en mí durante el doctorado, sé que fueron años difíciles por la distancia, pero aun así siempre estuvo para mí cuando lo necesite.

Agradezco también a la empresa Ganadera Mexicali S.A. de C.V y a sus trabajadores, por permitirme llevar a cabo mi proyecto de investigación en sus instalaciones y por prestarme sus animales para realizarlo, así como hacerme en confianza durante el tiempo que llevo dicho proyecto.

Por último, pero no menos importante, esta CONACYT a quien le agradezco por el apoyo económico brindado a través de la beca de estudios de posgrado.

DEDICATORIA

Les dedico este trabajo a mis padres y familia, quienes siempre han estado a mi lado en cada paso que he dado durante toda mi carrera, así como a toda la gente que estuvo involucrada en todo el trabajo que se necesitó para llevar a cabo este proyecto.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
CAPITULO 2.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Densidad de carga de ganado bovino en el corral de engorda.....	5
Comportamiento productivo del ganado bovino en el corral de engorda.....	7
Comportamiento conductual del bovino.....	7
Características de la canal y de la carne bovina producida en corral de engorda.....	9
Características de la canal.....	9
Calidad de la carne.....	10
LITERATURA CITADA.....	12
CAPÍTULO 3.....	18
ARTÍCULOS GENERADOS.....	19
Artículo 1. Importancia del espacio vital en la respuesta productiva y bienestar del ganado bovino productor de carne en confinamiento.....	19
Artículo 2. Influencia del espacio vital en corral sobre las variables productivas, calidad de la canal y carne en novillos Holstein.....	35
Artículo 3. Indicadores conductuales de novillos Holstein finalizados durante dos periodos con diferente disponibilidad de espacio vital.....	53
CAPÍTULO 4.....	67
CONCLUSIONES GENERALES.....	68

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Espacio vital asignado al ganado bovino.....	6

RESUMEN

El incremento de la disponibilidad de espacio vital en los corrales de engorda intensiva de bovinos mejora la expresión de indicadores conductuales y productivos, y en consecuencia favorece su bienestar. Para evaluar el efecto del espacio vital en el corral de engorda en los indicadores conductuales, productivos, características de la canal y de la carne en novillos Holstein, se incluyeron 20 corrales distribuidos de la siguiente manera: 1) novillos finalizados en invierno, distribuidos en cinco corrales, que incluyó a 57 novillos alojados en 16 m²/cabeza y cinco corrales con 65 novillos alojados en 14 m²/cabeza; y 2) bovinos finalizados en primavera, distribuidos en cinco corrales de 57 bovinos alojados en 16 m²/cabeza y cinco corrales con 65 novillos alojados en 14 m²/cabeza. Conforme a la disponibilidad de espacio, los novillos alojados en 14 m², exhibieron comportamiento agonista expresado en mayor frecuencia de topetazos (16.93 vs. 12.51), peleas (7.17 vs. 2.99), amenazas (12.16 vs. 8.02) y vocalizaciones (24.92 vs. 18.56) (P<0.05); por época del año, en los novillos finalizados en invierno persistieron los topetazos (15.98 vs. 13.46), peleas (6.61 vs. 3.55) y acicalamiento (28.40 vs. 20.31), disminuyó la frecuencia de olfateos (24.98 vs. 64.14) e incrementó la frecuencia de novillos con cabeza baja (6.30 vs. 2.31) (P<0.05). La reducción del espacio vital en novillos Holstein en el invierno promueve el comportamiento agonista y la disminución del comportamiento social. Asignar 16 m²/ cabeza durante la engorda y finalización intensiva de novillos Holstein asegura mejores condiciones de alojamiento y brinda la posibilidad de la expresión del comportamiento habitual positivo. En la respuesta productiva, al primer reimplante se observó que el peso vivo promedio fue mayor en T16 vs T14 (384.25 vs 378.38 kg; P<0.05). La diferencia entre T16 vs T14 persistió hasta el final del experimento (612.35 vs 595.54 kg; P<0.05). La ganancia diaria de peso (1.50 vs 1.46 kg), peso de la canal caliente (367.34 vs 360.35 kg) y peso de la canal fría (366.68 vs 358.78 kg), fue mayor (P<0.05) en T16. En las características de la canal y de la carne, no se observaron diferencias entre tratamientos (P>0.05). Los resultados sugieren que incrementar el espacio vital, de 14 a 16 m²/animal, mejora los indicadores productivos sin afectar las características de calidad de la canal y de la carne.

Palabras clave: Espacio Vital, Bovinos, Producción intensiva, Canal, Holstein

ABSTRACT

The increase in the availability of vital space in the bovine feedlots pens improves the expression of behavioral and productive indicators, and consequently favors their well-being. To determine the effect of living space in the feedlot on behavioral, productive, carcass and meat characteristics indicators in Holstein steers, 20 pens distributed as follows: 1) steers finished in winter, distributed in five pens, which included 57 steers housed in 16 m²/head and five pens of 65 steers housed in 14 m²/head; and 2) cattle finished in spring, distributed in five pens of 57 cattle housed in 16 m²/head and five pens of 65 steers housed in 14 m²/head. According to the availability of space, the steers housed in 14 m², exhibited agonistic behavior expressed in a higher frequency of bumps (16.93 vs. 12.51), fights (7.17 vs. 2.99), threats (12.16 vs. 8.02) and vocalizations (24.92 vs. 18.56); By time of year, in steers finished in winter, bumping (15.98 vs. 13.46), fighting (6.61 vs. 3.55) and grooming (28.40 vs. 20.31) persisted, sniffing frequency decreased (24.98 vs. 64.14) and increased the frequency of head down steers (6.30 vs. 2.31). Reducing living space in Holstein steers in the winter promotes agonistic behavior and decreased social behavior. Allocating 16 m²/ head during intensive fattening and finishing of Holstein steers ensures better housing conditions and provides the possibility of positive habitual behavior expression. In the productive response, at the first reimplantation it was observed that the average live weight was higher in T16 vs. T14 (384.25 vs. 378.38 kg) (P<0.05). The difference between T16 vs T14 persisted until the end of the experiment (612.35 vs 595.54 kg) (P<0.05). Daily weight gain (1.50 vs 1.46 kg), hot carcass weight (367.34 vs 360.35 kg) and cold carcass weight (366.68 vs 358.78 kg), was higher (P<0.05) in T16. In carcass and meat characteristics, no differences were observed between treatments (P>0.05). The results suggest that increasing the living space, from 14 to 16 m²/animal, improves the productive indicators without affecting the quality characteristics of the carcass and meat.

Keywords: Vital Space, Cattle, Feedlots, Carcass, Holstein

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

En México, la producción de carne de bovino en canal logró en el año 2022, la cantidad de 2,175,6 miles de toneladas, que significa un aumento del 2.11% con respecto a la producción del año 2021 y 19.5% en los últimos 10 años (SIAP-SIACON, 2023); la creciente demanda de proteína de origen animal ha generado que la producción intensiva de carne de ganado bovino se incremente (Miranda de la Lama et al., 2013), y en consecuencia para atender esta demanda, se ha promovido la utilización de novillos Holstein provenientes de las explotaciones lecheras, en el sistema intensivo de producción de carne (Duff y McMurphy, 2007).

Mota-Rojas *et al.* (2016), afirman que el incremento en el volumen de la producción de carne bovina en confinamiento ha impactado de forma negativa el bienestar de los bovinos en el corral de engorda, en razón de que los bovinos que se encuentran confinados necesitan de un área donde expresen su comportamiento natural (Gasques, 2008); este espacio, necesario para el comportamiento esencial de los bovinos está basado en la disponibilidad en metros cuadrados en el corral de engorda; a este requerimiento se le conoce como espacio vital (Gallo *et al.*, 2023). En este sentido, existen referencias que recomiendan diversos valores relativos a la disponibilidad de espacio vital, que en función del peso de los bovinos o las condiciones climáticas varían desde 12 m² hasta 20 m² (Lagos *et al.*, 2014; SAGARPA, 2014), sin considerar las características de crecimiento ni el temperamento mostrado por algunos grupos raciales como los machos de la raza Holstein que tienden a exhibir conductas impredecibles cuando son adultos (Kenneth *et al.*, 2005). Landaeta-Hernández y Drescher (2012), afirman que, al proporcionar suficiente espacio vital, se garantiza la disminución de la conducta agonista y se refleja en mayor ganancia productiva y también favorece a la mejora de los indicadores de bienestar del ganado bovino en el corral de engorda (Romo-Valdez *et al.*, 2021) y por consiguiente se mejoran los indicadores productivos (Montelli *et al.*, 2019). Una de las expresiones conductuales que pueden afectarse por la falta de disponibilidad de espacio vital, son las interacciones relacionadas con la dominancia jerárquica dentro del corral de engorda que están relacionadas como causales de estrés y con la presencia de lesiones físicas y contusiones, lo que resulta en afectaciones a la carne como la presencia de cortes cárnicos defectuosos al observarse características

indeseables tales como obscura, firme y seca (Miranda-de la Lama *et al.*, 2013; Pérez-Linares *et al.*, 2017).

En la producción de carne bovina en México existen factores determinantes en la respuesta productiva y en los indicadores conductuales, entre los que se enumeran las condiciones climáticas, características raciales, tiempo de permanencia en el corral y el incremento del peso de los bovinos, que no se toman en cuenta al momento de formar los corrales, esto debido a que existe una tendencia mundial a disminuir el espacio vital en la producción intensiva con la finalidad de aumentar la rentabilidad de la unidad de producción, en respuesta a esto Macitelli *et al.* (2020) mencionan que la reducción del espacio vital afecta las circunstancias ambientales en el corral, así como la conducta y la salud de los animales, sinónimos de la pérdida de bienestar. En el mismo sentido Montelli *et al.* (2019), mencionan que al incrementar el espacio vital se mejora la rentabilidad de la unidad de producción al disminuir la presencia de enfermedades y obtener canales más pesadas al finalizar el periodo de engorda.

Con respecto a la normativa oficial y al manual concerniente a la producción intensiva de carne bovina en confinamiento en México, Zazueta-Gutiérrez *et al.* (2022) afirman que la asignación de espacio vital en el corral de engorda es arbitraria en las unidades de producción de carne bovina porque no se consideran aspectos específicos propios de la especie y de su comportamiento, así como de los factores de bienestar que aseguren la protección contra las condiciones climáticas adversas, por lo que es necesario generar resultados de investigación que consideren los elementos anteriormente referidos.

CAPITULO 2

REVISIÓN DE LITERATURA

Densidad de carga de ganado bovino en el corral de engorda

Los bovinos para producción de carne en confinamiento requieren de espacio vital donde puedan expresar su comportamiento innato, mientras se mantienen dentro del ciclo de engorda (Gasque, 2008), por lo tanto, el número de animales alojados por corral dependerá del espacio disponible. Lagos et al. (2014), mencionan que los bovinos de engorda requieren 18.5 m² de espacio vital, sin embargo, este se puede ajustar al peso del ganado, es decir bovinos de 300 kg o menos requieren 15 m² y bovinos de 400 kg o más necesitan 20 m²; por otro lado, SAGARPA (2014), informa que 12 a 12.5 m² por bovino, es suficiente para que puedan desarrollar su comportamiento natural.

En algunos estudios acerca de la densidad en el corral de engorda se evaluaron 3, 4 y 5 novillos por corral que corresponden a 16.7, 12.6 y 10 m²/novillo, los resultados indican que al disminuir la densidad en el corral se mejora la calidad de la canal y el comportamiento del ganado (Ha et al., 2018); en otro experimento, Lee et al. (2012) utilizaron 1, 2, 3 y 4 novillos, que significan 32, 16, 10.6 y 8 m²/novillo, respectivamente; al respecto, los autores señalan que los bovinos alojados en corrales con menor densidad (mayor espacio vital disponible; P<0.05) expresaron mayor tasa de crecimiento y mostraron mayor área del ojo de la costilla (P<0.01), pero no hubo diferencia en la calidad de la carne; sin embargo, estos estudio no se realizaron con densidades que se pueden encontrar de manera habitual en una engorda comercial, por lo que los resultados no se deben a la densidad dentro del corral o al tamaño del grupo.

En algunos estudios se sugiere la así diferentes espacios vitales en ganado bovino como se observa en el Cuadro 1, sin poblaciones similares a las habituales en las engordas comerciales.

Cuadro 1. Espacio vital asignado al ganado bovino.

Autores	Lugar	Raza	Espacio vital	Bovinos/corral
Ha et al. (2018)	Gyeongbuk, Corea	Hanwoo	10 m ²	5
			12.6 m ²	4
			16.7 m ²	3
Lee et al. (2012)	Gyeongbuk, Corea	Hanwoo	32 m ²	1
			16 m ²	2
			10.6 m ²	3
			8 m ²	4
De Freitas et al. (2015)	Goiás, Brasil	Holstein-Cebú $\frac{3}{4}$	16.5 m ²	13
Marti et al. (2017)	España	Holstein	3.4 m ²	21
Amatayakul-Chantler et al. (2012)	Sonora, México	<i>Bos indicus</i> Zebu X Brown Swiss	11 m ²	40
Miguel et al. (2014)	Sao Paulo, Brasil	Nellore y Nellore X Aberdeen Angus	10 m ²	1
Marti et al. (2015)	Alberta, Canadá	Angus y cruzas de Angus	56.7 m ²	10
Bolado-Sarabia et al. (2018)	Baja California, México	Holstein	9 m ²	90

Comportamiento productivo del ganado bovino en el corral de engorda

En las engordas de ganado bovino los novillos de raza Holstein, desde hace alguno años, se han convertido en un insumo importante (Duff y McMurphy, 2007), y se debe a que al manejarlos y alimentarlos correctamente, producen canales de buena calidad constante, que a comparación de las canales de bovinos de razas convencionales para la producción de carne, presentan un área del ojo de la costilla de menor tamaña, pero esto puede mejorarse mediante la utilización de implantes (Eng, s. f.); sin embargo, los bovinos Holstein al requerir una mayor cantidad de energía neta en el alimento, así como más tiempo en el corral, tienden a presentar más trastornos metabólicos (Duff y McMurphy, 2007).

Rotta et al. (2009), en un estudio donde compararon dos razas de bovinos destinados principalmente a la producción de carne contra bovinos Holstein, refieren que las razas Nellore y Caracu, lograron mayor peso final (536 y 514 kg, respectivamente) que los bovinos de raza Holstein (448 kg), esto debido a que las razas Nellore y Caracu, tiene la capacidad de producción de carne, mientras que los bovinos de raza Holstein, poseen una mayor disposición hacia la producción de leche, por lo que la ganancia diaria de peso es menor.

Comportamiento conductual del bovino

Los bovinos son animales herbívoros y rumiantes, los cuales de forma natural tienen la capacidad de pastorear hasta nueve horas al día, utilizando dentro de estas el 75% para rumiar (SENASA, 2015). Estos son animales que se agrupan en manada y dentro de estas manadas tienen un orden social por jerarquías (Méndez et al., 2013; SENASA, 2015); dicho comportamiento en manada puede tener sus ventajas en la producción pecuaria, puesto que facilita el traslado de pocos animales de un lugar a otro sin generar estrés por aislar a un solo animal (Méndez et al., 2013); por otro lado el juntar animales de distintos grupos sociales altera el orden de jerarquía original, lo cual obliga al grupo a reestructurar su jerarquía a través de comportamientos de aceptación o rechazo (SENASA, 2015).

En los corrales de engorda, el comportamiento de los bovinos puede modificarse debido al hacinamiento, ya que este puede llegar a producir incomodidad dentro del grupo

social, por lo cual es recomendado contar con disponibilidad de espacio vital para el desarrollo adecuado de los animales (SENASA, 2015); otro factor importante que puede modificar el comportamiento tanto agonista como social de los bovinos es su genotipo e incluso su individualidad, sin embargo, las razas lecheras son animales que presentan mayor comportamiento homosexual y social en comparación con razas especializadas en producción de carne (Jezierski et al., 1989); un ejemplo de razas lecheras podría ser la raza Holstein, de la cual se utilizan los machos para la producción de carne en los corrales de engorda intensiva.

Una expresión de la conducta social que se presenta en los bovinos es el acicalamiento, comportamiento que describen Sato et al. (1991), y que consiste en cumplir tres funciones específicas: efecto de limpieza, efecto de reducción de la tensión grupal y efecto de unión entre sus semejantes que comparten espacio en el corral.

Los bovinos en particular, poseen un orden jerárquico, para determinar dicho orden se pueden generar conductas agonistas, manifiestas como topetazos y montas; una forma de disminuir este comportamiento es formar corrales lo más homogéneo posibles; esto debido a que al juntar animales de diferentes genotipos y por lo tanto distintos fenotipos estimula las montas entre los bovinos, debido a que prefieren montar congéneres con genotipos y/o fenotipos distintos al suyo (Jezierski et al., 1989); si se logra disminuir el número de montas, así como de topetazos en el corral al generar corrales homogéneos, los bovinos pueden presentar mayor tasa de crecimiento y mejor calidad de la carne, lo cual va de la mano con mejoras al bienestar de los bovinos (Amatayakul-Chantler et al., 2012).

Dentro de las conductas agonistas, se encuentra la conducta de tipo sexual, y una de ellas es la monta entre los bovinos, mejor conocida como bullying; esta conducta involucra a dos o más animales, de manera que un bovino puede ser montado por uno o más bovinos, o ser varios los bovinos montados, este comportamiento puede ser un problema grave en engordas ya que los animales se encuentran en confinamiento y no tienen una zona de escape, así como aumentar en épocas cálidas; dicho comportamiento puede estar involucrado en el orden de jerarquías, puesto que los animales que montan a otros, son dominantes, y los bovinos montados se muestran sumisos (Blackshaw et al., 1997)

Según Edwards (1995), existen dos tipos de bovinos “bullers”, los cuales son: tipo I, el “buller” verdadero, es aquel que asume una posición de hembra en celo y puede ser montado por otros novillos; y tipo II, el “buller” elegido, el cual es montado por tener un olor desconocido en el corral, ser nuevo, tener un rango jerárquico bajo o estar enfermo.

En un estudio realizado por De Freitas et al. (2015), reportaron que bovinos de raza Holstein castrados presentan comportamiento de sexual y de dominancia disminuido en comparación a bovinos enteros o inmunocastrados, de esta misma raza. Por otro lado en un estudio realizado por Bolado-Sarabia et al. (2018), los bovinos de raza Holstein inmunocastrados disminuyen de forma evidente el comportamiento sexual y agresivo en comparación con bovinos enteros, esto debido a la baja concentración de testosterona en el sistema circulatorio.

Características de la canal y de la carne bovina producida en corral de engorda

Características de la canal. Según Du Plessis y Hoffnam (2007), la calidad de la carne puede verse afectada por diversos factores, tales como edad, variación genética y raza del animal sacrificado; un factor importante a tomar en cuenta es si los bovinos se encuentran castrados o enteros, ya que éstos últimos tienen a presentar canales con mayor incidencia de hematomas (Marti et al., 2013), debido a la mayor producción de testosterona, hormona que aumenta las conductas agonistas de los bovinos (Bolado-Sarabia et al., 2018).

Es importante considerar que la presencia de contusiones en la canal independientemente de la raza o cruza del ganado de engorda, se debe al temperamento de los bovinos, puesto que bovinos con temperamento más excitable tienen mayor presencia de contusiones en la canal que bovinos que muestran comportamiento más tranquilo (Francisco et al., 2015). La importancia de reducir la presencia de hematomas de debe a que estos requieren cortes excesivos en las canales, aumentando las medidas de saneamiento y tiempo en la línea de sacrificio, lo cual conlleva a pérdidas de económicas, debido a los cortes afectados por los hematomas (Youngers et al., 2017).

Mach et al. (2009) indican que en ganado Holstein para producción de carne se obtienen canales con mayor cobertura de grasa en la canal; a su vez, Marti et al. (2013),

mencionan que se presenta un aumento en la deposición de grasa en la canal en ganado entre los 10 y 12 meses de edad alimentado con dietas altas en contenido energético.

Calidad de la carne. La carne es la parte muscular que incluye grasa, y en algunas ocasiones contiene algo de hueso y es utilizada como alimento por el hombre (Consigli, 2001). La carne posee diversos atributos de calidad, uno de ellos es la calidad sensorial, en esta se toman en cuenta las características que se perciben por los sentidos y que están relacionados con la satisfacción del consumidor, razón por la cual es este quien fija lo que se conoce como calidad de la carne, a través de diferentes características, siendo la más importante el color ya que este influye en la decisión de compra del consumidor (Consigli, 2001; López et al., 2013; Pearson, 1966).

El color de la carne esta dado por la mioglobina; esta puede variar su tonalidad en función a su grado de oxidación, por lo que el color de la carne no es fijo y varía dependiendo de cuál de las tres estados químicos de la mioglobina esté presente, deoximioglobina, oximioglobina o metamioglobina, dando como resultado colores como morado, rojo brillante o pardo, respectivamente (López et al., 2013).

El color de la carne puede medirse objetivamente con ayuda de colorímetros y espectrofotómetros; esto se lleva a cabo mediante el sistema CIE-L*a*b, el cual consiste en tres coordenadas, las cuales se obtienen con los valores de L* (luminosidad) los cuales van desde 0, que es el color negro, a 100, que es el color blanco; a* que es el color rojo con valores de -60 (verde) a 60 (rojo); y amarillo representado por b*, con valores de -60 (azul) a 60 (amarillo), sin embargo, no es correcto considerar solo estas tres mediciones, también se deben considerar los valores de la saturación del color (croma), el cual está determinado por la cantidad de mioglobina en el musculo, variando el color de rosa pálido a rojo intenso; y el tono (hue) que nos indica el estado en que se encuentra la mioglobina (Alberti et al., 2016; López et al., 2013). En el caso de la carne es normal encontrar valores de L* mayores a 35, así como valores positivos de a* y b* (Alberti et al., 2016).

En un estudio realizados en machos Holstein enteros e inmunocastrados, se registraron valores de L* (27.18 y 26.30, respectivamente), y valores de pH: 5.64 y 5.62, en las canales de bovinos inmunocastrados y enteros (Pérez-Linares et al., 2017), estos

rangos de pH están dentro de un rango para una carne normal, la cual en promedio tiene un pH de 5.5 (Wulf et al., 2002).

El pH es un parámetro importante para la calidad, especialmente para la calidad físico-química de la carne, ya que su modificación afecta características de la carne como el color, el cual pertenece a la calidad sensorial de esta misma (Braña et al., 2011; León et al., 2017).

El pH puede variar por diversos factores, siendo uno de los más importantes el manejo del ganado bovino 24 horas antes de la matanza y el manejo de la canal durante las primeras 24 horas *postmortem*; esto se debe al estado excitable del bovino a consecuencia del estrés provocado en un animal antes de ingresar al establecimiento de matanza lo que da como resultado la disminución repentina de pH, resultado similar se presenta al refrigerar la canal de manera incorrecta después del sacrificio, esto es de importancia ya que el descenso del pH define la calidad de la carne (Braña et al., 2011)

En la producción de ganado de engorda, existen diversos factores que afectan las características de la canal, y están relacionados con la calidad de la carne, uno de ellos es la castración, ya sea quirúrgica o inmunocastración, así como dejar al ganado sin castrar; De Freitas et al. (2015), reportaron que al engordar bovinos Holstein castrados, éstos obtuvieron mayor marmoleo que aquellos que no se castraron ($P < 0.05$); en cuanto a bovinos inmunocastrados éstos no presentaron una diferencia estadística entre castrados y no castrados ($P > 0.5$); en un estudio similar Mach et al. (2009), reportaron que ganado Holstein castrado mejoró en marmoleo ($P = 0.001$), terneza ($P = 0.01$) y luminosidad ($P = 0.02$) en comparación con ganado no castrado. Los bovinos castrados también poseen una menor incidencia de corte oscuro (carne DFD) (Marti et al., 2017).

Pérez-Linares et al. (2017), en un trabajo realizado con bovinos de raza Holstein, observaron mayor marmoleo en canales de bovinos inmunocastrados que en canales de bovinos enteros. Por otro lado, Pfuhl et al. (2007), afirmaron que los bovinos de raza Holstein tienen mayor grado de marmoleo que los bovinos de raza Charolais, esto debido a que las razas lecheras tienden a acumular grasa interna como depósito de energía, mientras que las razas de carne aumentan su proteína muscular.

LITERATURA CITADA

- Alberti, Pedro, Guillermo Ripoll, C. Alberti, y Begoña Panea. 2016. «Clasificación objetiva del color de la carne de denominaciones de venta de vacuno». Eurocarne 244:131141.
- Amatayakul-Chantler, S., J. A. Jackson, J. Stegner, V. King, L. M. S. Rubio, R. Howard, E. Lopez, and J. Walker. 2012. «Immunocastration of Bos Indicus x Brown Swiss Bulls in Feedlot with Gonadotropin-Releasing Hormone Vaccine Bopriva Provides Improved Performance and Meat Quality». Journal of Animal Science 90(11):3718-28.
- Blackshaw, Judith K., Alan W. Blackshaw, and John J. McGlone. 1997. «Buller Steer Syndrome Review». Applied Animal Behaviour Science 54(2):97-108.
- Bolado-Sarabia, José L., Cristina Pérez-Linares, Fernando Figueroa-Saavedra, Alma R. Tamayo-Sosa, Alberto Barreras-Serrano, Eduardo Sánchez-López, Issa C. García-Reynoso, Francisco G. Ríos-Rincón, Mabel Y. Rodríguez-Poché, Luis A. García-Vega, Esteban Gallegos, and Priscila Castro-Osuna. 2018. «Effect of immunocastration on behaviour and blood parameters (cortisol and testosterone) of Holstein bulls». Austral journal of veterinary sciences 50(2):77-81.
- Braña Varela, Diego, Ericka Ramírez Rodríguez, María de la Salud Rubio Lozano, Armida Sánchez Escalante, Gastón Torrescano Urrutia, María Lilia Arenas de Moreno, José Armando Partida de la Peña, Edith Ponce Alquicira, y Francisco Gerardo Ríos Rincón. 2011. Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne.
- Consigli, Ricardo. 2001. «¿Qué es la calidad de la carne?» Sitio argentino de producción animal. Recuperado (http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/21-que_es_la_calidad_de_la_carne.pdf).
- De Freitas, Vantuil Moreira de, Karen Martins Leão, Francisco Ribeiro de Araujo Neto, Thaisa Campos Marques, Rafael Moraes Ferreira, Lázaro Leonardo Franco

- Garcia, y Eunivânio Barbosa de Oliveira. 2015. «Efeitos Da Castração Cirúrgica, Imunocastração e Homeopatia Sobre o Desempenho, Características de Carcaça e Comportamento de Bovinos Machos Cruzados Terminados Em Confinamento». *Semina: Ciências Agrárias* 36(3):1725-34.
- Du Plessis, I., and L. C. Hoffman. 2007. «Effect of Slaughter Age and Breed on the Carcass Traits and Meat Quality of Beef Steers Finished on Natural Pastures in the Arid Subtropics of South Africa». *South African Journal of Animal Science* 37(3):143-53.
- Duff, Glenn, and Casey McMurphy. 2007. «Feeding Holstein Steers from Start to Finish». *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 23(2):281-97.
- Edwards, T. A. 1995. «Buller syndrome: What's behind this abnormal sexual behavior?». *Journal of Animal Science* 50(4):6-9.
- Eng, Kenneth S. s. f. «Dairy Beef Production Past Present and Future». P. 5 en.
- Francisco, C. L., F. D. Resende, J. M. B. Benatti, A. M. Castilhos, R. F. Cooke, and A. M. Jorge. 2015. «Impacts of Temperament on Nellore Cattle: Physiological Responses, Feedlot Performance, and Carcass Characteristics». *Journal of Animal Science* 93(11):5419-29.
- Gallo, C., B. Tabilo, G. Navarro, and C. Phillips. 2023. Minimum space requirements for cattle: An approach based on photographic records. *Veterinary Records*. e2780. 1-8.
- Gasque, Ramón. 2008. *Enciclopedia Bovina*. México, D. F: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ha, Jae Jung, KaYoung Yang, Dong Yep Oh, Jun Koo Yi, and Jong joo Kim. 2018. «Rearing Characteristics of Fattening Hanwoo Steers Managed in Different Stocking Densities (R)». *Journal of Animal Science* 31(11):1714-20.

- Jezierski, T. A., M. Kozirowski, J. Goszczyński, and I. Sieradzka. 1989. «Homosexual and Social Behaviours of Young Bulls of Different Geno- and Phenotypes and Plasma Concentrations of Some Hormones». *Applied Animal Behaviour Science* 24(2):101-113.
- Kenneth, H. B., L. J. Maynard, and A. L. Meyer. 2005. Understanding the market for Holstein steers. En: *Managing & Marketing Quality Holstein Steers Proceedings*. Iowa State University. p. 207-225.
- Lagos, Humberto, Francisco J. González, y Francisco Castillo. 2014. *Paquete Tecnológico Para La Engorda de Ganado Bovino En Corral*. Coyoacán, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
- Landaeta-Hernández, A., y K. Drescher. 2012. Instalaciones, conducta y bienestar en vacunos tropicales. *Revista Mundo Pecuario*. 8(2):121-131.
- Lee, Sang Moo, Jae Yeon Kim, and Eun Joong Kim. 2012. «Effects of Stocking Density or Group Size on Intake, Growth, and Meat Quality of Hanwoo Steers (*Bos Taurus Coreanae*)». *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 25(11):1553-58.
- León, Mariana, Ana Orduz, y Magaly Velandia. 2017. «COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA CARNE DE OVEJO, POLLO, RES Y CERDO». @limentech, *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 15(2):62-75.
- López, Luis Humberto, Diego Braña, y Isabel Hernández. 2013. Estimación de la vida de anaquel de la carne.
- Mach, N., A. Bach, C. E. Realini, M. Font i Furnols, A. Velarde, and M. Devant. 2009. «Burdizzo Pre-Pubertal Castration Effects on Performance, Behaviour, Carcass Characteristics, and Meat Quality of Holstein Bulls Fed High-Concentrate Diets». *Meat Science* 81(2):329-34.
- Macitelli, F., J. S. Braga, D. Gellatly, and M. J. R. Paranhos da Costa. 2020. Reduced space in outdoor feedlot impacts beef cattle welfare. *Animal*. 14(12):2588-2597.

- Marti, S., C. E. Realini, A. Bach, M. Pérez-Juan, and M. Devant. 2013. «Effect of Castration and Slaughter Age on Performance, Carcass, and Meat Quality Traits of Holstein Calves Fed a High-Concentrate Diet». *Journal of Animal Science* 91(3):1129-40.
- Marti, S., J. A. Jackson, N. Sloomans, E. Lopez, A. Hodge, M. Pérez-Juan, M. Devant, and S. Amatayakul-Chantler. 2017. «Effects on Performance and Meat Quality of Holstein Bulls Fed High Concentrate Diets without Implants Following Immunological Castration». *Meat Science* 126:36-42.
- Marti, S., M. Devant, S. Amatayakul-Chantler, J. A. Jackson, E. Lopez, E. D. Janzen, and K. S. Schwartzkopf-Genswein. 2015. «Effect of Anti-Gonadotropin-Releasing Factor Vaccine and Band Castration on Indicators of Welfare in Beef Cattle». *Journal of Animal Science* 93(4):1581-91.
- Méndez, Danilo, Aline S. de Aluja, María Salud Rubio Lozano, y Diego Braña Varela. 2013. Bienestar animal para operarios en rastros de bovinos.
- Miguel, Giulianna Z., Marcelo H. Faria, Roberto O. Roça, Carolina T. Santos, Surendranath P. Suman, Ana B. G. Faitarone, Nara L. C. Delbem, Lucio V. C. Girao, Juliana M. Homem, Erika K. Barbosa, Leticia S. Su, Flavio D. Resende, Gustavo R. Siqueira, Aline D. Moreira, and Taciana V. Savian. 2014. «Immunocastration Improves Carcass Traits and Beef Color Attributes in Nellore and NellorexAberdeen Angus Crossbred Animals Finished in Feedlot». *Meat Science* 96(2, Part A):884-91.
- Miranda-de la Lama, G. C., M. Pascual-Alonso, A. Guerrero, P. Alberti, S. Alierta, P. Sans, J. P. Gajan, M. Villarroel, A. Dalmau, A. Velarde, M. M. Campo, F. Galindo, M. P. Santolaria, C. Sañudo, and G. A. María. 2013. Influence of social dominance on production, welfare, and the quality of meat from beef bulls. *Meat Science*. 94(4):432-437.

- Montelli N. L. L. L., F. Macitelli, J. da Silva Braga, and M. J. R. P. da Costa. 2019. Economic impacts of space allowance per animal on beef cattle feedlot. *Semina: Ciências Agrárias*. 40(6Supl3):3665-3678.
- Mota-Rojas D., A. Velarde, C. S. Huertas, y M. N. Cajiao. 2016. *Bienestar animal, una visión global en Iberoamérica*. Tercera edición. Barcelona, España: Editorial ELSEIVIER. Pp 516. ISBN: 978-84-9113-026-0.
- Pearson, A. M. 1966. «Desirability of Beef—Its Characteristics and Their Measurement». *Journal of Animal Science* 25(3):843-54.
- Pérez-Linares, C., L. Bolado-Sarabia, F. Figueroa-Saavedra, A. Barreras-Serrano, E. Sánchez-López, A. R. Tamayo-Sosa, A. A. Godina, F. Ríos-Rincón, L. A. García, and E. Gallegos. 2017. «Effect of Immunocastration with Bopriva on Carcass Characteristics and Meat Quality of Feedlot Holstein Bulls». *Meat Science* 123:45-49.
- Pfuhl, R., O. Bellmann, C. Kühn, F. Teuscher, K. Ender, and J. Wegner. 2007. «Beef versus Dairy Cattle: A Comparison of Feed Conversion, Carcass Composition, and Meat Quality». *Archives Animal Breeding* 50(1):59-70.
- Romo-Valdez A., C. Pérez-Linares, F. Ríos-Rincón, F. Figueroa-Saavedra, A. Barreras-Serrano, and I. Castro-Pérez. 2021. Importance of living space in the productive response and welfare of beef cattle in feedlot. *Abanico Veterinario*. 11:1-15
- Rotta, Polyana Pizzi, Ivanor Nunes do Prado, Rodolpho Martin do Prado, Jos Luiz Moletta, Robrio Rodrigues Silva, and Daniel Perotto. 2009. «Carcass Characteristics and Chemical Composition of the Longissimus Muscle of Nelore, Caracu and Holstein-Friesian Bulls Finished in a Feedlot». *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 22(4):598-604.
- SAGARPA. 2014. «Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de Carne de Ganado Bovino en Confinamiento». Recuperado (<http://oncesega.org.mx/archivos/MANUAL%20DE%20BPP%20EN%20LA%20P>

RODUCCION%20DE%20CARNE%20DE%20GANADO%20BOVINO%20EN%20
CONFINAMIENTO.pdf).

Sato, S., S. Sako, and A. Maeda. 1991. «Social Licking Patterns in Cattle (Bos Taurus): Influence of Environmental and Social Factors». *Applied Animal Behaviour Science* 32(1):3-12.

SENASA. 2015. «Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Manual de Bienestar Animal». 164.

SIAP-SIACON (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta). 2023. Resumen nacional de la producción pecuaria. México. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>

Wulf, D. M., R. S. Emmett, J. M. Leheska, and S. J. Moeller. 2002. «Relationships among Glycolytic Potential, Dark Cutting (Dark, Firm, and Dry) Beef, and Cooked Beef Palatability». *Journal of Animal Science* 80(7):1895-1903.

Youngers, M. E., D. U. Thomson, E. F. Schwandt, J. C. Simroth, S. J. Bartle, M. G. Siemens, and C. D. Reinhardt. 2017. «Case Study: Prevalence of Horns and Bruising in Feedlot Cattle at Slaughter». *The Professional Animal Scientist* 33(1):135-39.

Zazueta-Gutiérrez A. C., F. G. Ríos-Rincón, B. I. Castro-Pérez, A. Estrada-Angulo, and J. J. Portillo-Loera. 2022. Environmental effect and pen design on agonist behaviour of beef cattle in feed lot. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 25:1-15.

CAPITULO 3

ARTÍCULOS GENERADOS

Artículo 1. Importancia del espacio vital en la respuesta productiva y bienestar del ganado bovino productor de carne en confinamiento

ESTATUS: Publicado en la Revista: “Abanico Veterinario”

Romo-Valdez, A., Pérez-Linares, C., Ríos-Rincón, F., Figueroa-Saavedra, F., Barreras-Serrano, A., & Castro-Pérez, I. (2021). Importancia del espacio vital en la respuesta productiva y bienestar del ganado bovino productor de carne en confinamiento. *Abanico veterinario*, 11:1-15. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2021.42>



Importancia del espacio vital en la respuesta productiva y bienestar del ganado bovino productor de carne en confinamiento

Importance of living space in the productive response and welfare of beef cattle in feedlot

Romo-Valdez Ana¹ ID, Pérez-Linares Cristina^{*1} ID, Ríos-Rincón Francisco² ID, Figueroa-Saavedra Fernando¹ ID, Barreras-Serrano Alberto¹ ID, Castro-Pérez Isabel² ID

¹Instituto de Investigación en Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, México. *Autor responsable y de correspondencia: Pérez-Linares Cristina. Instituto de Investigación en Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Baja California. Domicilio Conocido, Km 3.5 Carretera a San Felipe, Fraccionamiento Campestre, CP 21386, Mexicali BC. E-mail: e.ana.romo@uas.edu.mx, cristinapl@yahoo.com, fgrios@uas.edu.mx, fernando_figueroa@uabc.edu.mx, abarreras@uabc.edu.mx, laisa_29@hotmail.com

RESUMEN

En el sistema de producción intensiva de carne bovina, el espacio vital asignado en el corral de engorda es fundamental para que los bovinos manifiesten su comportamiento natural, establezcan un orden jerárquico y expresen su potencial productivo. Si en el corral de engorda disminuye el espacio vital también se reduce el área disponible de sombra y comedero, se comprometen los indicadores productivos y se modifica el comportamiento del ganado, al incrementar la conducta agonista para definir las jerarquías dentro del corral. Para la asignación de espacio vital se necesitan considerar las condiciones climáticas de cada región, especialmente en áreas con mayor precipitación pluvial o de elevada temperatura ambiental y humedad relativa; por una parte, el exceso de lodo genera problemas en las extremidades, dificulta el desplazamiento de los bovinos dentro del corral y disminuye la conversión alimenticia, al disponer de mayor gasto energético para facilitar el desplazamiento. Al aumentar el espacio vital en el corral mejora el bienestar de los bovinos, disminuye la morbilidad y aumenta la ganancia de peso. Es por ello importante considerar el entorno medioambiental y las características físicas de los corrales para proveer condiciones óptimas de alojamiento.

Palabras claves: espacio vital, bovinos, producción intensiva.

ABSTRACT

In the intensive beef production system, the living space allocated in the feedlot is fundamental for cattle to show their natural behavior, establish a hierarchical order and express their productive potential. If living space in the feedlot is reduced, the available area for shade and feeders is also reduced, compromising productive indicators and modifying cattle behavior by increasing agonistic behavior to define hierarchies within the pen. For the allocation of living space, it is necessary to consider the climatic conditions of each region, especially in areas with high rainfall, or high environmental temperature and relative humidity; on the one hand, the excess of mud generates problems in the extremities, hinders the displacement of cattle inside the corral and decreases the feed conversion, as it requires more energy expenditure to facilitate the displacement. Increasing the living space in the pen improves cattle welfare, decreases morbidity and increases weight gain. It is therefore important to consider the environmental setting and the physical characteristics of the pens to provide optimal housing conditions.

Keywords: living space, bovines, intensive production.



INTRODUCCIÓN

En respuesta a la creciente demanda de proteína de origen animal, los sistemas productivos se han intensificado y en consecuencia se ha incrementado la producción intensiva de ganado bovino (Miranda de la Lama, 2013); con ello se ha desplazado a los sistemas más tradicionales (Mota-Rojas *et al.*, 2016). De acuerdo con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2020), la producción mundial de carne de bovino creció 1% en 2019, para ubicarse en 62.6 millones de toneladas; principalmente por el incremento de la producción de China. Con respecto al consumo, se estima que durante 2019 el consumo mundial de carne de bovino incrementó 0.8%, para ubicarse en 60.7 millones de toneladas. En México, el hato nacional de bovinos productores de carne, durante el periodo 2012 a 2017 la tasa anual creció 1%; pero mostró mayor crecimiento en el bienio 2016 a 2017, al incrementar en 2%. El registro de la producción durante 2020 en México, muestra que fue de 2 079 362 toneladas (SIAP, 2021).

Al afrontar el crecimiento de la demanda de carne bovina, el confinamiento de ganado en los corrales de finalización intensiva puede impactar de manera negativa en los indicadores de bienestar (Mota-Rojas *et al.*, 2016), ya que se modifica el comportamiento natural de los bovinos, se reduce el espacio común tanto en bebederos, sombra y comederos y el rendimiento productivo puede resultar comprometido (Li *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2012).

Uno de los aspectos más importantes a considerar en la intensificación del sistema de producción de carne bovina en confinamiento es el espacio vital, el cual se define como la cantidad de metros cuadrados disponibles por individuo; dicho de otra manera, el espacio vital es la necesidad que tienen todos los organismos de poseer un hábitat; los animales, preferentemente en parejas o en grupos, ocupan un territorio y lo defienden contra otros animales o grupos, especialmente contra los de la misma especie. La extensión del espacio vital es un rasgo característico de cada especie y depende de la cantidad y calidad del alimento necesario, tamaño y sexo del animal, densidad poblacional y condiciones climáticas del área (Landaeta-Hernández, 2011).

Al respetar el espacio vital de los animales de granja, se garantiza un mejor resultado productivo, por cuanto los animales se desarrollan y reproducen en condiciones adecuadas al reducirse la competitividad entre sus miembros; en tal sentido, se debe evitar el hacinamiento, que incrementa las agresiones; al respecto, si se toman medidas de protección física como el descornado en el ganado bovino y mantener al hato o rebaño homogéneo con respecto al desarrollo corporal, se garantiza atención especial a los animales más débiles, debido a que se reduce la competencia, principalmente en el comedero a la hora de servir el alimento. Es importante considerar que la superficie que ocupa físicamente un animal no necesariamente es el espacio real que necesita en la práctica (Landaeta-Hernández & Drescher, 2012). En la actualidad la mayoría de los estudios acerca del bienestar de los bovinos se han realizado en ganado productor de leche; sin embargo, el ganado productor de carne no tiene el mismo comportamiento que



el ganado lechero; así como también reciben un manejo completamente diferente (Schwartzkopf-Genswein *et al.*, 2012).

Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación es documentar la importancia de la disponibilidad de espacio vital en los indicadores productivos y de bienestar de bovinos productores de carne en confinamiento intensivo.

Comportamiento del ganado bovino en pastoreo

En un sistema de producción, ya sea en pastoreo o en confinamiento, el comportamiento del ganado bovino es determinado por el instinto, las percepciones sensoriales y la experiencia. El comportamiento instintivo se refiere al comportamiento naturalmente motivado, la percepción sensorial, es aquella que resulta de la interacción con el ambiente y del cual derivan situaciones desarrolladas con la experiencia adquirida, ya sea negativa o positiva (Sowell *et al.*, 1999).

Algunas de estas expresiones relativas al comportamiento incluyen a la capacidad de los animales para consumir alimento, descansar, interactuar socialmente y huir ante el peligro, entre otras. En este sentido, los bovinos en pastoreo tienden a utilizar el 95% de su tiempo diurno para realizar comportamientos principales como pastorear, descansar, rumiar y caminar (Kilgour *et al.*, 2012). Al respecto Manning *et al.* (2017), establecieron que la proporción de tiempo destinado al pastoreo puede variar de 30 a 69% por día y ello depende de la disponibilidad de alimento en el agostadero y de la demanda nutricional que en un momento determinado tenga el rebaño. Por su parte Da Silva *et al.* (2013), observaron en las regiones tropicales que el tiempo de pastoreo puede aumentar o disminuir dependiendo de la época del año, por lo que se entiende que en los meses de mayor intensidad luminosa disminuye la frecuencia de pastoreo. Se ha observado que en las regiones tropicales, los bovinos en pastoreo dedican una parte del tiempo a mitigar el efecto de la radiación solar intensa bajo la sombra de los árboles o de construcciones cercanas, esta situación ocurre naturalmente entre las 9:00 y las 14:00 horas (Da Silva *et al.*, 2010). Por su parte Kilgour *et al.* (2012), refieren que la mayor parte de los estudios orientados a dilucidar el comportamiento del ganado bovino en pastoreo, acusan que dada la naturaleza de este sistema de producción, intervienen e interfieren factores como: tamaño del rebaño, tipo racial del ganado, disponibilidad y tipo de pasto; asimismo complicaciones para observar a todo el rebaño, sin que se altere o modifique su patrón de comportamiento. Para hacer más objetivas estas mediciones e interpretarlas conforme a los factores determinantes de la conducta, se han propuesto tecnologías como el uso de GPS (Sistema de Posicionamiento Global) o del Sistema de Información Geográfica (GIS) (Turner *et al.* 2000), o por medio de UAVs (Vehículos Aéreos no Tripulados) y el análisis de imágenes fotogramétricas (Mufford *et al.*, 2019); así como el uso de drones (Rivas *et al.*, 2018) para monitorear el comportamiento del ganado en pastoreo. La observación y registro de pautas conductuales del ganado bovino en condiciones de pastoreo, mediante el uso de herramientas tecnológicas alternativas proveerá de nuevos



elementos para entender y atender aspectos relacionados con la identificación de jerarquías, patrones de conducta social, agonista y reproductiva, patrones de alimentación, amenazas de depredadores, esquemas de sanidad e indicadores de producción.

Comportamiento del ganado bovino productor de carne en confinamiento

Un tipo de comportamiento instintivo comúnmente observado en el ganado bovino, es la dominancia social que existe cuando el comportamiento de un animal es inhibido o alterado por la presencia o amenaza de otro animal, es reconocido que otros animales mantienen una dominancia jerárquica sobre otros individuos del mismo rebaño (Hubbard *et al.*, 2021). De tal manera que el establecimiento de jerarquías es un aspecto sustancial de la conducta de los bovinos y éste tiene consecuencias, tanto en los indicadores productivos como en los indicadores de bienestar, debido a que una de las particularidades de la jerarquía es evitar que se creen conflictos cada vez que se tenga que acceder a un recurso como el alimento, acceso al agua o lugar de descanso. Una de las expresiones jerárquicas en los hatos bovinos en los corrales de engorda intensiva se establece mediante peleas y montas, pero la continuidad y persistencia de estas expresiones conductuales y agonistas puede afectar de forma negativa a los indicadores productivos y en la calidad de la carne (Mota-Rojas *et al.*, 2016).

En el corral de engorda el comportamiento de dominio es importante, ya que los grupos de ganado bovino establecerán jerarquías sociales; por ejemplo, si un animal tiene una jerarquía alta en el grupo, no va a dejar que los de menor rango se alimenten de manera anticipada a los de mayor dominancia (Bruno *et al.*, 2018). Al respecto, Jezierski *et al.* (1989), refieren al genotipo como un factor que modifica el comportamiento tanto agonista como social del bovino y que mantiene una estrecha relación con su individualidad; así por ejemplo, las razas bovinas especializadas para la producción láctea tienden a manifestar un comportamiento homosexual y social mayormente expresado que en las razas cuya finalidad zootécnica es la producción cárnica; aunque cabe mencionar que la selección genética influyó en la docilidad que es un rasgo importante en el ganado, ya que tiene influencia en la seguridad humana y en el bienestar de los animales, y también de manera importante en la productividad de las empresas ganaderas (Norris *et al.*, 2014). En contraparte, el comportamiento de dominio es un componente importante en el comportamiento social, ya que los animales establecen jerarquías, lo que puede reducir o aumentar el nivel de agresión a los individuos que integran el rebaño (Bruno *et al.*, 2018).

Entre las conductas sociales que los bovinos desarrollan, el acicalamiento se realiza para cumplir tres funciones específicas: efecto de limpieza, efecto de reducción de la tensión grupal y efecto de unión entre sus semejantes (Sato *et al.*, 1991). Otro tipo de conductas son las agonistas, entre ellas se presentan las conductas sexuales, que se manifiestan mediante el acoso físico y la monta entre bovinos del mismo sexo. En esta conducta



pueden estar involucrados dos o más animales, de manera que un bovino llega a ser montado por uno o más en diversas ocasiones, o varios bovinos pueden ser montados; este comportamiento a pesar de ser agonista, se presenta frecuentemente para determinar el orden de jerarquías dentro de la manada (Blackshaw *et al.*, 1997).

El confinamiento de bovinos en corrales de engorda intensiva puede llegar a alterar o modificar el comportamiento conductual innato que los bovinos muestran en condiciones naturales o a campo abierto en el agostadero (Ratnakaran *et al.*, 2017). Al estar en confinamiento los bovinos pueden mostrar estereotipias, tales como enrollar y desenrollar la lengua repetidamente, o incluso manipular objetos del corral con la lengua (Schneider *et al.*, 2020). Al respecto, Romo-Valdez *et al.* (2019), indican que los bovinos productores de carne en confinamiento manifiestan expresión conductual con variación diurna que obedece a sus ritmos biológicos. Sin embargo, otro aspecto a resaltar es que la organización social en grupos del mismo sexo, formados artificialmente en los sistemas de producción intensiva incrementa el nivel de agresión, en comparación con los rumiantes que se desarrollan en sistemas semi intensivos y extensivos (Park *et al.*, 2020). Šárová *et al.* (2013), afirman que la dominancia jerárquica en grupos sociales de hembras bovinas productoras de carne puede ser basada en asimetrías, que son importantes en las interacciones agonistas, tales como la masa corporal y la edad; que son respetados a pesar de tener poca relación con las habilidades de pelea entre los animales.

Dentro de la manada, los miembros pueden definir su posición y espacio sin necesidad de llegar a enfrentamiento; en tal sentido, el orden se establece por amenazas sutiles mediante señales corporales, en una suerte de lucha simbólica, tras la cual los animales dominados ceden ante el dominante (Sowell *et al.*, 1999).

Otro patrón de comportamiento que se ve afectado debido al confinamiento del ganado bovino, es la facilitación social; ésta se entiende como la ruptura en la sincronización social conductual provocada por la falta de espacio y en consecuencia por el incremento en la agresión, aumenta el rango de variación individual en los patrones de conductas de mantenimiento: comer, desplazarse, descansar y acicalarse (Hubbard *et al.*, 2021).

Importancia del espacio vital en la producción de carne bovina

Se denomina espacio vital al espacio necesario por el animal para estar en confort y libre de tensión social, el cual es importante tomar en cuenta para el diseño de las instalaciones (Landaeta-Hernández & Drescher, 2012). Desafortunadamente existe una tendencia mundial a disminuir el espacio vital de los animales de producción intensiva, esto con la finalidad de aumentar la rentabilidad de la unidad de producción; sin embargo, la reducción del espacio vital afecta tanto el medio ambiente del corral, como el comportamiento del ganado y su salud, generando estrés y disminuyendo gravemente su bienestar (Macitelli *et al.*, 2020). El espacio individual para cada miembro de la misma especie es de suma importancia, ya que esto le favorece delimitar el contacto social con



otro miembro. Este espacio puede variar en ciertas circunstancias, con peleas producidas entre machos dominantes por la defensa de su territorio (García, 2000).

Los bovinos confinados para producción de carne requieren de un espacio vital predeterminado conforme a factores intrínsecos y extrínsecos, donde puedan expresar su comportamiento innato, mientras se mantienen dentro del corral de engorda (Gasque, 2008); esto es importante puesto que su disponibilidad puede variar, dependiendo del tipo racial, o incluso del rango social dentro de la manada (Landaeta-Hernández & Drescher, 2012); por lo tanto, el número de animales alojados por corral dependerá del espacio disponible.

En un corral de engorda es importante considerar la densidad y el tamaño del corral para definir la suficiencia de espacio vital para los bovinos durante el periodo de alimentación, ya que esto puede tener un efecto sobre las condiciones microclimáticas del corral de engorda; además, una densidad adecuada permite mantener el equilibrio de la humedad en la superficie del mismo, el cual no debe ser ni demasiado seca, pero tampoco muy húmeda (Watts *et al.*, 2016). Para proporcionar mejores condiciones de hábitat durante la permanencia del ganado en el corral de engorda, se debe considerar la cantidad de metros cuadrados a proporcionar por cada bovino, desde el inicio hasta el finalizar el ciclo de producción (Macitelli *et al.*, 2020).

De acuerdo al espacio requerido por los bovinos productores de carne durante su permanencia en el corral de engorda existen diversas fuentes, Lagos *et al.* (2014), afirman que son necesarios 18.5 m^2 / cabeza, para proporcionar condiciones idóneas de espacio vital, el cual puede ser ajustado al peso del ganado, ya que bovinos de 300 kg o menos requieren 15 m^2 y bovinos de 400 kg o más necesitan 20 m^2 ; mientras que en México, el Manual de Buenas Prácticas de Producción publicado por SAGARPA (2014), indica que de 12 a 12.5 m^2 por bovino, son suficientes para que puedan desarrollar su comportamiento natural. Sin embargo, al diseñar y construir corrales para el confinamiento de ganado bovino productor de carne, se tienen que considerar otros aspectos, ya que en la propuesta de SAGARPA, hoy SADER, no se toma en cuenta que los animales aumentarán de peso durante su estancia en el corral de engorda y a medida que transcurra el tiempo se incrementa la masa corporal de los bovinos, y que eventualmente necesitarán mayor disponibilidad de espacio; por lo que para su correcta determinación se deben tomar en cuenta aspectos importantes como el peso con el que se finalizarán los bovinos, tipo racial y las condiciones climáticas del entorno macro ambiental; así como el área y el tipo de sombra al proporcionar aspectos que benefician en suma a los indicadores productivos y de bienestar de los bovinos.

Al respecto, en una encuesta realizada por Simroth *et al.* (2017), a 43 engordas en los estados de Texas, Kansas, Nebraska, Oklahoma, Nuevo México y Colorado en los Estados Unidos de América, se describe que 10 % de los corrales de engorda proveen de 4.7 a 9.3 m^2 / animal de espacio vital; 66 % de los corrales proveen de 9.4 a 23.2 m^2 de espacio vital y el 24 % restante proporciona más de 23.2 m^2 / animal. En relación con



este tema, [Lee et al. \(2012\)](#), diseñaron un experimento para alojar 1, 2, 3 y 4 novillos por corral y proporcionar 32, 16, 10.6 y 8 m²/cabeza, respectivamente. Los autores refieren que los bovinos alojados en corrales con menor densidad, es decir mayor espacio vital, el crecimiento fue más rápido ($P < 0.05$) y presentaron mayor área del ojo de la costilla ($P < 0.01$), pero sin diferencias en la calidad de la carne ($P > 0.01$). Al respecto, [Ha et al. \(2018\)](#), desarrollaron un estudio con el objetivo de valorar la densidad en el corral de engorda bovina; para ello, utilizaron 3, 4 y 5 novillos por corral para proporcionar 16.7, 12.6 y 10 m²/cabeza, respectivamente. Los autores registraron que al disminuir la densidad en el corral se mejoró la calidad de la canal y los indicadores de bienestar, así como el comportamiento conductual del ganado. Sin embargo, estos estudios no se realizaron con densidades similares a las condiciones de una engorda comercial, por lo que los resultados pueden no deberse a la densidad del corral o al tamaño del grupo. Por otro lado, en una comparación de espacio vital se observó que al otorgar un espacio vital reducido ($< 2.5 \text{ m}^2 / \text{cabeza}$) el impacto es negativo en el bienestar de los animales, pero por lo contrario, al proporcionar un espacio mayor se genera un impacto positivo ([Park et al., 2020](#)).

Relación entre el espacio vital y las condiciones físicas del corral

La asignación de espacio vital por cabeza de ganado bovino durante el periodo de engorda, dependerá de la zona geográfica donde se ubiquen los corrales de finalización, porque la mayor o menor precipitación pluvial puede influir en la saturación de humedad en el piso de los corrales. Bajo este razonamiento, [Macitelli et al. \(2020\)](#), asignaron 6, 12 y 24 m² / cabeza, tanto en época de lluvia como en la época seca del año. Se determinó que en época de lluvia los bovinos asignados a 6 y 12 m² / cabeza, visitaron en menor frecuencia el comedero a comparación con la época seca; pero cuando se proporcionaron 24 m² no se observó diferencia.

[Watts et al. \(2016\)](#), inicialmente otorgaron 10 m² / cabeza con el objetivo de determinar que este espacio por bovino era el más recomendable para zonas donde la precipitación pluvial es baja ($< 500 \text{ mm/año}$); sin embargo, en bovinos con peso corporal superior a 752 kg y alojados en corrales donde la proporción de espacio vital es de 10 m² / cabeza, se pueden generar 3.3 mm de humedad diariamente; esto implica mayor concentración de humedad en el piso de los corrales. En el mismo tenor, [Mader \(2011\)](#), evaluó la profundidad de lodo en diferente espacio vital en los corrales de engorda y observó que al aumentar el espacio vital de 14 m² a 23 y 32.5 m² en condiciones de bajas temperaturas en latitudes donde se presentan nevadas, se disminuye la proporción de lodo en el corral. Al respecto, [Munilla et al. \(2019\)](#), mencionan que en corrales donde hay abundante presencia de lodo, los bovinos registran menores ganancias de peso que los que están alojados en corrales con piso seco. El principal inconveniente productivo bajo estas condiciones se refleja en menor conversión alimenticia, ya que el bovino utiliza parte de la energía suministrada en la dieta para desplazarse entre el lodo; con ello incrementa el



gasto energético más que en piso seco; además, el exceso de lodo en los corrales de engorda implica pérdida de bienestar de los bovinos (Grandin, 2016).

Respecto a la concentración de polvo en los corrales de engorda Henry *et al.* (2007), observaron que disminuye durante la temporada seca del año al asignar 27.8 m²/cabeza; sin embargo, recomiendan que en climas secos el espacio asignado por cabeza puede variar dentro de 18.6 a 23.2 m². Los autores sugieren esta última cifra con la función de reducir el polvo dentro de los corrales. En un estudio conducido por Macitelli *et al.* (2020), observaron que al aumentar el espacio vital de 6 a 24 m² se reduce la concentración de polvo durante la época seca. De igual manera West (2011), menciona que una de las formas para reducir las emisiones de polvo en los corrales de engorda abiertos es la utilización de aspersores de agua para inhibir la trayectoria de partículas finas de polvo en el aire. Por otro lado, Grandin (2016), menciona que una adecuada densidad de población dentro del corral de engorda, ayuda a mantener al ganado limpio, puesto que éste aporta humedad al suelo a través de la orina y las heces excretadas.

En la definición de espacio vital a proporcionar en el corral de engorda, también se deben considerar algunas variables climáticas como la abundancia y estacionalidad de la precipitación pluvial, temperatura ambiental, humedad relativa, velocidad y dirección de los vientos dominantes; así como la cantidad de polvo generado por el movimiento del ganado dentro de los corrales (Landaeta-Hernández & Drescher, 2012). En caso opuesto, en regiones lluviosas, es necesario precisar que el lodo dentro del corral es un factor que impacta en la salud y en el bienestar de los bovinos, ya que las cojeras y lesiones en las extremidades, se asocian a las condiciones resbaladizas, debidas al exceso de lodo (Schwartzkopf-Genswein *et al.*, 2012). Sin embargo, hasta la fecha no existe un estudio que explique a suficiencia la razón por la cual los bovinos desarrollan intensas actividades vespertinas que ocasionan enormes cantidades de polvo en los corrales de engorda.

En condiciones de estrés calórico, el efecto de mayor importancia es la disminución en el consumo de alimento y en consecuencia de la eficiencia alimenticia (Sullivan *et al.*, 2011), por lo que es necesario reducir la densidad animal por corral para evitar aglomeraciones de animales en el comedero cuando el espacio es limitado, pero se intensifica aún más bajo un sistema de producción intensiva en confinamiento (Vásquez-Requena *et al.*, 2017). Diversos factores afectan el nivel de respuesta productiva de bovinos en confinamiento dado que tendrán que adaptarse a un entorno particular; entre estos factores de susceptibilidad se incluyen el color del pelaje, sexo, especie (*Bos indicus*, *Bos taurus*), temperamento, estado de salud y exposición previa; así como la condición corporal y la edad (Brown-Brandl, 2018). En los corrales de finalización intensiva de ganado bovino, el espacio limitado y las características del suelo pueden afectar negativamente al rendimiento, salud y el bienestar de los animales (Cortese *et al.*, 2020). Entre los diferentes tipos de instalaciones para engordar ganado bovino, en México se utiliza principalmente un solo diseño de corral dentro de la variedad existente, estos diseños pueden ser corrales abiertos con cortaviento, corrales abiertos con cobertizo,



corrales con camas y corrales con pozo profundo; dependiendo del diseño del corral se proporciona el espacio vital para los bovinos. En el diseño del corral abierto con cortaviento se asigna un espacio de 14 m² por cabeza, en el caso del corral abierto con cobertizo se proporcionan 2.3 m² / cabeza dentro del cobertizo y 11.6 m² / cabeza en la parte exterior del corral, en el caso de los corrales con cama se les asignaran 3.7 m² / cabeza; por último en el caso de los corrales con pozo profundo solo se les proporcionan de 2 a 2.3 m² / cabeza (Euken *et al.*, 2015).

Al evaluar diferentes densidades durante la engorda de novillos Ha *et al.* (2018), observaron que cuando el periodo de engorda se extendió, en consecuencia, se redujo el espacio vital que disminuyó las actividades de los bovinos. Por otra parte, Montelli *et al.* (2019), evaluaron económicamente la asignación de 6, 12 y 24 m² por bovino, en corrales de ganado de engorda al aire libre; mediante los resultados del estudio se determinó que al aumentar la disponibilidad de espacio vital se elevan los costos fijos por animal; sin embargo, se mejora la rentabilidad de unidad de producción y se disminuye la pérdida financiera puesto en los corrales con mayor espacio vital en los bovinos enfermos disminuyeron y las canales obtenidas al finalizar el periodo de engorda resultaron más pesadas. En el mismo sentido, en los bovinos alojados en espacios de 12 y 24 m² disminuyó la frecuencia de estornudos en época seca, en comparación con bovinos alojados en 6 m² / cabeza (Macitelli *et al.*, 2020).

Las consecuencias de confinar ganado bovino en corrales con alta densidad, se manifiestan en el incremento del consumo de alimento, debido a la competencia que ocurre entre ellos (Watts *et al.*, 2016); y si a esto se suman las condiciones de estrés calórico por efecto medio ambiental, se manifiestan cambios en los requerimientos nutricionales, lo que reduce considerablemente el consumo de materia seca y aumenta el consumo de agua como mecanismo termorregulador (Mader *et al.*, 2006). Mitlöhner *et al.* (2002), afirma que la reducción en el consumo de alimento afecta el desempeño de los bovinos en el corral de engorda. Con todo lo anteriormente descrito se justifica la importancia de proporcionar suficiente espacio vital para asegurar el bienestar y mejorar la productividad del ganado bovino en confinamiento (Rind & Phillips 1999)

CONCLUSIONES

En la producción intensiva de carne en ganado bovino se requiere considerar el espacio vital a proporcionar, para asegurar que la expresión del comportamiento del ganado durante su permanencia impacte de manera positiva en los indicadores productivos y de bienestar; en ello es importante que se consideren el entorno medioambiental y las características físicas de los corrales para proveer condiciones óptimas del alojamiento.



LITERATURA CITADA

BLACKSHAW JK, Blackshaw AW, McGlone JJ. 1997. Buller steer syndrome review. *Applied Animal Behaviour Science*. 54(2):97-108. ISSN: 0168-1591.
[https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(96\)01170-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(96)01170-7)

BROWN-BRANDL TM. 2018. Understanding heat stress in beef cattle. *Brazilian Journal of Animal Science*. 47:e20160414. ISSN: 1806-9290.
<https://doi.org/10.1590/rbz4720160414>

BRUNO K, Vanzant E, Vanzant K, Altman A, Kudupoje M, McLeod K. 2018. Relationship between quantitative measures of temperament and other observed behaviors in growing cattle. *Applied Animal Behaviour Science*. 199:59-66. ISSN: 0168-1591.
<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.10.009>

CORTESE M, Bršćić M, Ughelini N, Andrighetto I, Contiero B, Marchesini G. 2020. Effectiveness of stocking density reduction of mitigation lameness in a Charolais finish beef cattle farms. *Animals*. 10(7):1147. ISSN: 2076-2615.
<http://dx.doi.org/10.3390/ani10071147>

DA SILVA SC, Gimenes FMA, Sarmiento DO, Sbrissia AF, Oliveira DE, Hernandez-Garay A, Pires AV. 2013. Grazing behaviour, herbage intake and animal performance of beef cattle heifers on Marandu palisade grass subjected to intensities of continuous stocking management. *Journal of Agricultural Science*. 151:727-739. ISSN: 0021-8596.
<https://doi.org/10.1017/S0021859612000858>

EUKEN R, Doran BE, Clark CA, Shouse SC, Loy D, Schulz LL. 2015. *Beef Feedlot Systems Manual*. Iowa State University Extension and Outreach. United States of America. Pp. 38.
https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1093&context=extension_pubs

GARCÍA A. 2000. *Manejo y Etología del Bovino*. Bogotá: Corporación Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Bogotá, Colombia. Pp. 128. ISBN: 958-96850-0-5.

GASQUE GR. 2008. *Enciclopedia bovina*. Editorial Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. Pp. 437. ISBN: 978-970-32-4359-4

GRANDIN T. 2016. Evaluation of the welfare of cattle housed in outdoor feedlot pens. *Veterinary and Animal Science*. 1-2:23-28. ISSN: 2451-943X.
<https://doi.org/10.1016/j.vas.2016.11.001>



HA JJ, Yang K, Oh DY, Yi JK, Kim JJ. 2018. Rearing characteristics of fattening Hanwoo steers managed in different stocking densities (R). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 31(11):1714-1720. ISSN: 1011-2367. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0451>

HENRY C, Mader T, Erickson G, Stowell R, Gross J, Harner J, Murphy P. 2007. EC07-777 Planning a New Cattle Feedlot. Historical Materials from University of Nebraska-Lincoln Extension. <https://digitalcommons.unl.edu/extensionhist/4865>

HUBBARD AJ, Foster MJ, Daigle CL. 2021. Social dominance in beef cattle—A scoping review. *Applied Animal Behaviour Science*. 241:105390. ISSN: 0168-1591. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105390>

JEZIERSKI TA, Koziorowski M, Goszczyński J, Sieradzka I. 1989. Homosexual and social behaviours of young bulls of different geno- and phenotypes and plasma concentrations of some hormones. *Applied Animal Behaviour Science*. 24(2):101-113. ISSN: 0168-1591. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(89\)90038-5](https://doi.org/10.1016/0168-1591(89)90038-5)

KILGOUR RJ, Uetake K, Ishiwata T, Melville GJ. 2012. The behaviour of beef cattle at pasture. *Applied Animal Behaviour Science*. 138(1):12-17. ISSN: 0168-1591. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.12.001>

LAGOS GH, González GFJ, Castillo RF. 2014. *Paquete tecnológico para la engorda de ganado bovino en corral*. México: Edita INIFAP. Pp. 47. ISBN: 978-607-37-0280-5.

LANDAETA-HERNÁNDEZ A, Drescher K. 2012. Instalaciones, conducta y bienestar en vacunos tropicales. *Revista Mundo Pecuário*. 8(2):121-131. ISSN: 1856-111X. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/35472>

LANDAETA-HERNÁNDEZ A. 2011. Etología y producción animal. *Revista Mundo Pecuário*. 7(3):116-129. ISSN: 1856-111X. http://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/etologia_en_general/06-etologia_produccion.pdf

LEE SM, Kim JY, Kim EJ. 2012. Effects of Stocking Density or Group Size on Intake, Growth, and Meat Quality of Hanwoo Steers (*Bos taurus coreanae*). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 25(11):1553-1558. ISSN: 1011-2367. <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12254>



LI SG, Y. X. Yang XY, Rhee JY, Jang JW, Ha JJ, Lee KS, Song HY. 2010. Growth, behavior, and carcass traits of fattening Hanwoo (Korean Native Cattle) steers managed in different group sizes. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 23:952-959. ISSN: 1011-2367.
<https://doi.org/10.5713/ajas.2010.90276>

MACITELLI F, Braga JS, Gellatly D, Paranhos da Costa MJR. 2020. Reduced space in outdoor feedlot impacts beef cattle welfare. *Animal.* 14(12):2588-2597. ISSN: 1751-7311.
<https://doi.org/10.1017/S1751731120001652>

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

MADER T. 2011. Mud effects on feedlot cattle. *Nebraska Beef Cattle Report. University of Nebraska-Lincoln.* <https://digitalcommons.unl.edu/animalscinbcr/613/>

MANNING J, Cronin G, González L, Hall E, Merchant A, Ingram L. 2017. The behavioural responses of beef cattle (*Bos taurus*) to declining pasture availability and the use of GNSS technology to determine grazing preference. *Agriculture.* 7(5):45. EISSN: 2077-0472.
<https://doi.org/10.3390/agriculture7050045>

MIRANDA de la Lama GC. 2013. Transporte y logística pre-sacrificio: principios y tendencias en bienestar animal y su relación con la calidad de la carne. *Veterinaria México.* 44(1):31-56. ISSN: 0301-509.
<http://veterinariamexico.unam.mx/index.php/vet/article/view/328>

MITLÖHNER FM, Galyean ML, McGlone JJ. 2002. Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat-stressed feedlot heifers. *Journal of Animal Sciences.* 80(8):2043-2050. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.1093/ansci/80.8.2043>

MONTELLI NLLL, Macitelli F, da Silva Braga J, da Costa MJRP. 2019. Economic impacts of space allowance per animal on beef cattle feedlot. *Semina: Ciências Agrárias.* 40(6Supl3):3665-3678. ISSN: 1679-0359.
<https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n6supl3p3665>

MOTA-ROJAS D, Velarde A, Huertas CS, Cajiao MN. 2016. *Bienestar animal, una visión global en Iberoamérica.* Tercera edición. Barcelona, España: Editorial ELSEIVER. Pp 516. ISBN: 978-84-9113-026-0.



MUFFORD JT, Hill DJ, Flood NJ, Church JS. 2019. Use of unmanned aerial vehicles (UAVs) and photogrammetric image analysis to quantify spatial proximity in beef cattle. *Journal of Unmanned Vehicle Systems* 7(3):194-206. <https://doi.org/10.1139/juvs-2018-0025>

MUNILLA ME, Lado M, Vittone JS, Romera SA. 2019. Bienestar animal durante el período de engorde de bovinos. *Revista Veterinaria*. 30(2):82-89. ISSN: 1669-6840. <https://doi.org/10.30972/vet.3024138>

NORRIS D, Ngambi JW, Mabelebele M, Alabi OJ, Benyi K. 2014. Genetic selection for docility: A review. *The Journal of Animal and Plant Science*. 24 (1):13-18. ISSN: 2309-8694 <http://www.thejaps.org.pk/docs/v-24-1/02.pdf>

PARK RM, Foster M, Daigle CL. 2020. A Scoping Review: The Impact of Housing Systems and Environmental Features on Beef Cattle Welfare. *Animals*. 10(4):565. ISSN: 2076-2615. <https://doi.org/10.3390/ani10040565>

RATNAKARAN AP, Sejian V, Sanjo Jose V, Vaswani S, Bagath M, Krishnan G, Beene V, Devi I, Varma G, Bhatta R. 2017. Behavioral Responses to Livestock Adaptation to Heat Stress Challenges. *Asian Journal of Animal Sciences*. 11:1-13. ISSN: 1819-1978. <https://doi.org/10.3923/ajas.2017.1.13>

RIND MI, Phillips CJC. 1999. The effects of group size on the ingestive and social behaviour of grazing dairy cows. *Animal Science*. 68(4):589-596. ISSN: 1357-7298. <https://doi.org/10.1017/S135772980005061X>

RIVAS A, Chamoso P, González-Briones A, Corchado JM. 2018. Detection of cattle using drones and convolutional neural networks. *Sensors*. 18(7):2048. EISSN: 1424-8220. <https://doi.org/10.3390/s18072048>

ROMO-VALDEZ A, Pérez-Linares C, Figueroa-Saavedra F, Portillo-Loera J, Ríos-Rincón F. 2019. Respuesta conductual de bovinos productores de carne en finalización intensiva en clima desértico cálido. *Abanico Veterinario*. 9(1):1-18. ISSN: 2448-6032. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2019.928>



SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2014. *Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de Carne de Ganado Bovino en Confinamiento*. México. Pp. 123.
<http://oncesega.org.mx/archivos/MANUAL%20DE%20BPP%20EN%20LA%20PRODUCCION%20DE%20CARNE%20DE%20GANADO%20BOVINO%20EN%20CONFINAMIENTO.pdf>

ŠÁROVÁ R, Špinka M, Stěhulová I, Ceacero F, Šimečková M, Kotrba R. 2013. Pay respect to the elders: age, more than body mass, determines dominance in female beef cattle. *Animal Behaviour*. 86(6):1315-1323. ISSN: 0003-3472.
<https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2013.10.002>

SATO S, Sako S, Maeda A. 1991. Social licking patterns in cattle (*Bos taurus*): Influence of environmental and social factors. *Applied Animal Behaviour Science*. 32(1):3-12. ISSN: 0168-1591. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(05\)80158-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(05)80158-3)

SCHNEIDER L, Kemper N, Spindler B. 2020. Stereotypic Behavior in Fattening Bulls. *Animals*. 10(1):40. ISSN: 2076-2615. <https://doi.org/10.3390/ani10010040>

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN K, Stookey JM, Berg J, Campbell J, Haley DB, Pajor R, McKillop I. 2012. Code of practice for the care & handling of beef cattle: review of scientific research on priority issues. *National Farm Animal Care Council*.
https://www.nfacc.ca/resources/codes-of-practice/beef-cattle/Beef_Cattle_Review_of_Priority_Welfare_Issues_Nov_2012.pdf

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. *Resumen nacional de la producción pecuaria*. México.
http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecResumen.jsp

SIMROTH JC, Thomson DU, Schwandt EF, Bartle SJ, Larson CK, Reinhardt CD. 2017. A survey to describe current cattle feedlot facilities in the High Plains region of the United States. *The Professional Animal Scientist*. 33(1):37-53. ISSN: 1080-7446.
<https://doi.org/10.15232/pas.2016-01542>

SOWELL BF, Mosley JC, Bowman JGP. 1999. Social behaviour of grazing beef cattle: implications for management. *Proceedings of the American Society of Animal Science*. 1-5.
https://www.researchgate.net/profile/Jeffrey-Mosley/publication/266449970_Social_behavior_of_grazing_beef_cattle_Implications_for_management/links/54b803dd0cf28faced61c5fd/Social-behavior-of-grazing-beef-cattle-Implications-for-management.pdf



SULLIVAN ML, Cawdell-Smith AJ, Mader TL, Gaughan JB. 2011. Effect of shade area on performance and welfare of short-fed feedlot cattle. *Journal of Animal Sciences*. 89(9):2911-2925. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3152>

TURNER LW, Udal MC, Larson BT, Shearer SA. 2000. Monitoring cattle behavior and pasture use with GPS and GIS. *Canadian Journal of Animal Science*. 80(3):405-413. <https://doi.org/10.4141/A99-093>

USDA (United States Department of Agriculture). 2020. *Beef and Cattle*. <https://www.fas.usda.gov/commodities/beef-and-cattle>

VÁSQUEZ-REQUENA ÁG, Sessarego-Dávila EA, Lavalle-Peña GF, Tello-Alarcón VI. 2017. Influencia del sistema de enfriamiento sobre la productividad del ganado bovino lechero en el Valle de Huaura, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 28(1):195-200. ISSN: 1609-9117. <https://doi.org/10.15381/rivep.v28i1.12928>

WATTS PJ, Davis RJ, Keane OB, Luttrell MM, Tucker RW, Stafford R, Janke S. 2016. *Beef cattle feedlots: Design and construction*. North Sydney: Meat & Livestock Australia and LiveCorp. Australia. Pp. 530. ISBN: 978-1-74191-916-5.

WEST B. 2011. Dust palliatives for unpaved roads and beef cattle feedlots. En: Edeogu I. *A review of beneficial management practices for managing undesirable air emissions from confined feeding operations*. Edmonton: Alberta Agriculture and Rural Development. Pp. 259. <https://open.alberta.ca/publications/review-of-beneficial-management-practices-for-managing-undesirable-air-emissions-from-cfo#summary>

Artículo 2. Influencia del espacio vital en corral sobre las variables productivas, calidad de la canal y carne en novillos Holstein.

ESTATUS: Enviado a la Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23

Influence of feedlot living space on production variables, carcass and meat quality traits in Holstein steers.

Influencia del espacio vital en corral sobre las variables productivas, calidad de la canal y carne en novillos Holstein.

Romo-Valdez Ana Mireya, Pérez-Linares Cristina*, Ríos-Rincón Francisco Gerardo, Figueroa-Saavedra Fernando, Barreras-Serrano Alberto, Castro-Pérez Beatriz Isabel, Sánchez-López Eduardo, Cervantes-Cazarez Georgina Valentina

24 **RESUMEN**

25 Para estudiar la influencia del espacio vital en corral de engorda en indicadores de producción, así
26 como sobre características de calidad de la canal y de la carne, en novillos Holstein, se evaluaron
27 dos grupos de tratamiento: T14: 65 novillos/corral (14 m²/cabeza de espacio vital) y T16: 57
28 novillos/corral (16 m²/cabeza de espacio vital), con cinco repeticiones por tratamiento. El peso
29 promedio por animal al inicio fue de 238±0.74kg. Durante el período de engorda el ganado fue
30 alimentado dos veces al día con dietas comerciales. Los novillos fueron sacrificados después de un
31 período de engorda de 261 días. Al momento del primer reimplante se observó mayor peso vivo
32 promedio en T16 vs T14 (384.25 vs 378.38 kg; P<0.05). Las diferencias entre T16 vs T14
33 continuaron hasta el día 261 (612.35 vs 595.54 kg; P<0.05). Respecto a las variables ganancia
34 diaria de peso (GDP), peso de la canal caliente (PCC) y peso de la canal fría (PCF), los resultados
35 en la comparación entre T16 vs T14 fueron: 1.50 vs 1.46 kg (P<0.05); 367.34 vs 360.35 kg (P<0.05)
36 y 366.68 vs 358.78 kg (P<0.05), respectivamente. No se encontraron diferencias entre tratamientos
37 (P>0.05) en las variables grasa dorsal, marmoleo, pH y color de la carne. Los resultados sugieren
38 que un incremento en el espacio vital, de 14 a 16 m²/animal mejora los indicadores de producción
39 así como el PCC y PCF, sin efecto sobre las características de calidad de la canal y de la carne.

40

41 Palabras clave: espacio vital, novillos Holstein, canal, calidad de la carne

42

43

44

45

46

47

48 **ABSTRACT**

49 A determination of how the amount of allotted feedlot living space influences both production
50 indicators as well as carcass and meat quality traits obtained from Holstein steers was performed
51 by forming two treatment groups, T14: 65 steers/pen (14 m²/head of space allowances) and T16:
52 57 steers/pen (16 m²/head of space allowances), with five replications each treatment. The average
53 arrival weight 238±0.74kg. During the fattening period the cattle was feed twice a day with
54 commercial diets. The steers were slaughtered after a 261-day period. At the moment of the first
55 reimplant a greater average body weight was found in T16 vs T14 (384.25 vs 378.38 kg; P<0.05)
56 and the difference continued until day 261 (612.35 vs 595.54 kg; P<0.05); regarding ADG, hot
57 carcass weight and cold carcass weight the result were: 1.50 vs 1.46 kg (P<0.05), of ADG kg/d;
58 367.34 vs 360.35 kg (P<0.05) and 366.68 vs 358.78 kg (P<0.05). No difference between treatments
59 were found in dorsal fat, marbling, pH and meat color. The results suggest that an increase from
60 14 m²/animal to 16 m²/animal improves the production results as well as the hot and cold carcass
61 weight, with no effect on the quality traits of the carcass and beef.

62 **Keywords:** Living space, Holstein steers, feedlot, carcasses, meat quality

63
64
65
66
67
68
69
70

71 **INTRODUCTION**

72 During their stay in the pen beef cattle require enough space to express its natural behavior ⁽¹⁾.
73 According to Lagos et al. ⁽²⁾ it is necessary to provide at least 18.5 m²/head to ensure the ideal
74 conditions of space for each animal however in case that during the fattening period increases it is
75 recommended that additional space is provided based on the increase in body weight, for cattle
76 with a weight up to 300 kg, the recommended space is 15 m²/head, for cattle with weights higher
77 than 400 kg a 20 m² area is suggested. In Mexico, the manual of good practices for intensive beef
78 cattle production published by the Agriculture Secretary estimates that a space between 12 and
79 12.5 m²/animal is enough for a cattle to display its natural behavior **SAGARPA** ⁽³⁾.

80 Holstein calves have become an important input for feedlot beef production⁽⁴⁾, so that it accounts
81 for 20 % of the total amount of cattle fatten in the United States America⁽⁵⁾, a similar situation is
82 now being observed in northern Mexico. Holstein steers offer certain advantages since show
83 desirable carcass traits like a superior distribution of intramuscular fat and better dorsal fat width⁽⁶⁾.
84 It has been reported that adult Holstein cattle fatten in feedlots exhibit an unpredictable and
85 aggressive behavior ⁽⁷⁾, and for this reason this race of cattle requires a larger amount of space than
86 the beef producing races. Another fact to take into consideration is that Holstein cattle more and
87 more often so that the ground condition in the pens is not good ^(8,9). Taking into consideration what
88 has been above stated an increased in the feedlot vital space per animal would have a positive
89 impact the cattle's welfare and thus better beef production results ⁽¹⁰⁾.

90 The objective of this study is to evaluate the effect that pen space has on the production variables,
91 as well as on the quality traits of carcass and meat obtained from Holstein steers.

92

93 **MATERIALS AND METHODS**

94 **Ethical approval:** This study was review and approved by Veterinary Sciences Research
95 Institute ethics committee, with the project number 201/2399.

96 **Geographical location**

97 This study was carried out in Mexicali, Mexico, which is found at 32° 32'00 N, 115° 12'41 W. The
98 region is characterized by a dry desert climate with an average temperature of 34.7°C (-5 °C winter
99 and 50 °C summer), with an annual rainfall of 37 mm, and a relative humidity above 50 % ⁽¹¹⁾.

100 **Animals and design of the study**

101 The study was performed using castrated Holstein calves between the ages of 7 and 8 months, with
102 an average weight of 238 ± 0.74 kg. Twenty four hours after the cattle arrived to the feedlot they
103 were vaccinated, dewormed and implanted with a product that contained trembolone acetate,
104 estradiol and tilosine. On arrival during spring (April-June) the animals were assigned to one of
105 two groups so that two treatments may be established. Each treatment included five pens. The first
106 treatment included 65 Holstein steers, in this case each animal had a space allowance of 14 m²/per
107 animal (T14), in the second treatment a 16 m²/animal (T16) was allocated to each of 57 Holstein
108 steers. The cattle were fed twice a day using a feeding program that included three different diets
109 given during the fattening and finalization periods. In different proportions the ingredients of all
110 diets were: sudangrass, wheat hay, tallow, dried distillers grains (DDGs) and a premix minerals.
111 After a 261 fattening period the steers were slaughtered, the average weight of the group was 604
112 ± 5.67 kg. On the day the steers were slaughter they were transported 36 km by truck to the
113 slaughter house where they were put in waiting pens for 3.5 hours, during this time only water was
114 provided. The steers were slaughter in a Federal Inspection Type slaughter house (FIT) following
115 the procedure described in the Mexican Official Norm NOM-033-SAG/ZOO-2014, "Slaughter
116 methods to be used in domestic and wild animal"

117 **Production behavior**

118 The following production result: initial weight, weight after first reimplant, weight after second
119 reimplant final weight, average daily gain (ADG) and food conversion, were obtained from the
120 company's records. Each of the animals slaughter weight was obtained in the stunning box.

121 **Carcass and meat evaluation**

122 Carcasses from both treatments were chilled at 2 °C for 24 h and ribbed between the 12th and 13th
123 ribs to collect additional carcass data. A total of 178 carcasses from T14 and 176 carcasses from
124 the T16 were available by the slaughterhouse to be considered for the study of all the variables.
125 The measurements of hot carcass weight (HCW) and cold carcass weight (CCW), dorsal fat ,
126 marbling, ribeye area, pH and color of each carcass were taken. Dorsal fat was measured in mm
127 using a metric ruler. The ribeye area was evaluated using a plastic grid method suggested by Iowa
128 State University and the marbling score (scale of slight; small; modest; moderate; slight abundant;
129 moderately abundant), were both evaluated following the methodology described by **AMSA** ⁽¹²⁾.
130 The pH was determined using a potentiometer (HANNAH INSTRUMENTS Inc. pH 101), the
131 color values (L*, a*, b*, C*, H*) were measured on the surface of the cut from the Longissimus
132 dorsi muscle between the twelfth and thirteenth intercostal space using a MINOLTA CM-2002
133 spectrophotometer (Minolta camera, Co., Ltd., Japan) with a specular component included (SCI),
134 a D65 illuminant, and a 10° observer, where L* is the index of luminosity, a* is the red color
135 intensity and b* is the yellow color intensity and C* measure color saturation.

136 **Statistical analysis**

137 Productive data was analyzed using the following statistical linear model $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j +$
138 ε_{ij} where Y_{ij} is the response variable, μ is the true mean effect, τ_i is the fixed treatment effect, β_j
139 is the fixed pen effect and ε_{ij} is the random residual error iid N (0, σ_e^2). The hypothesis that

140 treatment effects do not differ, was performed by F test statistic in the ANOVA. Differences
141 between treatments were declared when $P \leq 0.05$.

142 Carcass and meat quality data were analyzed as a randomized complete block design with
143 sampling, with pen as the experimental unit and carcass as the observational unit. The statistical
144 linear model was as follows: $Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + \delta_{ijk}$, where Y_{ijk} is the response variable,
145 μ is the true mean effect, τ_i is the fixed treatment effect, β_j is the fixed pen effect, ε_{ij} is the random
146 residual error iid $N(0, \sigma_e^2)$ and δ_{ijk} is the random sampling error iid $N(0, \sigma_d^2)$. The hypothesis that
147 treatment effects do not differ, was performed using an F test statistic in the ANOVA. Differences
148 between treatments were declared when $P \leq 0.05$.

149 The hypothesis that treatment effects do not differ for proportions within each marbling class was
150 done using a Chi-square test statistic in one frequency table. Differences between treatments were
151 declared when $P \leq 0.05$. The analysis was made using the MIXED and FREQ procedures of the SAS
152 9.4 (TS1M7) statistical package.

153 **RESULTS AND DISCUSSION**

154 **Production results**

155 A relevant finding of this study was that steers with a larger pen space had a higher weight during
156 all the fattening period; these results are presented in Table 1 and show that after receiving the first
157 reimplant (day 94 after arrival to the feedlot), the steers from T16 showed an average higher weight
158 when compared to the animals in T14 ($P < 0.05$); this same result was observed after the second
159 reimplant and through all the fattening period ($P < 0.05$); the observed weight difference between
160 the groups was 16%. Similar results regarding weight differences have been reported by other

161 authors ⁽¹³⁾, whom found a higher final weight in Hanwoo steers when they were provided with a
162 larger pen space.

163 Table 2 shows the production results for both groups of steers. It was found that weight gain was
164 higher for the steers in T16, however no difference was found in feed conversion and food
165 consumption. Similarly, to this study Kim et al. ⁽¹⁴⁾, observed that Holstein steers 20 months of age
166 that were provided with 16 m²/animal, reached a 750.39 kg final weight and daily weight gain of
167 1.36 kg. A study in Holstein steers that did not considered the amount of living space per animal
168 as a variable have reported a final weight between 613.3 a 631.4 kg, a 1.41 to 1.46 kg/d of ADG
169 ⁽¹⁵⁾, while a study carried out in Mexico found that Holstein steers reached a final weight of 604.9
170 kg with a daily gain of 1.46 kg and a feed consumption of 8.41 kg per day ⁽¹⁶⁾, another study
171 performed by Carvalho et al. ⁽¹⁷⁾ found that Holstein steers gained daily 1.73 kg/d with a final
172 weight of 598 kg. Although in Mexico the federal norm ⁽³⁾ establishes that pen space for an animal
173 under 400 kg should be 12 m² and for one above 400 kg 20 m² ⁽²⁾. It may be expected that the world
174 trend to reduce the space allowance per animal in cattle feedlot ⁽¹⁸⁾ is impacting Mexico, so it is
175 likely that welfare and production variables will be affected because of smaller allowed space for
176 feedlot cattle.

177 **Carcass and meat evaluation**

178 The group of steers that was provided with the largest living space showed a difference of 7 kg
179 both in the hot and cold carcass weight (P<0.05), these results are shown in Table 3 and correspond
180 with it was reported by Ha et al. ⁽¹³⁾ whom provided a greater living space to steers that were in the
181 finalization period. In a similar study Lee et al. ⁽¹⁹⁾ reported a larger hot carcass weight for feedlot
182 steers which were provided with 16 m²/animal, when compared with two other group of animals
183 that had a living space of 10.6 and 8 m²/animal.

184 In the present study dorsal fat and ribeye space showed no statistical difference between groups
185 ($P>0.05$), this result corresponds to what is reported in Hanwoo cattle carcasses by Lee et al. ⁽¹⁹⁾.
186 In contrast with this study, Li et al. ⁽²⁰⁾ found no differences ($P>0.05$) between Hanwoo carcasses
187 obtained from animals that were provided with different living spaces. Other authors have reported
188 lower dorsal fat numbers, 5.15 mm ⁽¹⁴⁾; 5.8 mm ^(17,21); while Carvalho et al. ⁽¹⁵⁾ reported a dorsal
189 fat measurement between 8.6 and 9.3 mm, Torrentera et al. ⁽¹⁶⁾ observed a dorsal fat depth of 10.9
190 mm results that are similar to what was observed in the present study.

191 Authors have found that dairy cattle tend to deposit greater amounts of fat in the abdominal cavity
192 and to accumulate less subcutaneous fat ⁽²²⁾, in this context bovine races that are bigger and take
193 more time to mature have a larger proportion of inter and intramuscular fat when compared with
194 smaller races which mature earlier ⁽²³⁾.

195 In the case of ribeye area, the present study found that there were larger than the ones reported by
196 Ha et al. ⁽¹³⁾ for Hanwoo steers (91.0 y 94.6 cm² for 10 and 16.7 m² of living space) likewise other
197 studies in Holstein steers reported ribeye areas of 72.36 cm² ⁽¹⁷⁾; 73.7 cm² ⁽²¹⁾; 74.9-82.5 cm² ⁽¹⁵⁾;
198 77.21 cm² ⁽¹⁴⁾; 81.22 cm² ⁽¹⁶⁾.

199 Regarding the amount of intramuscular fat in the meat (Table 4) the results indicate that there is no
200 difference between the groups, however the findings support the reports from other researchers that
201 in the case of Holstein steers choice beef is the grade that is observed ^(15,16,17,21). In this study, 130
202 of the steer's carcasses produce beef that was classified as small while a second group of 159
203 carcasses yielded modest beef.

204 Table 5 show both groups physicochemical results, it was found that in the case of pH, L*, a* y C*
205 no differences were observed ($P>0.05$), and although the values for b* y H* showed differences
206 ($P<0.05$), this dissimilarity do not result in noticeable differences in color between treatments.

207 In regard to pH, values between 5.5 and 5.8 are considered as normal for bovine meat ⁽²⁴⁾; so, the
208 results obtained by the present study may be viewed as typical. Similar pH values and have been
209 reported in studies done with Holstein cattle by other authors ^(6,25). In the case of meat color, based
210 in what it has been reported by others authors ⁽²⁴⁾, the meat obtained from both groups is considered
211 as dark cutting, another research have reported similar results ($L^* = 37.50$, $a^* = 14.69$ y $b^* = 12.39$)
212 ⁽²⁶⁾ and ($L^* = 38.02$, $a^* = 19.86$, $b^* = 8.19$, $C^* = 21.49$) ⁽¹⁴⁾; the reason for this may be explained by the
213 pre slaughter stress that the animals were submitted to, which depleted blood glycogen and affected
214 the beef's color ⁽²⁷⁾. Authors have informed that the way animals are handled, the novelty of
215 environment and fatigue, are factor that contribute to stress ⁽²⁸⁾.

216 **CONCLUSIONS**

217 It is very important that Feedlot cattle is provided by sufficient living space during the whole
218 fattening period and considering that there is a trend to reduce the space allowance per animal, it
219 is very important to better understand the negative impact that a reduce pen space has on the animal
220 welfare and how this impacts beef production. As suggested by the results of the present study
221 a relatively small reduction of living space has a positive impact on carcass weight which at the
222 end will translate into an increase of income.

223 **ACKNOWLEDGMENTS**

224 We are very thankful to the employees and management from Ganadera Mexicali S.A for all the
225 assistance and support provided to this study.

226 **CONFLICT OF INTERESTS**

227 The authors declare that they have no conflict of interest.

228 **LITERATURE CITED**

229 1. Gasque GR. Enciclopedia bovina. Editorial Universidad Nacional Autónoma de México. 2008.
230 p. 437. ISBN: 978-970-32-4359-4

- 231 2. Lagos GH, González GFJ, Castillo RF. Paquete tecnológico para la engorda de ganado bovino
232 en corral. México: Edita INIFAP. 2014. P. 47. ISBN: 978-607-37-0280-5.
- 233 3. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación).
234 Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de Carne de Ganado Bovino en
235 Confinamiento; 2014. Pp. 123.
- 236 4. Duff GC, McMurphy CP. Feeding Holstein steers from start to finish. *Veterinary Clinics of*
237 *North America: Food Animal Practice* 2007;23(2):281-297.
- 238 5. Mulhollem J. Holstein steers given hormone implants grow as well as beef steers. University
239 Park, Pensilvania; 2020.
- 240 6. Pérez-Linares C, Bolado-Sarabia L, Figueroa-Saavedra F, Barreras-Serrano A, Sánchez-López
241 E, Tamayo-Sosa AR, Godina AA, Ríos-Rincón F, García LA, Gallegos E. Effect of
242 immunocastration with Bopriva on carcass characteristics and meat quality of feedlot Holstein
243 bulls. *Meat Science* 2017;(123):45-49.
- 244 7. Kenneth HB, Maynard LJ, Meyer AL. Understanding the market for Holstein steers. En:
245 *Managing & Marketing Quality Holstein Steers Proceedings*. Iowa State University. 2005. p. 207-
246 225.
- 247 8. Mader TL. Environmental stress in confined beef cattle. *J Anim Sci* 2003; 81(14_suppl_2):E110-
248 E119.
- 249 9. Brown-Brandl T.M. Understanding heat stress in beef cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*
250 2018;(47):e20160414.
- 251 10. Montelli NLLL, Macitelli F, da Silva Braga J, da Costa MJRP. Economic impacts of space
252 allowance per animal on beef cattle feedlot. *Semina: Ciências Agrárias* 2019; 40(6Supl3):3665-
253 3678.

- 254 11. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad
255 Nacional Autónoma de México. 2004. p. 90. ISBN: 970-32-1010-4.
- 256 12. AMSA (American Meat Science Association). Meat evaluation handbook. U.S.A. American
257 Meat Science Association. 2001.
- 258 13. Ha JJ, Yang K, Oh DY, Yi JK, Kim JJ. Rearing Characteristics of Fattening Hanwoo Steers
259 Managed in Different Stocking Densities (R). Asian-Australasian Journal of Animal Sciences
260 2018. 31(11):1714-1720.
- 261 14. Kim SI, Park S, Myung JH, Jo YM, Choi CB, Jung KK. Effect of fattening period on growth
262 performance, carcass characteristics, and economic traits of Holstein steers. Journal of Animal
263 Science and Technology. 2021. 63(5):1008-2017.
- 264 15. Carvalho PHV, Latack BC, Flores R, Montano MF, Zinn RA. Interaction of early metabolizable
265 protein supplementation and virginiamycin on feedlot growth performance and carcass
266 characteristics of calf-fed Holstein steers. Translational Animal Science. 2022. 6(1):1-6.
- 267 16. Torrentera N, Barreras A, Gonzalez V, Plascencia A, Salinas J, Zinn RA. Delay implant
268 strategy in calf-fed Holstein steers: growth performance and carcass characteristics. Journal of
269 Applied Animal Research. 2017. 45(1):454-459.
- 270 17. Carvalho PHV, Perry GA, Felix TL. Effects of steroidal implants on feedlot performance,
271 carcass characteristics, and serum and meat estradiol-17 β concentrations of Holstein steers.
272 Translational Animal Science. 2020. 4(1):206-213.
- 273 18. Macitelli F, Braga JS, Gellatly D, Paranhos da Costa MJR. Reduced space in outdoor feedlot
274 impacts beef cattle welfare. Animal. 2020. 14(12):2588-2597.
- 275 19. Lee SM, Kim JY, Kim EJ. Effects of Stocking Density or Group Size on Intake, Growth, and
276 Meat Quality of Hanwoo Steers (*Bos taurus coreanae*). Asian-Australasian Journal of Animal
277 Sciences. 2012. 25(11):1553-1558.

- 278 20. Li SG, Yang XY, Rhee JY, Jang JW, Ha JJ, Lee KS, Song HY. Growth, behavior, and carcass
279 traits of fattening Hanwoo (Korean Native Cattle) steers managed in different group sizes. *Asian-*
280 *Australasian Journal of Animal Sciences*. 2010. 23(7):952-959.
- 281 21. Carvalho PHV, Westphalen MF, Campbell JA, Felix TL. Effects of coated and noncoated
282 steroidal implants on growth performance, carcass characteristics, and serum estradiol-17 β
283 concentrations of finishing Holstein steers. *Translational Animal Science*. 2020. 4(4):1-7.
- 284 22. Irshad A, Kandeepan G, Kumar S, Ashish KA, Vishnuraj MR, Shukla V. Factors influencing
285 carcass composition of livestock: A review. *Journal of Animal Production Advances*. 2013.
286 3(5):177-186.
- 287 23. Adams TE, Daley CA, Adams BM, Sakurai H. Testis function and feedlot performance of
288 bulls actively immunized against gonadotropin-releasing hormone: Effect of age immunization.
289 *Journal of Animal Science*. 1996. 74(5):950-954
- 290 24. Wu S, Luo X, Yang X, Hopkins DI, Mao Y, Zhang Y. Understanding the development of color
291 and color stability of dark cutting beef based on mitochondrial proteomics. *Meat Science*. 2020.
292 163:1-10.
- 293 25. Cervantes-Cazares JA, Pérez-Linares C, Figueroa-Saavedra F, Tamayo-Sosa AR, Barreras-
294 Serrano A, Ríos-Rincón FG, Sánchez-López E, García-Reynoso IC, Mendoza PP, León AV,
295 García-Vega LA. Comparación de la castración quirúrgica al nacimiento versus inmunocastración
296 sobre las características de la canal y carne en machos Holstein. *Revista mexicana de ciencias*
297 *pecuarias*. 2020. 11(2):455-467.
- 298 26. Bureš D, Bartoň L. Performance, carcass traits and meat quality of Aberdeen Angus, Gascon,
299 Holstein and Fleckvieh finishing bulls. *Livestock Science*. 2018. 214:231-237.
- 300 27. Viljoen HF, De Kock HL, Webb EC. Consume acceptability of dark, firm and dry (DFD) and
301 normal pH beef steaks. *Meat Science*. 2002. 61(2):181–185.

302 28. Miranda de la Lama GC, Villaroel M, María GA. Livestock transport from the perspective of
303 the pre-slaughter logistic chain: A review. *Meat Science*. 2014. 98(1):9–20.

304

305

306

307

Table 1. Holstein steers Median weight values \pm SEM per treatment.

Variable	Treatment		SEM	Pr>F
	14 m ²	16 m ²		
Initial weight, kg	238.57	237.62	0.74	0.2000
Weight at 1 st reimplant, kg	378.38 ^b	384.25 ^a	1.65	0.0004
Weight at 2 ^d reimplant, kg	506.73 ^b	515.21 ^a	2.52	0.0008
Final weight, kg	595.54 ^b	612.35 ^a	5.67	0.0032

^{a b} different letter indicates differences between treatments $P < 0.05$.

308

309

Table 2. Median production results \pm SEM per treatment

Variable	Treatment		SEM	Pr>F
	14 m ²	16 m ²		
Daily weight gain	1.46 ^b	1.50 ^a	0.01	0.0327
Feed conversion	7.51	7.17	0.17	0.1260
Feed consumption	10.80	10.62	0.15	0.2967

^{a b} different letter indicates differences between treatments $P < 0.05$.

310

311

312

313

Table 3. Carcass median production results \pm SEM per treatment.

Variable	Treatment		SEM	Pr>F
	14 m ²	16 m ²		
Hot carcass weight, kg	360.35 ^b	367.34 ^a	2.98	0.0196
Cold carcass weight, kg	358.78 ^b	366.68 ^a	2.96	0.0079
Dorsal fat, mm	9.1	9.3	0.83	0.1939
Ribeye area, cm ²	96.14	98.66	2.31	0.9277

^{a b} different letter indicates differences between treatments $P < 0.05$.

314

Table 4. Marbling score per treatment.

Variable	Treatment		Pr> χ^2
	14 m ² n = 178	16 m ² n = 177	
Slight	10	14	0.4142
Small	57	73	0.1605
Modest	87	72	0.2342
Moderate	23	17	0.3428
Lightly abundant	1	1	---

315

316

317

318

319

Table 5. Meat physicochemical median results \pm SEM per treatment.

Variable	Treatment		SEM	Pr>F
	14 m ²	16 m ²		
pH	5.67	5.60	0.06	0.6639
L*	29.97	31.96	0.85	0.5007
a*	17.08	16.79	1.24	0.4850
b*	15.45 ^a	15.02 ^b	0.83	0.0346
C*	23.08	22.59	1.47	0.1629

^a ^b different letter indicates differences between treatments $P < 0.05$.

320

321

322

323

324

Artículo 3. Indicadores conductuales de novillos Holstein finalizados durante dos periodos con diferente disponibilidad de espacio vital

ESTATUS: Enviado a la revista Tropical and Subtropical Agroecosystems

[TSAES] Submission Acknowledgement - ana.romo3012@gmail.com - Gmail

[TSAES] Submission Acknowledgement Recibidos x



Carlos A. SANDOVAL-CASTRO <revistaccba_boletines@correo.uady.mx>
para mí

inglés español Traducir mensaje

Tropical and Subtropical Agroecosystems
Ana Mireya Romo Valdez:

Thank you for submitting the manuscript, "BEHAVIORAL INDICATORS OF HOLSTEIN STEERS FINISHED DURING TWO TIMES WITH DIFFERENT AVAILABILITY OF LIVING SPACE" to Tropical and Subtropical Agroecosystems. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL:

<https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/author/submission/4909>

Username: anaromo30

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Carlos A. SANDOVAL-CASTRO
Tropical and Subtropical Agroecosystems

Tropical and Subtropical Agroecosystems
<http://www.veterinaria.uady.mx/ojs/index.php/TSA>

**INDICADORES CONDUCTALES DE NOVILLOS HOLSTEIN FINALIZADOS
DURANTE DOS PERIODOS CON DIFERENTE DISPONIBILIDAD DE ESPACIO
VITAL**

**BEHAVIORAL INDICATORS OF HOLSTEIN STEERS FINISHED DURING TWO
PERIODS WITH DIFFERENT AVAILABILITY OF SPACE ALLOWANCE**

Cristina Pérez-Linares¹, Ana Mireya Romo-Valdez¹, Fernando Figueroa-Saavedra¹, Alberto Barreras-Serrano¹, Beatriz Isabel Castro-Pérez², Francisco Gerardo Ríos-Rincón^{2*}

¹Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México.

Carretera, Mexicali-San Felipe Km 3.5, Laguna Campestre, CP 21386, Mexicali, B.C.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, México.

Bld. San Ángel s/n, Fraccionamiento San Benito, Predio Las Coloradas, CP 80246, Culiacán, Sinaloa, México

Autor de correspondencia: *fgrios@uas.edu.mx

SUMMARY

To evaluate the behaviour of finished Holstein steers in feedlot during winter and spring with different living space availability, recording of behaviour, the last 70 days of feedlot stay from the finalization period, were considered, according to the following distribution: 1) cattle finished in winter, included 65 steers housed in 14 m²/head and 57 steers housed in 16 m²/head, and 2) cattle finished in spring, with 65 steers housed in 14 m²/head and 57 steers housed in 16 m²/head. Steers housed in 14 m², showed agonistic behaviour, expressed in higher frequency of bumps (16.93 vs. 12.51), fights (7.17 vs. 2.99), threats (12.16 vs. 8.02), and vocalizations (24.92 vs. 18.56); in winter, bumping (15.98 vs. 13.46), fights (6.61 vs. 3.55) and grooming (28.40 vs. 20.31) persisted, the frequency of sniffing decreased (24.98 vs. 64.14) and the frequency of steers with lowered heads increased (6.30 vs. 2.31). Reduction of space allowance in Holstein steers during winter promotes agonistic behaviour and reduces social behaviour. Assigning 16 m²/head to Holstein steers during fattening and intensive finishing ensures better housing conditions and provides the possibility of habitual behaviour expression.

Keywords: intensive fattening, feedlot, beef cattle production, Holstein steers

RESUMEN

Para evaluar la conducta de novillos Holstein finalizados en corral de engorda durante invierno y primavera con diferente disponibilidad de espacio vital, se registró la conducta durante los últimos 70 días de permanencia en el corral de engorda, de acuerdo con la siguiente distribución: 1) bovinos finalizados en el invierno, incluyó a 65 novillos alojados en 14 m²/cabeza y 57 novillos alojados en 16 m²/cabeza; y 2) bovinos finalizados en primavera, con 65 novillos alojados en 14 m²/cabeza y 57 novillos alojados en 16 m²/cabeza. Los novillos alojados en 14 m², exhibieron comportamiento agonista expresado en mayor frecuencia de topetazos (16.93 vs. 12.51), peleas (7.17 vs. 2.99), amenazas (12.16 vs. 8.02) y vocalizaciones (24.92 vs. 18.56); en invierno persistieron los topetazos (15.98 vs. 13.46), peleas (6.61 vs. 3.55) y acicalamiento (28.40 vs. 20.31), disminuyó la frecuencia de olfateos (24.98 vs. 64.14) e incrementó la frecuencia de novillos con cabeza baja (6.30 vs. 2.31). La reducción del espacio vital en novillos Holstein en invierno promueve el comportamiento agonista y la disminución del comportamiento social. Se concluye que asignar 16 m²/ cabeza durante la engorda y finalización intensiva de novillos Holstein asegura mejores condiciones de alojamiento y brinda la posibilidad de la expresión del comportamiento habitual positivo.

Palabras clave: finalización intensiva, corral de engorda, producción de carne bovina, novillos Holstein

INTRODUCCIÓN

En el sistema intensivo para producción de carne el confinamiento del ganado bovino es una práctica común, por esta razón, el requerimiento de espacio para acomodar al ganado en el corral de engorda se debe basar en la disponibilidad del área que será destinada a dicho propósito, que se considera necesario para la expresión del comportamiento esencial del ganado bovino (Gallo *et al.*, 2023) y que además asegure que ocurra el establecimiento del orden jerárquico que prevalecerá durante el periodo de permanencia de los bovinos en el corral de engorda (Romo-Valdez *et al.*, 2021), que en el ganado Holstein varía desde 250 hasta 270 días, de acuerdo al peso de ingreso. Si la disponibilidad de espacio vital se compromete durante este periodo, el comportamiento natural del ganado se modifica y la expresión de la conducta agonista se incrementa debido a que la competencia por el espacio (Zazueta *et al.*, 2022); por el contrario, el incremento de la disponibilidad de espacio físico por cabeza contribuye a la mejora de los indicadores de bienestar en el corral de engorda bovina (Romo-Valdez *et al.*, 2021). En su experiencia Macitelli *et al.* (2020), afirman que al reducir el espacio vital se quebranta el espacio social y en consecuencia se incrementa la agresión y aumenta la tensión en el grupo confinado; al respecto, Hubbard *et al.* (2021), manifiestan que la dominancia jerárquica tiene consecuencias en la alteración del comportamiento natural de los bovinos cuando acaece la competencia del espacio vital y se expresa en mayor medida cuando tal espacio es reducido.

En relación con la asignación de espacio vital, la información disponible acerca de este requerimiento en bovinos productores de carne en confinamiento intensivo, en diversas experiencias, va desde la asignación mínima de 8 m² hasta 32 m² (Lee *et al.*, 2012; De Freitas *et al.*, 2015; Ha *et al.*, 2018); por su parte Bolado-Sarabia *et al.* (2018) en bovinos Holstein en finalización otorgaron 9 m² por bovino y Lagos *et al.* (2014), recomiendan asignar desde 15 hasta 20 m² por bovino en función del peso corporal. Al revisar el Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de Carne de Ganado Bovino en Confinamiento (SAGARPA-SENASICA, 2014), establece para clima seco de 12 a 12.5 m² por bovino, pero no considera ni el tipo racial de los bovinos y que al paso del tiempo el peso corporal del ganado en confinamiento se incrementa durante su permanencia en el corral de engorda.

Dos aspectos que modifican el comportamiento natural en los bovinos se refieren al genotipo y a la individualidad; así, el ganado bovino tipo lechero en confinamiento presenta mayor exhibición de conducta homosexual y social en comparación con razas especializadas en producción de carne (Jeziński *et al.*, 1989); en este sentido los bovinos que muestran temperamento más excitable presentan mayor frecuencia de contusiones en la canal que bovinos que tienen comportamiento más tranquilo (Francisco *et al.*, 2015). Miranda-de la Lama *et al.* (2013) afirman que las interacciones entre bovinos en el corral de engorda relacionadas con la dominancia jerárquica pueden ser causa de estrés, contusiones, mayor frecuencia de lesiones físicas, y en consecuencia se produce carne oscura, firme y seca (Pérez-Linares *et al.*, 2013). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar los indicadores conductuales de novillos Holstein finalizados en corral de engorda durante invierno y primavera con diferente disponibilidad de espacio vital.

MATERIALES Y METODOS

El protocolo del presente estudio fue revisado y aprobado por el Comité de Ética e Investigación del Instituto de Investigación de Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California, con el número de proyecto 201/2399.

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo durante los meses de octubre 2021 a febrero de 2022, en una Unidad de Producción Pecuaria especializada en la producción de carne bovina; dicho establecimiento se ubica en el Valle de Mexicali, Baja California, México, localizado en 32° 32'00 N y 115° 12'41 W. Esta región se caracteriza por tener clima desértico cálido extremo con temperatura promedio de 34.7 °C (registros de temperatura mínima de -5 °C en invierno y de 50 °C en verano), con precipitación promedio anual de 37 mm, y humedad relativa promedio anual de 50 % (García, 2004).

Diseño del estudio

En el estudio se incluyeron 1220 novillos Holstein, con un peso promedio de 238 ± 0.74 kg al arribo. Veinticuatro horas posteriores a la recepción del ganado, los bovinos recibieron manejo profiláctico que incluyó la administración de vacunas (bacterina clostridial), antiparasitario (ivermectinas), vitaminas (A, D3, E) y la colocación de implante anabólico (un producto a base de acetato de trembolona, estradiol y tylosina). En cada periodo de alimentación, los novillos se alojaron en 10 corrales con una superficie de 900 m² (30 x 30 m), de acuerdo con la siguiente distribución de los tratamientos: 1) novillos finalizados en invierno, distribuidos en cinco corrales, que incluyó a 65 novillos alojados en 14 m²/cabeza y cinco corrales de 57 novillos alojados en 16 m²/cabeza; y 2) bovinos finalizados en primavera, distribuidos en cinco corrales de 65 bovinos alojados en 14 m²/cabeza y cinco corrales de 57 novillos alojados en 16 m²/cabeza. Los bovinos se alimentaron dos veces al día, de acuerdo con un programa de tres dietas integrales, formuladas y elaboradas en las instalaciones *exprofeso* de la Unidad de Producción Pecuaria; las dietas están compuestas en diferentes proporciones por grano de trigo, heno de sudán, melaza, sebo animal, granos secos de destilería y premezcla de vitaminas y minerales. La duración de ambos periodos de alimentación fue de 258 días promedio.

Registro del comportamiento bovino

Para el registro del comportamiento se consideró solamente la etapa de finalización (últimos 70 días de permanencia en el corral de engorda). El registro del comportamiento se realizó de frente al corral para lograr mayor visión del mismo; la conducta bovina se registró por la mañana (07:00 a 11:50 h) y por la tarde (12:00 a 16:50 h), bajo un programa de visitas aleatorias por corral (10 visitas por corral: 5 por la mañana y 5 visitas por la tarde), con duración de una hora cada visita.

La expresión de la conducta bovina se evaluó mediante el registro del número de eventos ocurridos en cada corral; en el registro de la conducta agonista se incluyeron las montas, signo de Flehmen, topetazos, peleas y amenazas; y para la conducta social se evaluaron las variables acicalamiento, olfateos, vocalizaciones y cabeza baja, conforme a lo descrito en la Tabla 1. En el caso de la conducta habitual se incluyó a bovinos comiendo, bovinos de pie y bovinos echados, se realizó un conteo al inicio de la observación.

Durante el periodo experimental se registraron diariamente los valores de la temperatura ambiental y humedad relativa, y con ello se calculó el valor del ITH; a partir de la base de datos de <https://www.weather-atlas.com/es/mexico/mexicali-clima#temperature> se obtuvieron los valores de exposición a los rayos ultravioleta, horas luz de día y horas de exposición al sol.

Tabla 1. Definición de los indicadores conductuales del ganado bovino en corral de engorda.

Conducta	Descripción
<i>Habitual</i>	
Trófica	Se registró cuando el novillo presentó la totalidad de su cabeza dentro de comedero con alimento disponible.
En descanso	Se registró cuando un animal fue observado en posición decúbito ventral o decúbito lateral.
<i>Agonista</i>	
Montas	Se registró cuando un novillo se posa sobre sus extremidades posteriores y salta sobre el lomo de otro.
Signo de Flehmen	Se contabilizó cuando un novillo levanta el cuello y el labio superior después de oler la región del prepucio y/o la orina de otro novillo.
Topetazos	Se registró cuando dos novillos se golpean y se empujan con la cabeza.
Peleas	Fueron registrados cuando dos novillos o más se daban de golpes con fuerza en la cabeza desplazándose de lugar.
Amenazas	Se considera cuando un novillo baja la cabeza y raspa el suelo con las patas delanteras en actitud ofensiva.
<i>Social</i>	
Acicalamiento	Se considera cuando un novillo lame la cabeza, el cuello o el hombro de otro.
Olfateos	Se registró cuando un novillo huele a otro en actitud amigable.
Vocalizaciones	Fueron consideradas cuando un novillo emitió un sonido vocal propio de la especie; la intensidad y modulación puede variar.
Cabeza baja	Se registró como señal de sumisión ante otro individuo de su propia especie.

Fuente: Bolado-Sarabia *et al.* (2018); Zazueta *et al.* (2022)

Análisis estadístico

El análisis de las variables de comportamiento (Y_{ij}) se realizó aplicando el siguiente modelo lineal estadístico $Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ij}$ donde μ es el efecto común, (A_i) es el efecto fijo de espacio vital ($i=14 \text{ m}^2, 16 \text{ m}^2$), (B_j) es el efecto fijo de estación del año ($j=\text{invierno, primavera}$), (AB_{ij}) es la interacción de espacio vital por estación de año, ε_{ij} es el efecto aleatorio del error experimental [$\varepsilon_{ij} \sim NI(0, \sigma_e^2)$]. La hipótesis de igualdad de efectos medios dentro de factores y para la interacción se resolvió con el estadístico de F empleando ANOVA. Se declararon diferencias cuando $P \leq 0.05$. El análisis se realizó con ayuda del procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS 9.4 (SAS, 2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2, se presentan los valores promedio de las variables climáticas durante invierno y primavera en el Valle de Mexicali, Baja California, México.

Tabla 2. Valores promedio de las variables climáticas registradas durante el periodo de estudio en el Valle de Mexicali, Baja California, México.

Estación del año	Mes	T, °C Max	T, °C Min	HR, %	ITH Max	ITH Min	UV	Horas Luz	Horas Sol
Invierno	Diciembre	19.7	10.3	38	64	54	4	10:03	7:06
	Enero	20.6	10.2	37	65	53	5	10:17	7:12
	Febrero	22.7	11.2	35	67	54	5	11:03	7:24
Primavera	Marzo	26.7	13.5	30	71	57	6	12:01	9:06
	Abril	30.5	16.2	26	75	60	7	13:01	11:42
	Mayo	34.1	19.7	24	79	64	8	13:51	12:00

T: temperatura ambiental en grados Celsius; HR: humedad relativa en porcentaje; ITH: índice de temperatura y humedad; UV: radiación ultravioleta
<https://www.weather-atlas.com/es/mexico/mexicali-clima#temperature>

Estos valores muestran que los bovinos finalizados en el invierno tuvieron condiciones climáticas confortables (ITH < 70) a causa de 7 horas sol, 4.6 unidades de radiación UV y 21 °C de temperatura ambiente máximo promedio; en cambio los bovinos finalizados en primavera estuvieron en alerta térmica (ITH >71 unidades), derivado de 10.8 horas sol, 7 unidades de radiación UV y 30.4 °C de temperatura ambiente máximo promedio; la referencia de los valores de ITH en las dos estaciones del año se utiliza como indicador de bienestar en el corral de engorda (Zazueta *et al.*, 2021) y es por ello reconocido como categoría de la tensión térmica en el ganado bovino (Gaughan *et al.*, 2008), porque en el resultado de este valor se combinan los efectos de la temperatura ambiente y la humedad relativa, lo cual es importante para la evaluación de los indicadores de bienestar en el entorno del corral de engorda al aire libre (Romo-Valdez *et al.*, 2019). La utilidad del registrar el ITH, de acuerdo con Hahn *et al.* (2003) consiste en conocer e interpretar el desarrollo de la respuesta conductual y otras medidas de desempeño de los bovinos durante su permanencia en el corral de engorda.

En la Tabla 3, se presentan los valores de la conducta de los novillo en cada periodo de finalización relacionados con la disponibilidad de espacio vital en el corral de engorda. Al respecto, se afirma que la tendencia en la evaluación del bienestar animal es utilizar medidas de resultados basadas en animales (Grandin, 2016). En el presente estudio, el comportamiento habitual del ganado finalizado en el invierno se observó mayor frecuencia de bovinos en descanso (P<0.02), pero no se observaron diferencias por efecto del espacio vital (P>0.05). Al pasar mayor tiempo en descanso durante el invierno que los bovinos finalizados en la primavera, la manifestación de esta conducta puede interpretarse como una expresión natural para contrarrestar el frío de la temporada invernal, ya que el mínimo promedio de la temperatura ambiente registrado durante la estación es de 10 °C, valor que es persistente en invierno en esta región geográfica. En este sentido, Brown-Brandl (2018),

afirma que diversos factores afectan el nivel de respuesta que los bovinos tendrán en un entorno ambiental específico, entre los que se incluyen el temperamento, exposición a los elementos climáticos y la especie, ya sea *Bos taurus* o *Bos indicus*. De acuerdo con la magnitud de los cambios ambientales, si les son adversas a su estado de confort, los bovinos modifican su conducta habitual entre las más comunes el caminar, beber, o permanecer en descanso (González *et al.*, 2010).

Tabla 3. Efecto del periodo de finalización y disponibilidad de espacio en la conducta de novillos Holstein en engorda intensiva.

Conducta	Periodo de finalización		EE	Pr>F	Disponibilidad de espacio		EE	Pr>F
	Invierno	Primavera			14 m ²	16 m ²		
	65	57			65	57		
Trófica	10.23	10.37	3.02	0.9272	10.02	10.59	3.02	0.7041
En descanso	52.43 ^a	42.46 ^b	8.47	0.0195	49.22	45.67	8.47	0.4036
Montas	5.99 ^b	11.41 ^a	2.85	0.0002	7.07 ^b	10.33 ^a	2.85	0.0228
Topetazos	15.98 ^a	13.46 ^b	2.42	0.0390	16.93 ^a	12.51 ^b	2.42	0.0003
Peleas	6.61 ^a	3.55 ^b	1.56	0.0057	7.17 ^a	2.99 ^b	1.65	<0.0001
Amenazas	10.24	10.07	1.93	0.5900	12.29 ^a	8.02 ^b	1.93	<0.0001
Signo de Flehmen	12.22 ^b	14.90 ^a	2.32	0.0247	12.16 ^b	14.96 ^a	2.32	0.0149
Vocalizaciones	21.89	21.60	4.96	0.9065	24.92 ^a	18.56 ^b	4.96	0.0110
Olfateos	24.98 ^b	64.14 ^a	5.55	<0.0001	47.08	42.04	5.55	0.8015
Acicalamiento	28.40 ^a	20.31 ^b	3.82	<0.0001	20.98 ^b	27.73 ^a	3.82	0.0005
Cabeza baja	6.30 ^a	2.31 ^b	1.33	<0.0001	3.26 ^b	5.35 ^a	1.33	0.0020

Se presentan valores porcentuales generados del análisis de conteo de animales cumpliendo con el atributo sobre el número total de animales por corral.

n: es el promedio de número de animales en las 5 repeticiones.

^a^b letras diferentes entre tratamientos difieren $p < 0.05$.

La frecuencia de montas y la presentación del signo de Flehmen fue mayor en los bovinos finalizados en primavera ($P < 0.01$) y alojados en corrales con mayor disponibilidad de espacio ($P < 0.05$), lo que se interpreta que esta expresión conductual está relacionada en novillos que disponen de mayor espacio en el corral de engorda y que se manifiesta mediante el incremento de la actividad agonista a través de las montas y el signo de Flehmen; a ello se agrega que al elevarse la temperatura ambiente en primavera, se expresa mayormente la actividad agonista de los novillos. Sin embargo, Keane *et al.* (2017) y Park *et al.* (2020) afirman que la reducción del espacio vital en el corral de engorda afecta el comportamiento del ganado y tiene un impacto negativo en su bienestar; de igual manera, la falta de espacio provoca ruptura de la sincronización social y repercute en un incremento de las agresiones (Miranda-de la Lama, 2008), que es lo que ocurre en el presente estudio cuando se manifiestan las peleas, principalmente observadas en el ganado bovino finalizado en invierno ($P < 0.01$) y en corrales con menor disponibilidad de espacio ($P < 0.0001$); al respecto, Ha *et al.* (2018) registraron mayor frecuencia de peleas en machos Hanwoo alojados en corrales con menor disponibilidad de espacio, de igual manera, Bagnato *et al.* (2023) observaron que el comportamiento de lucha se incrementó en razón del aumento de la densidad de población. Aunque este tipo de comportamiento puede reducirse debido a la larga

permanecía de los bovinos en el corral de engorda, la presencia de interacciones sociales anormales es un riesgo latente para el bienestar del ganado asociado al establecimiento de la jerarquía social (Salvin *et al.*, 2020), particularmente en novillos Holstein orientados a la producción de carne en confinamiento intensivo, tal como lo registraron Bolado-Sarabia *et al* (2018) con el incremento de la frecuencia de montas (16.32), topetazos (6.67), amenazas (15.22) y signo de Flehmen (13.22); por tal razón, en condiciones adversas, la limitación del espacio en el corral de engorda compromete el comportamiento, el estado de salud y el bienestar del ganado bovino productor de carne en confinamiento (Cortese *et al.*, 2020).

En la presentación de otros eventos agonistas, los topetazos se registraron con mayor frecuencia en el invierno, pero en corrales con menor disponibilidad de espacio ($P < 0.0003$), de igual manera, las amenazas se registraron con mayor frecuencia en corrales con similar característica ($P < 0.0001$). Macitelli *et al.* (2020), afirman que se ha observado en los corrales de engorda de ganado bovino la tendencia a reducir la asignación de espacio vital por cabeza, a pesar de su potencial impacto negativo en el bienestar de los bovinos, porque al estar hacinados, puede haber repercusiones en los patrones de alimentación, de descanso y otros aspectos básicos del comportamiento (Huzzey *et al.*, 2012).

La expresión de la conducta social manifiestas como acicalamiento y cabeza baja, fueron mayormente observadas en los bovinos a los que se les otorgó espacio vital de 16 m² ($P < 0.05$), es decir que fue mayor el comportamiento de socialización al incrementar la disponibilidad de espacio, y fueron mayores las expresiones en los novillos finalizados en invierno, mientras que en olfateos no se registraron diferencias ($P > 0.05$) como consecuencia de disponer mayor espacio en el corral, pero la frecuencia de este indicador fue mayormente observada en ganado finalizado en la primavera. Al respecto, Meneses *et al.* (2021) mencionan que el aumento del acicalamiento también puede significar un cambio en la estructura social debido a la relación de dominancia entre ellos. En el mismo sentido Tiddi *et al.* (2012) refieren que los individuos subordinados acicalan a los animales de mayor rango a cambio de otros beneficios, como la tolerancia a compartir los lugares de alimentación o descanso. En el comportamiento social las vocalizaciones fueron mayormente escuchadas en los bovinos alojados en corrales donde se les proporcionaron 14 m² ($P < 0.05$), sin efecto de época de finalización.

Los resultados de la interacción de acuerdo con el periodo de finalización y la disponibilidad de espacio vital se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Interacción de la expresión conductual según el periodo de finalización y disponibilidad de espacio vital en novillos Holstein en engorda intensiva.

Conducta	Interacción				EE	Pr>F
	Inv-14	Inv-16	Prim-14	Prim-16		
Trófica	10.32	10.15	9.71	11.04	2.13	0.6180
En descanso	54.71	50.16	43.73	41.19	5.99	0.8124
Montas	4.03	7.94	10.10	12.72	2.01	0.6508
Topetazos	15.72 ^a	16.23 ^a	18.13 ^a	8.80 ^b	1.71	<0.0001
Peleas	9.20	4.03	5.14	1.96	1.10	0.2779
Amenazas	12.74	7.74	11.84	8.29	1.36	0.4867
Signo de Flehmen	10.37	14.08	13.95	15.84	1.64	0.4604
Vocalizaciones	23.65	20.13	26.19	17.00	3.50	0.2539
Olfateos	26.03	23.93	68.13	60.15	3.93	0.2733
Acicalamiento	27.13 ^a	29.67 ^a	14.83 ^b	25.79 ^a	2.70	0.0285
Cabeza baja	5.17	7.43	1.36	3.26	0.94	0.7892

Inv= Invierno; Prim= Primavera; 14= 14 m² de espacio vital; 16= 16 m² de espacio vital.

La frecuencia de topetazos en los novillos finalizados durante la primavera se redujo (16.69 vs 8.80) cuando el espacio vital disponible fue de 16 m² (P<0.05). La expresión de esta conducta agonista se encuentra mayormente relacionada con la dominancia jerárquica en el corral de engorda y se asocia con la menor disponibilidad de espacio vital, pero se observa reducción de esta expresión agonista cuando el valor del ITH tiende a incrementar (Zazueta *et al.*, 2022); en el presente estudio, se observó el incremento de la conducta agonista en los novillos Holstein en primavera al disponer de menor espacio en el corral de engorda, aunque con menor registro del ITH, lo cual conduce a entender que el factor disponibilidad de espacio es determinante en la expresión de los topetazos durante la primavera; caso contrario ocurre durante el invierno donde la reducción del valor de ITH debido a condiciones climáticas más confortables, es determinante para la expresión agonista manifiesta a través de los topetazos, cuando la disponibilidad de espacio disminuye. De acuerdo con Fregonesi *et al.* (2007), con la disminución del espacio vital se presentan mayores eventos de agresión entre los bovinos que comparten el mismo espacio; según Dogan y Demirci (2012), la expresión de esta conducta se debe a que el temperamento de los bovinos cambia a medida que maduran fisiológicamente y transcurre de la agresión juguetona a la agresión defensiva, que inclusive pueden dañar la integridad del personal encargado de manejar al ganado; es por ello, que la ruptura en la sincronización social conductual provocada por la falta de espacio y por el incremento en la agresión, aumenta el rango de variación individual en la expresión de los patrones de conductas de mantenimiento tales como desplazarse, comer, descansar y acicalarse (Miranda-de la Lama, 2008).

Entre las manifestaciones de comportamiento animal positivo, el acicalamiento entre bovinos en confinamiento es una forma de expresión social en el que los bovinos interactúan y desarrollan relaciones entre sí de carácter dominante-subordinado, que conducen al establecimiento de un orden social o jerarquía de dominancia (Hubbard *et al.*, 2021). En el presente estudio se observó que la mayor frecuencia de novillos acicalándose se presenta durante la época de invierno sin

distingo de disponibilidad de espacio; pero el incremento de esta expresión social que se registró durante la primavera ocurrió con mayor disponibilidad de espacio vital ($P < 0.05$).

Con relación a esta forma de expresión social, el ganado bovino posee un repertorio diverso de comportamientos de acicalamiento manifiestos en forma de acicalamiento entre congéneres, auto acicalamiento y acicalamiento con un objeto inanimado, que pueden atrofiarse debido a la falta de complejidad ambiental o al estrés social presente en el entorno del corral de engorda (Ninomiya, 2019). Al respecto se postula que los individuos subordinados acicalan a los animales de mayor rango a cambio de otros beneficios, como la tolerancia en los lugares de alimentación o descanso (Tiddi *et al.*, 2012). De acuerdo con Šárová *et al.* (2016), el acicalamiento permite que un animal mantenga un pelaje limpio y reduzca la carga de parásitos externos, pero el aumento del acicalamiento también puede significar un cambio en la estructura social debido a la relación de dominación y acicalamiento.

CONCLUSIONES

Asignar 16 m²/ cabeza durante la engorda y finalización intensiva de novillos Holstein asegura mejores condiciones de alojamiento y brinda la posibilidad de la expresión del comportamiento habitual positivo. Estos resultados implican que en la asignación de espacio vital durante el alojamiento de novillos Holstein para la producción de carne en el corral de engorda se debe de considerar el temperamento de este grupo racial, toda vez que la asignación de 14 m²/ cabeza compromete los indicadores de comportamiento y puede traducirse en el incremento de las agresiones entre congéneres durante la permanencia en el corral de engorda. Del mismo modo se debe considerar la seguridad de los operarios que tienen a su cargo el manejo de los bovinos en la empresa ganadera, dada la incorporación de novillos Holstein en la producción intensiva de carne bovina.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Ganadera Mexicali SA de CV las facilidades prestadas para el desarrollo del presente proyecto.

REFERENCIAS

- Bagnato S, Pedruzzi L, Goracci J, Palagi E. 2023. The interconnection of hierarchy, affiliative behaviours, and social play shapes social dynamics in Maremmana beef cattle. *Applied Animal Behaviour Science*. 260:10568. DOI: 10.1016/j.applanim.2023.105868
- Bolado-Sarabia JL, Pérez-Linares C, Figueroa-Saavedra F, Tamayo-Sosa AR, Barreras-Serrano A, et al. 2018. Effect of immunocastration on behaviour and blood parameters (cortisol and testosterone) of Holstein bulls. *Austral Journal of Animal Science*. 50:77-81. DOI: 10.4067/S0719-81322018000200077
- Brown-Brandl TM. 2018. Understanding heat stress in beef cattle. *Brazilian Journal of Animal Science*. 47:e20160414. 1-9. DOI: 10.1590/rbz4720160414.
- Cortese M, Bršćic M, Ughelini N, Andrighetto I, Contiero B, Marchesini G. 2020. Effectiveness of stocking density reduction on mitigating lameness in a Charolais finishing beef cattle farm. *Animals*. 10:1147. doi:10.3390/ani10071147
- De Freitas VM, Leão KM, Araujo Neto FRD, Marques TC, Ferreira RM, Garcia LLF, Oliveira EBD. 2015. Efeitos da castração cirúrgica, imunocastração e homeopatia sobre o desempenho, características de carcaça e comportamento de bovinos macho cruzados

- terminados em confinamento. *Semina Ciências Agrárias*, 36(3):1725-1734. DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n3p1725
- Dogan KH, Demirci S. 2012. Livestock-Handling Related Injuries and Deaths. *Intech. Livestock Production*. Chapter 5: 81-116. <http://dx.doi.org/10.5772/50834>
- Francisco CL, Resende FD, Benatti JMB, Castilhos AM, Cooke RF, Jorge AM. 2015. Impacts of temperament on Nellore cattle: physiological responses, feedlot performance, and carcass characteristics. *Journal of Animal Science* 93(11):5419-29. DOI: 10.2527/jas.2015-9411
- Fregonesi JA, Tucker CB, Weary DM. 2007. Overstocking reduces lying time in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 90 (7):3349–3354. DOI: 10.3168/jds.2006-794
- Gallo C, Tabilo B, Navarro G, Phillips C. 2023. Minimum space requirements for cattle: An approach based on photographic records. *Veterinary Records*. e2780. 1-8. DOI: 10.1002/vetr.2780.
- García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. 2004. p. 90. ISBN: 970-32-1010-4.
- Gaughan JB, Mader TL, Holt SM, Lisle A. 2008. A new heat load index for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 86(1):226-234. DOI: 10.2527/jas.2007-0305
- González PAV, Maldonado MV, Catracchia CG, Herrero MA, Flores MC, Mazzini M. 2010. Influence of water temperature and heat stress on drinking water intake in dairy cows. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 70(2):328-336. Link: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3748274>
- Grandin T. 2016. Evaluation of the welfare of cattle housed in outdoor feedlot pens. *Veterinary and Animal Science*. 1-2:23-28. DOI: 10.1016/j.vas.2016.11.001
- Ha JJ, Yang K, Oh DY, Yi JK, Kim JJ. 2018. Rearing characteristics of fattening Hanwoo steers managed in different stocking densities (R). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 31(11):1714-1720. DOI: 10.5713/ajas.17.0451
- Hahn GL, Mader TL, Eigenberg RA. 2003. Perspective on development of thermal indices for animal studies and management. In: Lacetera N, Bernabucci U, Khalifa H, Ronchi B, Nardone A (eds) *Interactions Between Climate and Animal Production EAAP Tech Series No. 7*, Wageningen, The Netherlands. ISBN: 907-69-982-64.
- Hubbard AJ, Foster MJ, Daigle CL. 2021. Social dominance in beef cattle—A scoping review. *Applied Animal Behaviour Science*. 241:105390. DOI: 10.1016/j.applanim.2021.105390
- Huzzey JM, Grant RJ, Overton TR, 2012. Relationship between competitive success during displacements at an overstocked feed bunk and measures of physiology and behavior in Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 95(8):4434–4441. DOI: 10.3168/jds.2011-5038
- Jezierski TA, Kozirowski M, Goszczyński J, Sieradzka I. 1989. Homosexual and social behaviours of young bulls of different geno- and phenotypes and plasma concentrations of some hormones. *Applied Animal Behaviour Science* 24(2):101-13. DOI: 10.1016/0168-1591(89)90038-5
- Keane MP, McGee M, O’Riordan EG, Kelly AK, Earley B. 2017. Effect of space allowance and floor type on performance, welfare, and physiological measurements of finishing beef heifers. *Animal*. 11:12, 2285–2294. doi:10.1017/S1751731117001288
- Lagos H, González FG, Castillo F. 2014. Paquete tecnológico para la engorda de ganado bovino en corral. Coyoacán, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

- Lee SM, Kim JY, Kim EJ. 2012. Effects of stocking density or group size on intake, growth, and meat quality of Hanwoo Steers (*Bos taurus coreanae*). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 25(11):1553-1558. DOI: 10.5713/ajas.2012.12254
- Macitelli F, Braga JS, Gellatly D, Paranhos da Costa MJR. 2020. Reduced space in outdoor feedlot impacts beef cattle welfare. *Animal*. 14(12):2588-2597. DOI: 10.1017/S1751731120001652
- Meneses XCA, Park RM, Ridge EE, Daigle CL. 2021. Hourly activity patterns and behaviour-based management of feedlot steers with and without a cattle brush. *Applied Animal Behaviour Science*, 236:105241. DOI: 10.1016/j.applanim.2021.105241
- Miranda-de la Lama, G. C. (2008). Comportamiento y bienestar en la producción animal: Hacia una interpretación integral. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*, 9(10B):1-8. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63617111003.pdf>
- Miranda-de la Lama GC, Pascual-Alonso M, Guerrero A, Alberti P, Alierta S, Sans P, et al., 2013. Influence of social dominance on production, welfare, and the quality of meat from beef bulls. *Meat Science*. 94:432-437. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.03.026>
- Ninomiya, S. 2019. Grooming device effects on behaviour and welfare of Japanese Black fattening cattle. *Animals*.9:186; doi:10.3390/ani9040186
- Park RM, Foster M, Daigle CL. 2020. A Scoping Review: The Impact of housing systems and environmental features on beef cattle welfare. *Animals*. 10:565. doi:10.3390/ani10040565
- Pérez-Linares C, Sánchez-López E, Ríos-Rincón FG, Olivas-Valdéz JA, Figueroa-Saavedra F, Barreras-Serrano A. 2013. Factores de manejo pre y post sacrificio asociados a la presencia de carne DFD en ganado bovino durante la época cálida. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(2):149-160. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/2834>
- Romo-Valdez A, Pérez-Linares C, Figueroa-Saavedra F, Portillo-Loera J, Ríos-Rincón F. 2019. Behavioral response of beef cattle in feed lot in warm desert environment. *Abanico Veterinario*. 9(1):1-18. DOI: 10.21929/abavet2019.928
- Romo-Valdez A, Pérez-Linares C, Ríos-Rincón F, Figueroa-Saavedra F, Barreras-Serrano A, Castro-Pérez I. 2021. Importance of living space in the productive response and welfare of beef cattle in feedlot. *Abanico Veterinario*. 11:1-15 DOI: 10.21929/abavet2021.42
- SAGARPA-SENASICA. 2014. Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de carne de ganado bovino en confinamiento. Servicio Nacional de Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Link: <http://publico.senasica.gob.mx/?doc=21454>
- Salvin HE, Lees AM, Café LM, Colditz IG, Lee C. 2020. Welfare of beef cattle in Australian feedlots: a review of the risks and measures. *Animal Production Science*. 60(13):1569-1590. DOI: 10.1071/AN19621
- Šárová R, Gutmann AK, Špinka M, Stěhulová I, Winckler C. 2016. Important role of dominance in allogrooming behaviour in beef cattle. *Applied Animal Behaviour Science*. 181:41-48. DOI: 10.1016/j.applanim.2016.05.017
- SAS. 2022. SAS Software 9.4 (TS1M7) Supported Operating Systems. SAS Institute Inc. Cary, N.C. U.S.A.
- Tiddi B, Aureli F, Schino G. 2012. Grooming up the hierarchy: the exchange of grooming and rank-related benefits in a new world primate. *PloS one*. 7(5): e36641. DOI: 10.1371/journal.pone.0036641
- Zazueta C, Castro I, Estrada-Angulo A, Portillo J, Urías D, Ríos F. 2021. Valoración del confort térmico de bovinos productores de carne en finalización intensiva en clima cálido. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 32(5):e19301 DOI: 10.15381/rivep.v32i5.19301

Zazueta-Gutiérrez AC, Ríos-Rincón FG, Castro-Pérez BI, Estrada-Angulo A, Portillo-Loera JJ. 2022. Environmental effect and pen design on agonist behaviour of beef cattle in feed lot. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 25:1-15. DOI: 10.56369/tsaes.3723

CAPITULO 4

CONCLUSIONES GENERALES

En la producción intensiva de carne bovina es necesario considerar la disponibilidad de espacio vital en el corral de engorda, para asegurar una expresión positiva de los indicadores conductuales y productivos.

Al proporcionar 16 m² / bovino durante el periodo de engorda se mejoran las condiciones de alojamiento, así como la expresión positiva del comportamiento y se mejora la ganancia diaria de peso, incrementa el peso corporal de los novillos desde el primer reimplante hasta el peso al sacrificio, e impacta favorablemente en el peso de la canal caliente y fría. Por el contrario, si se asignan 14 m² / bovino se comprometen los indicadores conductuales y se incrementan las agresiones entre congéneres en el corral de engorda.

Indistintamente al asignar 16 m² y 14 m² a novillos Holstein en corral de engorda no impacta en las características de calidad de la canal y de la carne.