

CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL EN GANADO SIMMENTAL Y SIMBRAH EN MÉXICO

CARCASS TRAITS IN SIMMENTAL AND SIMBRAH CATTLE IN MEXICO

Rafael Upalía-Orozco^{1a}, Guillermo Martínez-Velázquez², Moises Montaña-Bermúdez³, José Manuel Medina-Chapa⁴, Ángel Ríos-Utrera^{1b}, Apolo Adolfo Carrasco-García^{1c}, José Manuel Martínez-Hernández^{1d}, José Alfredo Villagómez-Cortés^{1e} y Vicente Eliezer Vega-Murillo^{1f*}

^{1a} Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Unidad Veracruzana, Veracruz, México

<https://orcid.org/0000-0001-6836-4837>

^{1b} Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Unidad Veracruzana, Veracruz, México

<https://orcid.org/0000-0003-3108-1133>

^{1c} Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Unidad Veracruzana, Veracruz, México

<https://orcid.org/0000-0003-4738-1392>

^{1d} Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Unidad Veracruzana, Veracruz, México

<https://orcid.org/0000-0003-4175-432X>

^{1e} Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Unidad Veracruzana, Veracruz, México

<https://orcid.org/0000-0002-5692-4961>

^{1f} Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Unidad Veracruzana, Veracruz, México

<https://orcid.org/0000-0002-0847-8944>

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Sitio Experimental El Verdineño, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México

<https://orcid.org/0000-0001-6101-1297>

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Colón, Querétaro, México

<https://orcid.org/0000-0003-3162-6949>

⁴ Asociación Mexicana Simmental-Simbrah-SimmAngus A.C., Monterrey, Nuevo León, México

<https://orcid.org/0000-0002-3129-7981>

* Autor de correspondencia: vvega@uv.mx

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de algunos factores en características de la canal y las correlaciones fenotípicas entre ellas. Se utilizó la información de registro de 514 bovinos Simmental y 178 Simbrah nacidos entre 2011 y 2018 en México. Las características evaluadas fueron área del ojo del lomo (AOL), grasa de la cadera (GC), grasa dorsal (GD), grasa intramuscular ajustada (GI), marmoleo (M) y grado de rendimiento en canal (R). Las medias ajustadas y las correlaciones fenotípicas entre características se estimaron con PROC MIXED y PROC CORR de SAS®. Los efectos fijos incluidos en

los modelos fueron: raza, sexo del animal, hato, año de medición, época de medición y edad en días a la medición como covariable lineal; se incluyó al semental anidado en raza como efecto aleatorio. El efecto de raza fue significativo para GC ($p < 0,001$), R ($p \leq 0,07$) y GD ($p \leq 0,07$). Los efectos de sexo y época fueron significativos ($p < 0,001$) para todas las características evaluadas. Las correlaciones de AOL con las otras características estudiadas fueron significativas ($p < 0,001$); negativas con GI y M; y positivas con GC, GD y R. Las correlaciones de GC con GD y R fueron importantes y positivas ($p < 0,001$). La selección de fenotipos para aumentar la carne magra puede conducir a una disminución del contenido de grasa. Las correlaciones fenotípicas positivas entre R y los rasgos de calidad de la canal implicarían que los rasgos mencionados pueden mejorarse sin ningún efecto adverso en éstos y R en la población.

Palabras clave: Bovinos de carne, rendimiento en canal, correlaciones fenotípicas.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of some factors on carcass traits and the phenotypic correlations between them. Records from 514 Simmental and 178 Simbrah bovine individuals born in Mexico between 2011 and 2018 were used. The variables evaluated were rib eye area (AOL), rump fat thickness (GC), back fat thickness (GD), adjusted intramuscular fat (GI), marbling (M) and carcass yield grade (R). Adjusted means and phenotypic correlations between traits were estimated with PROC MIXED and PROC CORR of SAS®. The fixed effects included in the models were breed, sex of the animal, herd, year of measurement, season of measurement, and age in days at measurement as a covariate; sire nested in breed was included as a random effect. The effect of breed was significant for GC ($p < 0.001$), R ($p \leq 0.07$) and GD ($p \leq 0.07$). The effects of sex and season were significant ($p < 0.001$) for all the evaluated traits. The correlations of AOL with all other traits were significant ($p < 0.001$); negative with GI and M; and positive with GC, GD, and R. The correlations of GC with GD and R were important and positive ($p < 0.001$). Selecting phenotypes to increase lean meat can lead to a decreased fat content. The positive phenotypic correlations between R and carcass quality traits would imply that the aforementioned traits can be improved without any adverse effects on them and R in the population.

Keywords: Beef cattle, carcass yield grade, phenotypic correlations.

INTRODUCCIÓN

Las características que describen la calidad de la canal se utilizan para medir las preferencias del consumidor y son esenciales para determinar los beneficios económicos del sistema de producción. La mejora genética de estos atributos ha sido una prioridad global debido a la dificultad en su medición y las limitaciones para su evaluación mediante ultrasonido (Naserkheil et al., 2021). La raza, el sistema de alimentación y el sexo del animal son los principales factores que influyen las características de la canal y los perfiles de ácidos grasos de éstas (Venkata et al., 2015). Además de estos factores, las características de la canal también son influidas por la edad del animal, el manejo del hato, el año y la época de medición, entre otros (Park et al., 2018).

En México se dispone de una cantidad de datos fenotípicos suficientes para caracterizar al ganado y diseñar programas de mejoramiento que contribuyan a la eficiencia global del sistema de producción (Rosales-Alday et al., 2004; Su et al., 2017; Pires et al., 2017). Los productores de

ganado pueden utilizar el ultrasonido como un método rápido, económico y no invasivo para obtener mediciones de los atributos de las canales de animales vivos (Schmidt et al., 2020). Para esto se deben realizar mediciones del área del músculo *Longissimus dorsi*, que se relaciona con el rendimiento de la canal y la proporción de carne de cortes de mejor calidad (Magnabosco et al., 2006; Choi et al., 2015; Ladeira et al., 2021); grasa dorsal, importante porque actúa como aislante térmico durante el proceso de enfriamiento de la canal, disminuyendo la pérdida de calidad de la carne (Guedes, 2005; Dzhulamanov et al., 2022); grado de rendimiento de la canal que, entre otras características, permite estimar la cantidad de los cortes de carne de la canal; y grado de marmoleo, que es una puntuación asignada a la cantidad de grasa intramuscular y permite a los productores una bonificación económica en el mercado internacional al dotar a sus canales con valor agregado al sacrificio (BIF, 2021; Londoño et al., 2022).

Es importante mencionar la utilidad de estimar las correlaciones fenotípicas entre características,

puesto que miden el grado de asociación entre ellas, es decir, estiman el grado y la dirección de la relación lineal entre las variables en una población (Nielsen, 2008; Bourdon, 2014). Esto permite detectar y controlar, en lo posible, antagonismos entre características causados por el ambiente temporal, por ejemplo, entre el marmoleo y el área del ojo del lomo (BIF, 2021).

Considerando la importancia de lo anterior, se planteó el presente estudio con el objetivo de evaluar el efecto de algunos factores ambientales en características de la canal y las correlaciones fenotípicas que existen entre ellas en bovinos Simmental y Simbrah de registro en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó una base de datos con mediciones de características de la canal de 692 animales Simmental (N=514; 208 hembras y 306 machos) y Simbrah (N=178; 81 hembras y 97 machos) de registro, pertenecientes a la Asociación Mexicana Simmental-Simbrah-Simmangus, A. C., nacidos entre 2011 a 2018 en 42 unidades de producción pecuarias del país.

Las variables de respuesta fueron área del ojo del lomo (AOL, cm²), grasa de la cadera (GC, cm), grasa dorsal (GD, cm), grasa intramuscular (GI, %), grado de marmoleo (M, puntos) que se califica con una puntuación que va de 2,0 a 10,9, y grado de rendimiento en canal (R, puntos), que estima la cantidad aproximada de los cortes minoritarios de carne de una canal con una puntuación que va de 1 a 5 mediante una fórmula del USDA. Todas las mediciones se realizaron entre los nueve y dieciséis meses de edad en los ranchos de los criadores al final de cada periodo de engorda, con un ultrasonido de tiempo real (Modo B; Aloka 210DX, Corometrics Medical Systems, Wallingford, CT), equipado con un transductor de matriz lineal de 12,5 cm y 3 MHz de uso general. Las mediciones de AOL y GD se tomaron entre la 12^a y 13^a costilla, en el mismo lugar donde se cortan y clasifican las canales en los rastros; para medir GC se alineó el transductor directamente entre la tuberosidad isquiática y la tuberosidad coxal de la cadera sin una guía de separación; GI y M se midieron a través de la 12^a y 13^a costilla en posición lateral con respecto a la línea media del animal, en un punto situado a tres cuartas partes de la distancia del extremo medial del músculo *Longissimus dorsi*; R se calcula mediante la siguiente fórmula (BIF, 2021):

$$R = 2,50 + (2,5 \times \text{Espesor de grasa ajustada, in}) + (0,2 \times \text{Grasa renal, pélvica y del corazón, \%}) + (0,0038 \times \text{Peso de canal en caliente, lb}) - (0,32 \times \text{Área del ojo del lomo, in}^2)$$

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando PROC MIXED del paquete estadístico SAS® (Cody, 2021). Se utilizó un modelo mixto de una sola característica para estimar las medias de cuadrados mínimos y correlaciones fenotípicas entre características. Los efectos fijos incluidos en el modelo fueron raza (Simmental y Simbrah), sexo (macho y hembra), hato (30 hatos), año de medición (ocho años, de 2011 a 2018) y época de medición (cuatro trimestres, enero-marzo, abril-junio, julio-septiembre y octubre-diciembre), y la edad en días a la medición como covariable lineal; semental anidado en raza de semental se incluyó como efecto aleatorio. El modelo fue:

$$y = X\beta + Zu + e$$

donde:

- y es el vector de registros de las características medidas,
- β es un vector de efectos fijos,
- u es un vector aleatorio desconocido del efecto de semental anidado en raza de semental,
- X y Z son matrices de incidencia que relacionan las observaciones con los efectos fijos y aleatorios, respectivamente, y
- e es un vector de efectos residuales aleatorios asociados con cada medición de y , se asumió $e \sim iN(0, s^2e)$.

Se realizaron análisis preliminares incluyendo en los modelos todas las interacciones entre dos factores, detectándose significativa ($p < 0,05$) la interacción raza \times sexo para AOL, GD y GC; sin embargo, en los análisis finales no se incluyó dicha interacción por problemas de estimabilidad de las medias de cuadrados mínimos. Las correlaciones fenotípicas entre características en toda la población y por sexos se estimaron con PROC CORR y la asociación lineal para el grado de rendimiento en canal se estimó con PROC REG del programa SAS® (Cody, 2021). En donde R fue la variable dependiente o de respuesta y AOL, GC y GD fueron las variables independientes o explicativas.

RESULTADOS

El efecto de raza fue significativo ($p < 0,001$) para GC, los animales Simbrah tuvieron 18% más GC que los Simmental; la raza también fue una fuente importante de variación para R y GD ($p \leq 0,07$). En ambos casos, la raza Simbrah presentó promedios 1,30 y 9,38% más altos, respectivamente. Los efectos de sexo, hato y época fueron significativos ($p < 0,001$) para todas las características evaluadas. Con excepción de M y GI, el efecto de año fue significativo ($p < 0,001$)

para las restantes características evaluadas. La covariable lineal de edad fue significativa ($p < 0,001$) para todas las variables, excepto para GC. Las medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar, por raza, para las características evaluadas se presentan en la Tabla 1.

En la Tabla 2 se presentan las medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar, por época, para las características estudiadas. Los animales medidos en los trimestres de enero-marzo y octubre-diciembre tuvieron mayor ($p < 0,05$) GI y M que los evaluados en las otras dos épocas. Para AOL, R, GD y GC, los animales medidos en enero-marzo tuvieron mejor ($p < 0,05$) comportamiento que los evaluados en las otras tres épocas. En conjunto, los resultados indican que en el semestre octubre-marzo se estimaron los mayores promedios para todas las variables de respuesta.

En la Tabla 3 se presentan las medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar para las características estudiadas, por sexo. Se detectaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre hembras y machos para todas las

variables analizadas. Las hembras tuvieron 15, 5, 3, 21 y 31 mayor porcentaje para GI, M, R, GD y GC que los machos. En contraste, los machos fueron un 10 por ciento superiores a las hembras en AOL.

Los estimadores de las correlaciones fenotípicas entre las características bajo estudio se presentan en la Tabla 4. Las correlaciones de AOL con las otras características fueron significativas ($p < 0,01$), negativas con GI y M, y positivas con GC, GD y R. Las correlaciones de GC con GD y R fueron fuertes y positivas ($p < 0,01$), mientras que con GI y M no se observó correlación ($p > 0,05$). Tampoco se observó correlación de GD con GI y M ($p > 0,05$). La correlación entre GI y M fue positiva ($p < 0,01$). No existió correlación entre M y R ($p > 0,05$). Estos resultados indican que existen algunos antagonismos entre las características evaluadas, puesto que, al incrementar AOL también se incrementa GC, GD y R, pero se disminuye GI y M, las cuales se sugiere que pueden ser la misma característica. Las correlaciones positivas entre R y los rasgos de calidad implicarían que los rasgos de calidad de la canal se pueden mejorar mediante

Tabla 1. Medias de cuadrados mínimos (\pm error estándar) por raza para área del ojo del lomo (AOL, cm^2), grasa de la cadera (GC, cm), grasa dorsal (GD, cm), grasa intramuscular (GI, %), marmoleo (M, puntos) y rendimiento (R, puntos).

Table 1. Least square means (\pm standard error) by breed for ribeye area (AOL, cm^2), rump fat thickness (GC, cm), back fat thickness (GD, cm), intramuscular fat (GI, %), marbling (M, score) and yield (R, score).

Raza	AOL	GC	GD	GI	M	R
Simmental	25,53 \pm 0,46a	0,32 \pm 0,02a	0,29 \pm 0,01c	5,94 \pm 0,16a	4,02 \pm 0,04a	2,30 \pm 0,01c
Simbrah	28,44 \pm 0,44a	0,39 \pm 0,03b	0,32 \pm 0,02d	5,99 \pm 0,21a	4,03 \pm 0,05a	2,33 \pm 0,02d

a,b: Medias con distinta literal dentro de columna son diferentes ($p < 0,05$).

c,d: Medias con distinta literal dentro de columna son diferentes ($p \leq 0,07$).

Tabla 2. Medias de cuadrados mínimos (\pm error estándar) por época de medición para área del ojo del lomo (AOL, cm^2), grasa de la cadera (GC, cm), grasa dorsal (GD, cm), grasa intramuscular (GI, %), marmoleo (M, puntos) y rendimiento (R, puntos). 1 = enero-marzo, 2 = abril-junio, 3 = julio-septiembre, 4 = octubre-diciembre.

Table 2. Least square means (\pm standard error) by season of measurement for ribeye area (AOL, cm^2), rump fat thickness (GC, cm), back fat thickness (GD, cm), intramuscular fat (GI, %), marbling (M, score) and yield (R, score). 1 = January-March, 2 = April-June, 3 = July-September, 4 = October-December.

Época	AOL	GC	GD	GI	M	R
1	27,69 \pm 0,65a	0,41 \pm 0,03a	0,37 \pm 0,02a	6,30 \pm 0,25a	4,10 \pm 0,06a	2,38 \pm 0,02a
2	27,48 \pm 0,55a	0,32 \pm 0,03b	0,28 \pm 0,02b	5,55 \pm 0,21b	3,93 \pm 0,05b	2,29 \pm 0,02b
3	27,51 \pm 0,47a	0,35 \pm 0,02b	0,28 \pm 0,02b	5,57 \pm 0,18b	3,93 \pm 0,04b	2,29 \pm 0,02b
4	25,25 \pm 0,57b	0,34 \pm 0,03a	0,29 \pm 0,02b	6,44 \pm 0,22a	4,13 \pm 0,05a	2,30 \pm 0,02b

a,b: Medias con distinta literal dentro de columna son diferentes ($p < 0,05$).

Tabla 3. Medias de cuadrados mínimos (\pm error estándar) por sexo para área del ojo del lomo (AOL, cm^2), grasa de la cadera (GC, cm), grasa dorsal (GD, cm), grasa intramuscular (GI, %), marmoleo (M, puntos) y rendimiento (R, puntos).

Table 3. Least square means (\pm standard error) by sex for ribeye area (AOL, cm^2), rump fat thickness (GC, cm), back fat thickness (GD, cm), intramuscular fat (GI, %), marbling (M, score) and yield (R, score).

Sexo	AOL	GC	GD	GI	M	R
Hembras	25,53 \pm 0,46a	0,42 \pm 0,02a	0,34 \pm 0,02a	6,44 \pm 0,18a	4,13 \pm 0,04a	2,36 \pm 0,02a
Machos	28,44 \pm 0,44b	0,29 \pm 0,02b	0,27 \pm 0,02b	5,48 \pm 0,17b	3,91 \pm 0,04b	2,28 \pm 0,02b

^{a,b} Medias con distinta literal dentro de columna son diferentes ($p < 0.05$).

Tabla 4. Estimadores de las correlaciones fenotípicas (\pm error estándar) entre área del ojo del lomo (AOL, cm^2), grasa de la cadera (GC, cm), grasa dorsal (GD, cm), grasa intramuscular (GI, %), marmoleo (M, puntos) y rendimiento (R, puntos).

Table 4. Estimates of the phenotypic correlation coefficients (\pm standard error) between ribeye area (AOL, cm^2), rump fat thickness (CG, cm), back fat thickness (GD, cm), intramuscular fat (GI, %), marbling (M, score) and yield (R, score).

Característica	GC	GD	GI	M	R
AOL	0,344 \pm 0,031*	0,439 \pm 0,028*	-0,252 \pm 0,043*	-0,252 \pm 0,043*	0,347 \pm 0,031*
GC		0,723 \pm 0,020*	0,111 \pm 0,035	0,111 \pm 0,036	0,693 \pm 0,021*
GD			0,071 \pm 0,037	0,072 \pm 0,037	0,920 \pm 0,011*
GI				0,990 \pm 0,001*	0,015 \pm 0,038
M					0,016 \pm 0,038

*Correlaciones significativas ($p < 0,01$).

selección fenotípica sin ningún efecto adverso en R. Los valores estimados de las correlaciones por sexo se presentan en la Tabla 5. Siendo los valores de éstas similares para ambos sexos, las cuales fueron significativas ($p < 0,001$) y las diferencias no fueron significativas ($p > 0,05$).

Al ser el grado de rendimiento en canal un indicador productivo de cortes de carne recortados y deshuesados para venta al menudeo. Mediante una regresión se detectó que R incrementó 10,32(\pm 1,06) puntos por cada cm^2 que aumentó AOL, 0,90(\pm 0,03) puntos por cada cm de incremento de GC y 0,88(\pm 0,14) puntos por cada cm de incremento de GD.

DISCUSIÓN

El presente estudio detectó que GC fue influida de manera importante por la raza del animal ($p < 0,05$), al igual que las variables R y GD ($p \leq 0,07$). Coincidiendo con estos resultados, en el estudio realizado por Bidner et al. (2002), se observaron diferencias en las características de la canal en novillos descendientes de sementales de las razas Angus, Beefmaster, Brangus, Gelbray y Simbrah,

los cuales fueron apareados con vacas de su misma raza y con vacas F1 Brahman \times Hereford. En el estudio mencionado se encontró que los novillos hijos de toros Simbrah produjeron canales más pesadas (375 kg) comparadas con las canales de novillos hijos de toros Angus (290 kg), Beefmaster (324 kg) y Brangus (334 kg). Asimismo, se detectó mayor marmoleo en los novillos Simbrah (501 puntos), comparado con el marmoleo de los novillos Gelbray (466 puntos) y Beefmaster (456 puntos).

En otros estudios también se encontró la raza como un factor importante que influye en las características de la canal, donde novillos hijos de toros de razas europeas continentales (Charolais, Limousin, Simmental y Gelbvieh) presentaron canales más magras con mayor AOL y R que la de hijos de razas británicas (Hereford, Angus y Angus Rojo), pero con menor M que Angus negro o rojo (Wheeler et al., 2005). En un estudio realizado por Afolayan et al. (2007) se encontró, al destete, que las razas Belgian Blue, Limousin, South Devon y Angus presentaron mayor porcentaje de musculatura (característica correlacionada con AOL y R) que Hereford y Wagyu. Por otro

Tabla 5. Estimadores de los coeficientes de correlación fenotípica (\pm error estándar) por sexo (hembras sobre la diagonal y machos debajo) entre área del ojo del lomo (AOL, cm²), grasa de la cadera (GC, cm), grasa dorsal (GD, cm), grasa intramuscular (GI, %), marmoleo (M, puntos) y rendimiento (R, puntos).

Estimates of the phenotypic correlation coefficients (\pm standard error) by sex (females above the diagonal and males below) between ribeye area (AOL, cm²), rump fat thickness (CG, cm), backfat thickness (GD, cm), intramuscular fat (GI, %), marbling (M, score) and yield (R, score).

Característica	AOL	GC	GD	GI	M	R
AOL	-	0,521 \pm 0,026*	0,584 \pm 0,025*	-0,175 \pm 0,041*	-0,174 \pm 0,041*	0,465 \pm 0,028*
GC	0,478 \pm 0,027*	-	0,763 \pm 0,019*	-0,046 \pm 0,039	-0,046 \pm 0,039	0,729 \pm 0,020*
GD	0,500 \pm 0,027*	0,636 \pm 0,029*	-	-0,039 \pm 0,039	-0,038 \pm 0,038	0,922 \pm 0,011*
GI	-0,178 \pm 0,041*	0,083 \pm 0,036	0,065 \pm 0,037	-	1,000 \pm 0,001*	-0,081 \pm 0,040
M	-0,178 \pm 0,041*	0,082 \pm 0,036	0,067 \pm 0,037	1,000 \pm 0,001*	-	-0,080 \pm 0,040
R	0,420 \pm 0,029*	0,600 \pm 0,024*	0,914 \pm 0,011*	-0,007 \pm 0,038	-0,006 \pm 0,038	-

*Correlaciones significativas ($p < 0,01$).

lado, los cruces con la raza Jersey presentaron un menor porcentaje de musculatura (4%) que los Hereford. Entre las siete razas evaluadas, la raza Angus presentó mayor GI al destete (9% más que Hereford y Wagyu), mientras que la raza Jersey presentó 5% menos GI que la Hereford, seguida por South Devon y Limousin (19% menos que la Hereford); Belgian Blue fue la raza con menor GI (39% menos que la Hereford). Avilés et al. (2015) encontraron que toros Limousin tuvieron menor AOL que toros Retinta. Sin embargo, los toros Retinta presentaron menor GD y GC que los Limousin.

En contraste, Blanco et al. (2008), al evaluar una técnica para predecir la composición de la canal *in vivo*, no encontraron diferencias en R, peso de la canal caliente y peso de los cortes de primera entre animales Holstein, Pinzgauer y Braunvieh. De manera similar, Christensen et al. (1991), al evaluar novillos hijos de vacas Romana Roja y Brahman y de sementales Simmental, Simbrah, Senepol, Braford y Brahman, encontraron similar GI para todas las cruces analizadas, con excepción de los novillos nacidos de sementales Brahman, cuyos promedios fueron significativamente menores al resto de los grupos genéticos.

Respecto al efecto de época observado, éste reflejó el manejo nutricional diferencial que recibieron los animales durante el período octubre-marzo, cuando éstos se confinaron para participar en pruebas para evaluar la eficiencia alimenticia en ambas razas (Asociación Mexicana Simmental Simbrah, 2022).

En el presente estudio, AOL mostró una correlación fenotípica importante ($p < 0,01$) y negativa (-0,25) con GI y M, lo que indica antagonismos. Esto implica que la selección

fenotípica para buscar un mayor rendimiento de carne magra podría conducir a una disminución del contenido de grasa. Similarmente, en otro estudio realizado para evaluar la producción de carne con novillos cruzados de razas *Bos taurus* se reportaron correlaciones fenotípicas negativas entre AOL y M (-0,17) y GD (-0,33), cuando se hicieron mediciones directas en la canal; por el contrario, cuando las mediciones se hicieron por medio de ultrasonido, la correlación fenotípica estimada resultó ser menor (-0,03) entre AOL y M y entre AOL y GD. Además, se detectaron correlaciones positivas para GD y M con mediciones en canal (0,32) y con ultrasonido (0,34) (Miar et al., 2014). Pires et al. (2017) estimaron una correlación fenotípica positiva (0,14) entre GD y AOL, la cual es menor a la reportada en este estudio. Wolcott et al. (2009) encontraron una correlación negativa de -0,43 entre GD y R (relación que se presenta en dirección opuesta a la encontrada en este estudio), una correlación de -0,26 entre GI y R, y una correlación de -0,17 entre R y M. Estas correlaciones negativas fueron bajas. En contraste se encontraron correlaciones positivas, de 0,19 para AOL y R, 0,14 para GI y GD, 0,50 para GI y M, 0,10 entre GD, GC y M y, por último, 0,09 entre AOL y M. Naserkheil et al. (2021) presentaron correlaciones para características de la canal en ganado Hanwoo con valores de 0,22 entre GD y AOL, 0,05 entre AOL y GI, de 0,01 entre AOL y M, de 0,15 entre GD y GI, y de 0,08 entre GD y M para mediciones realizadas mediante ultrasonido, mientras que esas mismas características medidas en canal las correlaciones fueron de 0,01 entre GD y AOL, 0,24 entre AOL y M y de 0,08 entre GD y M, respectivamente.

Park et al. (2018) revisaron varios factores de

manejo que influyen en el incremento de M y GI cómo la castración de toros, edad al destete, además de factores ambientales y nutricionales, incluido el metabolismo de las grasas, la digestión y absorción del alimento, la disponibilidad de glucosa/almidón y los niveles de vitamina A, D y C. Algunos de estos factores pueden afectar negativamente a R.

CONCLUSIONES

Simbrah fue superior a Simmental en GC, GD y R. El sexo del animal determinó de manera importante todas las características de la canal, donde los machos fueron superiores en AOL, pero las hembras fueron superiores en el resto de las variables. Se detectaron asociaciones antagónicas entre AOL y GI y M. Las correlaciones fenotípicas estimadas indican que la selección para incrementar AOL, influirá positivamente en R, pero negativamente en GI y M.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Asociación Mexicana Simmental-Simbrah-SimmAngus, A. C., por la información proporcionada para la realización del presente trabajo.

Colaboración de autores

Los autores Rafael Upalía-Orozco y Guillermo Martínez-Velázquez participaron en la elaboración de la metodología y discusión de los resultados; José Manuel Medina-Chap en la elaboración de la metodología; Moises Montaña-Bermúdez en la elaboración de la metodología, discusión de los resultados, revisión y aprobación de la versión final del artículo; Apolo Adolfo Carrasco-García, José Manuel Martínez-Hernández, Ángel Ríos-Utrera y José Alfredo Villagómez-Cortés en la revisión bibliográfica y discusión de los resultados; Vicente Eliezer Vega-Murillo en la elaboración de la metodología, la revisión bibliográfica, la discusión de los resultados, la revisión y aprobación de la versión final del artículo.

LITERATURA CITADA

- Afolayan R.A., W.S. Pitchford, M.P.B. Deland, and W.A. McKiernan. 2007. Breed variation and genetic parameters for growth and body development in diverse beef cattle genotypes. *Animal* 1(1):13-20. DOI: 10.1017/S1751731107257933
- Asociación Mexicana Simmental Simbrah. 2022. Comité Técnico. Monterrey, México. Disponible en: https://www.simmentalsimbrah.com.mx/comite_articulos_tecnicos.html (Consultado el 30 de junio de 2023).
- Avilés C., A.L. Martínez, V. Domenech, and F. Peña. 2015. Effect of feeding system and breed on growth performance, and carcass and meat quality traits in two continental beef breeds. *Meat Science* 107:94-103. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.04.016>
- Bidner T.D., W.E. Wyatt, P.E. Humes, D.E. Franke, and D.C. Blouin. 2002. Influence of Brahman-derivative breeds and Angus on carcass traits, physical composition, and palatability. *Journal of Animal Science* 80(8):2126-2133. <https://doi.org/10.1093/ansci/80.8.2126>
- BIF Guidelines for Uniform Beef Improvement Programs. 2021. BIF Guidelines Wiki. en http://guidelines.beefimprovement.org/index.php?title=Guidelines_for_Uniform_Beef_Improvement_Programs&oldid=2679. (Consultado el 30 de junio de 2023).
- Blanco R.N.E., J. Huba, L. Hetenyi, and A. Oravcova. 2008. Estimación en vivo de la canal en bovinos utilizando mediciones ultrasonográficas. *Universitas (León): Revista Científica de la UNAN León* 1(2):58-63. <https://doi.org/10.5377/universitas.v2i1.1645>
- Bourdon E.M. 2014. Understanding animal breeding. Chapter 13 Correlated Response to Selection. p.280-290. Pearson Education Limited, Harlow, Essex, UK. (Consultado el 22 de agosto de 2023).
- Choi T.J., M. Alam, C.I. Cho, J.G. Lee, B. Park, S. Kim, Y. Koo, and S.H. Roh. 2015. Genetic parameters for yearling weight, carcass traits, and primal-cut yields of Hanwoo cattle. *Journal of Animal Science* 93:1511-1521. <https://doi.org/10.2527/jas>
- Christensen K.L., D.D. Johnson, R.L. West, D.D. Hargrove, T.T. Marshall, and A.L. Rogers. 1991. Factors influencing intermuscular fat and other measures of beef chuck composition. *Journal of Animal Science* 69(11):14461-4468. <https://doi.org/10.2527/1991.69114461x>
- Cody R. 2021. Getting Started with SAS® Programming: Using SAS Studio in the Cloud. SAS Institute Inc: Cary, NC, USA. (Consultado el 30 de agosto de 2023).
- Dzhulamanov K.M., S.V. Lebedev, N. Gerasimov, and V.I. Kolpakov. 2022. Effect of leptin C528T and leptin C73T polymorphisms and pregnancy on adipose tissue formation and carcass grade in Aberdeen Angus heifers and first-calf cows. *Veterinary World* 15(7):1632-1640. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.1632-1640>

- Guedes C.F. 2005. Desempenho produtivo e características de carcaça das progênes de touros representativos da raça Nelore e de diferentes grupos genéticos. M.Sc. Thesis. Universidade de São Paulo, Pirassununga, Brazil. <https://doi.org/10.11606/D.74.2006.tde-19042006-125755>
- Hieber J.K., R.L. Endecott, J.A. Boles, and J.M. Thomson. 2021. Identification of genomic regions for carcass Quality Traits within the American Simmental Association Carcass Merit Program. *Animals* 11(2):471-479. <https://doi.org/10.3390/ani11020471>
- Ladeira G.C., J.T. de Paiva, H.R. de Oliveira, E.R. Carrara, F. Pilonetto, F.A.O. Freitas, E.C. de Mattos, J.P. Eler, J.B.S. Ferraz, and D.L. Gaya. 2021. Random-effect meta-analysis of genetic parameter estimates for carcass and meat quality traits in beef cattle. *Tropical Animal Health and Production* 53(4):420-428. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02862-5>
- Londoño M.G., D.C. Cardona, D.J. Rodríguez, L.C. Brunes, C.U. Magnabosco, A.S.C. Pereira, and F.F. Baldi. 2022. Heritability and genetic correlations between marbling in *longissimus dorsi* muscle and conventional economic traits in Nelore beef cattle. *Tropical Animal Health and Production* 54(5):274-283. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03293-6>
- Magnabosco C.U., Sainz R.D., Faria C.U., Yokoo M.J., Manicardi F., Barbosa V., Guedes C., Leme P.R., A. Pereira, F.R.C. Araújo, A.C. Sanches, and R.B. Lôbo. 2006. Avaliação genética e critérios de seleção para características de carcaça em Zebuínos: Relevância econômica para mercados globalizados. In: Simpósio de Produção de Gado de Corte, 1:239-271., Viçosa, Brazil. https://www.researchgate.net/publication/266161862_
- Miar Y., G.S. Plastow, H.L. Bruce, S.S. Moore, O.N. Durunna, Nkrumah, and Z. Wang. 2014. Estimation of genetic and phenotypic parameters for ultrasound and carcass merit traits in crossbred beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science* 94:273-280. <https://doi.org/10.4141/cjas2013-115>
- Naserkheil M., D.H. Lee, H.S. Kong, J. Seong, and H. Mehrban. 2021. Estimation of genetic parameters and correlation between yearling ultrasound measurements and Carcass Traits in Hanwoo Cattle. *Animals* 11:1425-1434. <https://doi.org/10.3390/ani11051425>
- Nielsen M.K. 2008. Animal Breeding. Text for Animal Science 330. Compiled by Faculty in Animal Breeding. Version Fall 2008. University of Nebraska-Lincoln. Lincoln, NE, USA. (Consultado el 3 de mayo de 2023).
- Park S.J., S.H. Beak, S.Y. Kim, I.H. Jeong, M.Y. Piao, H.J. Kang, D.M. Fassah, S.W. Na, S.P. Yoo, and M. Baik. 2018. Genetic, management, and nutritional factors affecting intramuscular fat deposition in beef cattle – A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 31(7): 1043. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0310>
- Pires C.P., P. Tholon, M.E. Buzanskas, A.P. Sbardella, R.J. Oliveira, D.L.O. Campos, T.R.A. Almeida, M.D. Prado, and A.M. Mello. 2017. Genetic analyses on bodyweight, reproductive, and carcass traits in composite beef cattle. *Animal Production Science* 57:415-421. <https://doi.org/10.1071/AN15458>
- Ríos-Utrera A., V.G. Martínez, C.R. Calderón, B.M. Montañó, and M.V.E. Vega. 2021. Beef cattle genetic improvement research at the INIFAP: accomplishments, challenges, and perspective. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 12:1-22. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5883>
- Rosales-Alday J., M.A. Elzo, M. M. Bermúdez, V.E.V. Murillo, and A.R. Valdez. 2004. Parámetros genéticos para pesos al nacimiento y destete en ganado Simmental-Brahman en el subtrópico mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 42(3):333-346.
- Schmidt B.M., M.G. Gonda, and M.D. MacNeil. 2020. Partitioning variation in measurements of beef carcass traits using ultrasound. *Translational Animal Science* 4(3). <https://doi.org/10.1093/tas/txaa162>
- Su H., B. Golden, L. Hyde, S. Sanders, and D. Garrick. 2017. Genetic parameters for carcass and ultrasound traits in Hereford and admixed Simmental beef cattle: accuracy of evaluating carcass traits. *Journal of Animal Science* 95(11):4718-4727. DOI:10.2527/jas2017.1865
- Venkata R.B., A.S. Sivakumar, D.W. Jeong, Y.B. Woo, S.J. Park, S.Y. Lee, J.Y. Byun, C.H. Kim, S.H. Cho, and I. Hwang. 2015. Beef quality traits of heifer in comparison with steer, bull, and cow at various feeding environments. *Animal Science Journal* 86:1-16. DOI: 10.1111/asj.12266
- Wheeler T.L., L.V. Cundiff, S.D. Shackelford, and M. Koohmaraie. 2005. Characterization of biological types of cattle (Cycle VII): carcass, yield, and *Longissimus* palatability traits. *Journal of Animal Science* 83:196-207. <https://doi.org/10.2527/2005.831196x>
- Wolcott M.L., D.J. Johnston, S.A. Barwick, C.L. Iker, J.M. Thompson, and H.M. Burrow. 2009. Genetics of meat quality and carcass traits and the impact of tenderstretching in two tropical beef genotypes. *Animal Production Science* 49(6):383-398. <https://doi.org/10.1071/EA08275>