

**Influencia del espacio vital del corral de engorda en las variables de producción, rasgos de calidad de la canal y la carne en novillos Holstein**



Ana Mireya Romo-Valdez <sup>a</sup>

Cristina Pérez-Linares <sup>a\*</sup>

Francisco Gerardo Ríos-Rincón <sup>b</sup>

Fernando Figueroa-Saavedra <sup>a</sup>

Alberto Barreras-Serrano <sup>a</sup>

Beatriz Isabel Castro-Pérez <sup>b</sup>

Eduardo Sánchez-López <sup>a</sup>

Georgina Valentina Cervantes Cazarez <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidad Autónoma de Baja California. Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Domicilio Conocido, Km 3.5 Carretera a San Felipe, Fraccionamiento Campestre, 21386, Mexicali, B.C., México.

<sup>b</sup> Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Culiacán, Sinaloa, México.

\*Autor de correspondencia: [cristina.perez@uabc.edu.mx](mailto:cristina.perez@uabc.edu.mx)

**Resumen:**

Se determinó cómo la cantidad de espacio vital asignado en el corral de engorda, influye tanto en los indicadores de producción como en los rasgos de calidad de la canal y la carne obtenidas de novillos Holstein mediante la formación de dos grupos de tratamiento, T14: 65 novillos/corral (14 m<sup>2</sup>/cabeza de espacio permitido) y T16: 57 novillos/corral (16 m<sup>2</sup>/cabeza de espacio permitido), con cinco repeticiones en cada tratamiento. El peso promedio de llegada fue de 238 ± 0.74 kg. Durante el período de engorda el ganado se alimentó dos veces al día con dietas comerciales. Los novillos se sacrificaron después de

un período de 261 días. En el momento del primer reimplante se encontró un mayor peso corporal promedio en T16 vs T14 (384.25 vs 378.38 kg;  $P<0.05$ ) y la diferencia se mantuvo hasta el día 261 (612.35 vs 595.54 kg;  $P<0.05$ ); en cuanto a la GDP, el peso de la canal caliente y el peso de la canal fría, los resultados fueron: 1.50 vs 1.46 kg ( $P<0.05$ ), de GDP kg/día; 367.34 vs 360.35 kg ( $P<0.05$ ) y 366.68 vs 358.78 kg ( $P<0.05$ ). No se encontraron diferencias entre los tratamientos en la grasa dorsal, el marmoleado, el pH y el color de la carne. Los resultados sugieren que un aumento de 14 m<sup>2</sup>/animal a 16 m<sup>2</sup>/animal mejora los resultados productivos, así como el peso de la canal caliente y fría, sin afectar a los rasgos de calidad de la canal y la carne.

**Palabras clave:** Espacio vital, novillos Holstein, Corral de engorda, Canales, Calidad de la carne.

Recibido: 24/06/2023

Aceptado: 07/08/2023

## Introducción

Durante su estadía en el corral, el ganado de carne requiere suficiente espacio para expresar su comportamiento natural<sup>(1)</sup>. De acuerdo con Lagos *et al*<sup>(2)</sup> es necesario proporcionar al menos 18.5 m<sup>2</sup>/cabeza para asegurar las condiciones ideales de espacio para cada animal, sin embargo, en caso de que durante el período de engorda aumente, se recomienda que se proporcione espacio adicional en función del incremento de peso corporal, para ganado con un peso de hasta 300 kg, el espacio recomendado es de 15 m<sup>2</sup>/cabeza, para ganado con peso superior a 400 kg se sugiere un área de 20 m<sup>2</sup>. En México, el manual de buenas prácticas para la producción intensiva de ganado de carne publicado por la Secretaría de Agricultura (SAGARPA)<sup>(3)</sup> estima que un espacio entre 12 y 12.5 m<sup>2</sup>/animal es suficiente para que el ganado muestre su comportamiento natural.

Los terneros Holstein se han convertido en un insumo importante para la producción de carne en corrales de engorda<sup>(4)</sup>, de modo que representa el 20 % de la cantidad total de ganado engordado en los Estados Unidos de América<sup>(5)</sup>, una situación similar se observa ahora en el norte de México. Los novillos Holstein ofrecen ciertas ventajas, ya que muestran rasgos deseables de la canal, como una distribución superior de la grasa intramuscular y un mejor ancho de la grasa dorsal<sup>(6)</sup>. Se ha reportado que el ganado Holstein adulto engordado en corrales de engorda exhibe un comportamiento impredecible y agresivo<sup>(7)</sup>, y por esta razón, esta raza de ganado requiere una mayor cantidad de espacio que las razas productoras de carne. Otro dato para tener en cuenta es que el ganado Holstein es cada vez más frecuente, por lo que la condición del suelo en los corrales no es buena<sup>(8,9)</sup>. Teniendo en cuenta lo anterior, un aumento del espacio vital del corral de engorda por animal tendría un impacto positivo en el bienestar del ganado y, por lo tanto, en mejores resultados de producción de carne<sup>(10)</sup>.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto que el espacio del corral tiene sobre las variables de producción, así como sobre los rasgos de calidad de la canal y la carne obtenidas de novillos Holstein.

## **Material y métodos**

Este estudio fue revisado y aprobado por el comité de ética del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, con el proyecto número 201/2399.

### **Ubicación geográfica**

Este estudio se llevó a cabo en Mexicali, México, que se encuentra a 32° 32'00 N, 115° 12'41 O. La región se caracteriza por un clima seco desértico con una temperatura promedio de 34.7 °C (-5 °C en invierno y 50 °C en verano), con una precipitación anual de 37 mm y una humedad relativa superior al 50 %<sup>(11)</sup>.

### **Animales y diseño del estudio**

El estudio se realizó utilizando terneros Holstein castrados entre las edades de 7 y 8 meses, con un peso promedio de 238 ± 0.74 kg. Veinticuatro horas después de la llegada del ganado al corral de engorda, se les vacunó, se les desparasitó y se les implantó un producto que contenía acetato de trembolona, estradiol y tilosina. A su llegada durante la primavera (abril-junio), los animales se asignaron a uno de dos grupos para que se pudieran establecer dos tratamientos. Cada tratamiento incluyó cinco corrales. El primer tratamiento incluyó 65 novillos Holstein, en este caso cada animal tuvo un espacio permitido de 14 m<sup>2</sup>/animal (T14), en el segundo tratamiento se asignaron 16 m<sup>2</sup>/animal (T16) a cada uno de los 57 novillos Holstein. El ganado se alimentó dos veces al día utilizando un programa de alimentación que incluyó tres dietas diferentes administradas durante los períodos de engorda y finalización. En diferentes proporciones los ingredientes de todas las dietas fueron: pasto Sudán, heno de trigo, sebo, granos secos de destilería (GSD) y una premezcla de minerales.

Después de un período de 261 días de engorda los novillos se sacrificaron, el peso promedio del grupo fue de 604 ± 5.67 kg. El día del sacrificio de los novillos fueron transportados 36 km en camión hasta el rastro donde fueron puestos en corrales de espera durante 3.5 h, durante este tiempo solo se les proporcionó agua. Los novillos se sacrificaron en un rastro Tipo Inspección Federal (TIF) siguiendo el procedimiento descrito en la Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014, "Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres".

## Comportamiento de la producción

De los registros de la empresa se obtuvieron los siguientes resultados de producción: peso inicial, peso después del primer reimplante, peso después del segundo reimplante, peso final, ganancia diaria promedio (GDP) y conversión alimenticia. Cada uno de los pesos de sacrificio de los animales se obtuvo en la caja de aturdimiento.

## Evaluación de la canal y la carne

Las canales de ambos tratamientos se enfriaron a 2 °C durante 24 h y se cortaron entre las costillas 12 y 13 para recopilar datos adicionales de la canal. Un total de 178 canales de T14 y 176 canales de T16 estuvieron disponibles por el rastro para ser consideradas para el estudio de todas las variables. Se tomaron las medidas de peso de la canal caliente (PCC) y peso de la canal fría (PCF), grasa dorsal, marmoleado, área del ojo de la costilla, pH y color de cada canal. La grasa dorsal se midió en mm utilizando una regla métrica. El área del ojo de la costilla se evaluó utilizando el método de cuadrícula plástica sugerido por la Universidad Estatal de Iowa y la puntuación de marmoleado (escala de ligero; pequeño; modesto; moderado; ligeramente abundante; moderadamente abundante), ambos se evaluaron siguiendo la metodología descrita por AMSA<sup>(12)</sup>. El pH se determinó utilizando un potenciómetro (HANNAH INSTRUMENTS Inc. pH 101), los valores de color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $H^*$ ) se midieron en la superficie del corte del músculo *Longissimus dorsi* entre el duodécimo y decimotercer espacio intercostal utilizando un espectrofotómetro MINOLTA CM-2002 (Minolta camera, Co., Ltd., Japón) con un componente especular incluido (SCI, por sus siglas en inglés), un iluminador D65 y un observador de 10°, donde  $L^*$  es el índice de luminosidad,  $a^*$  es la intensidad del color rojo y  $b^*$  es la intensidad del color amarillo y  $C^*$  mide la saturación del color.

## Análisis estadístico

Los datos productivos se analizaron utilizando el siguiente modelo lineal estadístico  $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$ , donde  $Y_{ij}$  es la variable de respuesta,  $\mu$  es el efecto de la media verdadera,  $\tau_i$  es el efecto fijo del tratamiento,  $\beta_j$  es el efecto fijo del corral y  $\varepsilon_{ij}$  es el error residual aleatorio iid  $N(0, \sigma_e^2)$ . La hipótesis de que los efectos del tratamiento no difieren se evaluó mediante el estadístico de prueba F en el ANOVA. Se declararon diferencias entre tratamientos cuando  $P \leq 0.05$ .

Los datos de calidad de la canal y de la carne se analizaron como un diseño de bloques completos al azar con muestreo, con el corral como unidad experimental y la canal como unidad observacional. El modelo lineal estadístico fue el siguiente:  $Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + \delta_{ijk}$ , donde  $Y_{ijk}$  es la variable de respuesta,  $\mu$  es el efecto de la media verdadera,  $\tau_i$  es el efecto fijo del tratamiento,  $\beta_j$  es el efecto fijo del corral,  $\varepsilon_{ij}$  es el error residual aleatorio iid  $N(0, \sigma_e^2)$  y  $\delta_{ijk}$  es el error de muestreo aleatorio iid  $N(0, \sigma_a^2)$ . La hipótesis

de que los efectos del tratamiento no difieren se evaluó utilizando un estadístico de prueba F en el ANOVA. Se declararon diferencias entre tratamientos cuando  $P \leq 0.05$ .

La hipótesis de que los efectos del tratamiento no difieren para las proporciones dentro de cada clase de marmoleado se evaluó utilizando un estadístico de prueba de Ji-cuadrada en una tabla de frecuencias. Se declararon diferencias entre tratamientos cuando  $P \leq 0.05$ . El análisis se realizó mediante los procedimientos MIXED y FREQ del paquete estadístico SAS 9.4 (TS1M7).

## Resultados y discusión

### Resultados de producción

Un hallazgo relevante de este estudio fue que los novillos con mayor espacio de corral tuvieron un mayor peso durante todo el período de engorda; estos resultados se presentan en el Cuadro 1 y muestran que después de recibir el primer reimplante (día 94 después de la llegada al corral de engorda), los novillos de T16 mostraron un peso promedio mayor en comparación con los animales de T14 ( $P < 0.05$ ); este mismo resultado se observó después del segundo reimplante y durante todo el período de engorda ( $P < 0.05$ ); la diferencia de peso observada entre los grupos fue del 16 %. Resultados similares en cuanto a las diferencias de peso han sido reportados por otros autores<sup>(13)</sup>, quienes encontraron un mayor peso final en los novillos Hanwoo cuando se les proporcionó un mayor espacio de corral.

**Cuadro 1:** Valores medios de peso de novillos Holstein  $\pm$  EEM por tratamiento

Variable	Tratamiento		EEM	Pr>F
	14 m <sup>2</sup>	16 m <sup>2</sup>		
Peso inicial, kg	238.57	237.62	0.74	0.2000
Peso al 1. <sup>er</sup> reimplante, kg	378.38 <sup>b</sup>	384.25 <sup>a</sup>	1.65	0.0004
Peso al 2. <sup>o</sup> reimplante, kg	506.73 <sup>b</sup>	515.21 <sup>a</sup>	2.52	0.0008
Peso final, kg	595.54 <sup>b</sup>	612.35 <sup>a</sup>	5.67	0.0032

EEM= error estándar de la media.

<sup>a,b</sup> Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos ( $P < 0.05$ ).

En el Cuadro 2 se muestran los resultados de producción para ambos grupos de novillos. Se encontró que la ganancia de peso fue mayor para los novillos en T16, sin embargo, no se encontraron diferencias en la conversión alimenticia y el consumo de alimento. De manera similar a este estudio, Kim *et al*<sup>(14)</sup> observaron que los novillos Holstein de 20 meses de edad a los que se les proporcionó 16 m<sup>2</sup>/animal alcanzaron un peso final de 750.39 kg y una ganancia de peso diaria de 1.36 kg. Un estudio en novillos Holstein que no consideró como variable la cantidad de espacio vital por animal reportó un peso final entre 613.3 a 631.4 kg, un 1.41 a 1.46 kg/d de GDP<sup>(15)</sup>, mientras que un estudio realizado en México encontró que los novillos Holstein alcanzaron un peso final de 604.9 kg con

una ganancia diaria de 1.46 kg y un consumo de alimento de 8.41 kg por día<sup>(16)</sup>, otro estudio realizado por Carvalho *et al*<sup>(17)</sup> encontró que los novillos Holstein ganaron diariamente 1.73 kg/día con un peso final de 598 kg. Aunque en México la norma federal<sup>(3)</sup> establece que el espacio del corral para un animal de menos de 400 kg debe ser de 12 m<sup>2</sup> y para uno de más de 400 kg de 20 m<sup>2</sup><sup>(2)</sup>. Es de esperar que la tendencia mundial de reducir el espacio permitido por animal en el corral de engorda de ganado<sup>(18)</sup> esté impactando a México, por lo que es probable que el bienestar y las variables de producción se vean afectadas debido al menor espacio permitido para el ganado en corral de engorda.

## Evaluación de la canal y la carne

**Cuadro 2:** Resultados medios de producción  $\pm$  EEM por tratamiento

Variable	Tratamiento		EEM	Pr>F
	14 m <sup>2</sup>	16 m <sup>2</sup>		
Ganancia diaria de peso, kg	1.46 <sup>b</sup>	1.50 <sup>a</sup>	0.01	0.0327
Conversión alimenticia	7.51	7.17	0.17	0.1260
Consumo de alimento, kg	10.80	10.62	0.15	0.2967

EEM= error estándar de la media.

<sup>a,b</sup> Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos ( $P<0.05$ ).

El grupo de novillos al que se le proporcionó el mayor espacio vital mostró una diferencia de 7 kg tanto en el peso de la canal caliente como fría ( $P<0.05$ ), estos resultados se muestran en el Cuadro 3 y se corresponden con lo reportado por Ha *et al*<sup>(13)</sup>, quienes proporcionaron un mayor espacio vital a los novillos que se encontraban en el periodo de finalización. Un estudio similar<sup>(19)</sup> reportó un mayor peso de la canal caliente para novillos de corral de engorda que fueron provistos con 16 m<sup>2</sup>/animal, en comparación con otros dos grupos de animales que tuvieron un espacio vital de 10.6 y 8 m<sup>2</sup>/animal.

**Cuadro 3:** Resultados medios de producción de la canal  $\pm$  EEM por tratamiento

Variable	Tratamiento		EEM	Pr>F
	14 m <sup>2</sup>	16 m <sup>2</sup>		
Peso de la canal caliente, kg	360.35 <sup>b</sup>	367.34 <sup>a</sup>	2.98	0.0196
Peso de la canal fría, kg	358.78 <sup>b</sup>	366.68 <sup>a</sup>	2.96	0.0079
Grasa dorsal, mm	9.1	9.3	0.83	0.1939
Área ojo de la costilla, cm <sup>2</sup>	96.14	98.66	2.31	0.9277

EEM= error estándar de la media.

<sup>a,b</sup> Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos ( $P<0.05$ ).

En el presente estudio, la grasa dorsal y el espacio del ojo de la costilla no mostraron diferencia estadística entre los grupos ( $P>0.05$ ), este resultado se corresponde con lo reportado en canales de ganado Hanwoo<sup>(19)</sup>. A diferencia de este estudio, los investigadores<sup>(20)</sup> no encontraron diferencias ( $P>0.05$ ) entre las canales Hanwoo obtenidas de animales a los que se les proporcionaron diferentes espacios vitales. Otros

autores han reportado números menores de grasa dorsal, 5.15 mm<sup>(14)</sup>; 5.8 mm<sup>(17,21)</sup>; mientras que Carvalho *et al*<sup>(15)</sup> reportaron una medición de grasa dorsal entre 8.6 y 9.3 mm, Torrentera *et al*<sup>(16)</sup> observaron una profundidad de grasa dorsal de 10.9 mm, resultados que son similares a lo observado en el presente estudio.

Autores han encontrado que el ganado lechero tiende a depositar mayores cantidades de grasa en la cavidad abdominal y a acumular menos grasa subcutánea<sup>(22)</sup>, en este contexto las razas bovinas que son más grandes y tardan más tiempo en madurar tienen una mayor proporción de grasa inter e intramuscular en comparación con razas más pequeñas que maduran antes<sup>(23)</sup>.

En el caso del área del ojo de la costilla, el presente estudio encontró que fueron mayores a las reportadas por Ha *et al*<sup>(13)</sup> para novillos Hanwoo (91.0 y 94.6 cm<sup>2</sup> para 10 y 16.7 m<sup>2</sup> de espacio vital); asimismo, otros estudios en novillos Holstein reportaron áreas del ojo de la costilla de 72.36 cm<sup>2</sup> <sup>(17)</sup>; 73.7 cm<sup>2</sup> <sup>(21)</sup>; 74.9-82.5 cm<sup>2</sup> <sup>(15)</sup>; 77.21 cm<sup>2</sup> <sup>(14)</sup>; 81.22 cm<sup>2</sup> <sup>(16)</sup>.

En cuanto a la cantidad de grasa intramuscular en la carne (Cuadro 4), los resultados indican que no existe diferencia entre los grupos, sin embargo, los hallazgos apoyan los reportes de otros investigadores de que, en el caso de los novillos Holstein, la carne *choice* es el grado que se observa<sup>(16,17,21)</sup>. En este estudio, 130 de las canales de los novillos produjeron carne que se clasificó como pequeña, mientras que un segundo grupo de 159 canales produjo carne modesta.

**Cuadro 4:** Puntuación de marmoleado por tratamiento

Variable	Tratamiento		Pr> $\chi^2$
	14 m <sup>2</sup> n = 178	16 m <sup>2</sup> n = 177	
Ligero	10	14	0.4142
Pequeño	57	73	0.1605
Modesto	87	72	0.2342
Moderado	23	17	0.3428
Ligeramente abundante	1	1	---

En el Cuadro 5 se muestran los resultados fisicoquímicos de ambos grupos; se encontró que, en el caso de pH, L\*, a\* y C\* no se observaron diferencias ( $P>0.05$ ), y aunque los valores para b\* y H\* mostraron diferencias ( $P<0.05$ ), esta disimilitud no resulta en diferencias notables de color entre tratamientos.

**Cuadro 5:** Resultados fisicoquímicos medios de la carne  $\pm$  EEM por tratamiento

Variable	Tratamiento		EEM	Pr>F
	14 m <sup>2</sup>	16 m <sup>2</sup>		
pH	5.67	5.60	0.06	pH
L*	29.97	31.96	0.85	L*
a*	17.08	16.79	1.24	a*
b*	15.45 <sup>a</sup>	15.02 <sup>b</sup>	0.83	b*
C*	23.08	22.59	1.47	C*

EEM= error estándar de la media.

<sup>a,b</sup> Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos ( $P<0.05$ ).

En lo que se refiere al pH, valores entre 5.5 y 5.8 son considerados como normales para la carne de bovino<sup>(24)</sup>, por lo que los resultados obtenidos por el presente estudio pueden ser vistos como típicos. Valores de pH similares han sido reportados por otros autores<sup>(6,25)</sup> en estudios realizados con ganado Holstein. En el caso del color de la carne, con base en lo reportado por otros autores<sup>(24)</sup>, la carne obtenida de ambos grupos es considerada como corte oscuro, otras investigaciones han reportado resultados similares ( $L^*=37.50$ ,  $a^*=14.69$  y  $b^*=12.39$ )<sup>(26)</sup> y ( $L^*=38.02$ ,  $a^*=19.86$ ,  $b^*=8.19$ ,  $C^*=21.49$ )<sup>(14)</sup>; la razón de esto puede explicarse por el estrés previo al sacrificio al que fueron sometidos los animales, lo que agotó el glucógeno en la sangre y afectó el color de la carne<sup>(27)</sup>. Autores han informado que la forma en que se manejan los animales, la novedad del ambiente y la fatiga son factores que contribuyen al estrés<sup>(28)</sup>.

## Conclusiones e implicaciones

Es muy importante que el ganado en corral de engorda sea provisto con suficiente espacio vital durante todo el período de engorda y, teniendo en cuenta que existe una tendencia a reducir el espacio permitido por animal, es muy importante comprender mejor el impacto negativo que tiene la reducción del espacio en los corrales en el bienestar animal y cómo esto afecta la producción de carne de res. Como sugieren los resultados del presente estudio, un aumento relativamente pequeño del espacio vital tiene un impacto positivo en el peso de la canal, lo que al final se traducirá en un aumento de los ingresos.

### Agradecimientos

Agradecimiento a los empleados y la gerencia de Ganadera Mexicali S.A. por toda la asistencia y apoyo brindado a este estudio.

### Conflicto de interés

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de interés.

**Literatura citada:**

1. Gasque GR. Enciclopedia bovina. Editorial Universidad Nacional Autónoma de México. 2008. ISBN: 978-970-32-4359-4.
2. Lagos GH, González GFJ, Castillo RF. Paquete tecnológico para la engorda de ganado bovino en corral. México: Edita INIFAP. 2014. ISBN: 978-607-37-0280-5.
3. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de Carne de Ganado Bovino en Confinamiento; 2014.
4. Duff GC, McMurphy CP. Feeding Holstein steers from start to finish. *Veterinary Clinics of North America: Food Anim Practice* 2007;23(2):281-297.
5. Mulhollem J. Holstein steers given hormone implants grow as well as beef steers. University Park, Pensilvania; 2020.
6. Pérez-Linares C, Bolado-Sarabia L, Figueroa-Saavedra F, Barreras-Serrano A, Sánchez-López E, Tamayo-Sosa AR, *et al.* Effect of immunocastration with Bopriva on carcass characteristics and meat quality of feedlot Holstein bulls. *Meat Sci* 2017;(123):45-49.
7. Kenneth HB, Maynard LJ, Meyer AL. Understanding the market for Holstein steers. In: *Managing & marketing quality Holstein steers Proc. Iowa State University.* 2005:207-225.
8. Mader TL. Environmental stress in confined beef cattle. *J Anim Sci* 2003; 81(14\_suppl\_2):E110-E119.
9. Brown-Brandl TM. Understanding heat stress in beef cattle. *Rev Brasileira Zootec* 2018;(47):e20160414.
10. Montelli NLLL, Macitelli F, da Silva Braga J, da Costa MJRP. Economic impacts of space allowance per animal on beef cattle feedlot. *Semina: Ciências Agrárias* 2019; 40(Supl 3):3665-3678.
11. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. 2004. ISBN: 970-32-1010-4.
12. AMSA (American Meat Science Association). *Meat evaluation handbook.* U.S.A. American Meat Science Association. 2001.
13. Ha JJ, Yang K, Oh DY, Yi JK, Kim JJ. Rearing characteristics of fattening Hanwoo steers managed in different stocking densities (r). *Asian-Australasian J Anim Sci* 2018;31(11):1714-1720.
14. Kim SI, Park S, Myung JH, Jo YM, Choi CB, Jung KK. Effect of fattening period on growth performance, carcass characteristics, and economic traits of Holstein steers. *J Anim Sci Technol* 2021;63(5):1008-2017.

15. Carvalho PHV, Latack BC, Flores R, Montano MF, Zinn RA. Interaction of early metabolizable protein supplementation and virginiamycin on feedlot growth performance and carcass characteristics of calf-fed Holstein steers. *Translational Anim Sci* 2022;6(1):1-6.
16. Torrentera N, Barreras A, Gonzalez V, Plascencia A, Salinas J, Zinn RA. Delay implant strategy in calf-fed Holstein steers: growth performance and carcass characteristics. *J Appl Anim Res* 2017;45(1):454-459.
17. Carvalho PHV, Perry GA, Felix TL. Effects of steroidal implants on feedlot performance, carcass characteristics, and serum and meat estradiol-17 $\beta$  concentrations of Holstein steers. *Translational Anim Sci* 2020;4(1):206-213.
18. Macitelli F, Braga JS, Gellatly D, Paranhos da Costa MJR. Reduced space in outdoor feedlot impacts beef cattle welfare. *Animal* 2020;14(12):2588-2597.
19. Lee SM, Kim JY, Kim EJ. Effects of stocking density or group size on intake, growth, and meat quality of Hanwoo Steers (*Bos taurus coreanae*). *Asian-Australasian J Anim Sci* 2012;25(11):1553-1558.
20. Li SG, Yang XY, Rhee JY, Jang JW, Ha JJ, Lee KS, Song HY. Growth, behavior, and carcass traits of fattening Hanwoo (Korean native cattle) steers managed in different group sizes. *Asian-Australasian J Anim Sci* 2010;23(7):952-959.
21. Carvalho PHV, Westphalen MF, Campbell JA, Felix TL. Effects of coated and noncoated steroidal implants on growth performance, carcass characteristics, and serum estradiol-17 $\beta$  concentrations of finishing Holstein steers. *Translational Anim Sci* 2020;4(4):1-7.
22. Irshad A, Kandeepan G, Kumar S, Ashish KA, Vishnuraj MR, Shukla V. Factors influencing carcass composition of livestock: A review. *J Anim Prod Advances* 2013;3(5):177-186.
23. Adams TE, Daley CA, Adams BM, Sakurai H. Testis function and feedlot performance of bulls actively immunized against gonadotropin-releasing hormone: Effect of age immunization. *J Anim Sci* 1996;74(5):950-954.
24. Wu S, Luo X, Yang X, Hopkins DI, Mao Y, Zhang Y. Understanding the development of color and color stability of dark cutting beef based on mitochondrial proteomics. *Meat Sci* 2020;163:1-10.
25. Cervantes-Cazares JA, Pérez-Linares C, Figueroa-Saavedra F, Tamayo-Sosa AR, Barreras-Serrano A, Ríos-Rincón FG, Sánchez-López E, *et al.* Comparación de la castración quirúrgica al nacimiento *versus* inmunocastración sobre las características de la canal y carne en machos Holstein. *Rev Mex Cienc Pecu* 2020;11(2):455-467.
26. Bureš D, Bartoň L. Performance, carcass traits and meat quality of Aberdeen Angus, Gascon, Holstein and Fleckvieh finishing bulls. *Livest Sci* 2018;214:231-237.

27. Viljoen HF, De Kock HL, Webb EC. Consume acceptability of dark, firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. *Meat Sci* 2002;61(2):181–185.
28. Miranda de la Lama GC, Villaroel M, María GA. Livestock transport from the perspective of the pre-slaughter logistic chain: A review. *Meat Sci* 2014;98(1):9–20.