



Efecto de Akaushi (Wagyu), Angus y Brahman como razas paternas sobre el crecimiento pre-destete de becerros

Jorge Víctor Rosete-Fernández¹ ; Abraham Fragoso-Islas¹ ; Alejandro Yáñez-Muñoz² ;
Tomás Arturo González-Orozco³ ; Vicente Eliezer Vega-Murillo⁴ ; Ángel Ríos-Utrera^{4*} .

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Golfo Centro, Sitio Experimental Las Margaritas. Carretera Hueytamalco-Tenampulco, Hueytamalco, Puebla, México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro, Campo Experimental Tecomán. Carretera Colima-Manzanillo, Tecomán, Colima, México.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Centro, Campo Experimental Bajío. Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato, México.

⁴Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Miguel Ángel de Quevedo S/N, esquina Yáñez. Veracruz, México.

*Correspondencia: ariosu@hotmail.com

Recibido: Marzo 2023; Aceptado: Julio 2023; Publicado: Agosto 2023.

RESUMEN

Objetivo. Evaluar características de crecimiento pre-destete de becerros hijos de toros Angus, Brahman y Akaushi. **Materiales y métodos.** Ciento setenta y uno becerros fueron producidos mediante inseminación artificial en nueve hatos del estado de Puebla (ambiente sub-tropical; n=83) y cuatro hatos del estado de Veracruz (ambiente tropical; n=88), México. Los becerros fueron hijos de once toros Angus, quince toros Brahman y cinco toros Akaushi. La edad al destete promedio fue 219 días. Los análisis se realizaron con el procedimiento MIXED de SAS. El modelo incluyó los efectos de raza del padre, sexo de la cría, época de nacimiento, estado del país y hatos anidados en estado. Además, el modelo para peso al destete incluyó el efecto lineal de la edad al destete del becerro. **Resultados.** Los hijos de toros Brahman pesaron más al nacimiento ($p < 0.05$) que los hijos de toros Angus y Akaushi; sin embargo, los hijos de toros Angus, Brahman y Akaushi tuvieron similares ($p > 0.05$) ganancias diarias de peso del nacimiento al destete. Los hijos de toros Angus y Akaushi tuvieron similares pesos al destete ($p > 0.05$), pero los hijos de toros Brahman fueron más pesados al destete ($p < 0.05$) que los de toros Akaushi. Sexo del becerro y época de nacimiento no fueron fuentes de variación significativas ($p > 0.05$) para ninguna característica. Los becerros criados en condiciones sub-tropicales fueron más pesados al destete ($p < 0.05$) que los criados en condiciones tropicales. **Conclusiones.** En general, los hijos de toros Brahman tuvieron un mejor desempeño pre-destete que los hijos de toros Angus y Akaushi.

Palabras clave: Ambiente tropical y subtropical; bovinos carne; ganancia diaria promedio; peso al destete; peso al nacimiento; raza del padre (*Fuente: CAB*).

ABSTRACT

Objective. To evaluate pre-weaning growth traits of Angus-, Brahman- and Akaushi-sired calves. **Materials and methods.** One-hundred seventy one calves were produced by artificial insemination in nine herds in the state of Puebla (subtropical environment; n=83) and four herds in the state of Veracruz (tropical environment; n=88), Mexico. The calves were offspring of eleven Angus, fifteen Brahman and five Akaushi sires. The average age at weaning was 219 days. The analyses were performed with the MIXED procedure of SAS. The model included the effects of sire breed, sex of the calf, birth season, country and herds nested in country. Additionally, the model for weaning weight included the linear effect of weaning age of the calf. **Results.** Brahman offspring weighed more at birth ($p < 0.05$) than Angus and Akaushi offspring; however, Angus, Brahman and Akaushi offspring had similar ($p > 0.05$) daily weight gains from birth to weaning. Angus and Akaushi offspring had similar weights at weaning ($p > 0.05$), but Brahman offspring were heavier at weaning ($p < 0.05$) than Akaushi offspring. Sex of the calf and birth season were not significant sources of variation ($p > 0.05$) for any characteristic. Calves raised in subtropical conditions were heavier at weaning ($p < 0.05$) than those raised in tropical conditions. **Conclusions.** In general, Brahman offspring had a better pre-weaning performance than Angus and Akaushi offspring.

Como citar (Vancouver).

Rosete-Fernández JV, Fragoso-Islas A, Yáñez-Muñoz A, González-Orozco TA, Vega-Murillo VE, Ríos-Utrera A. Efecto de Akaushi (Wagyu), Angus y Brahman como razas paternas sobre el crecimiento pre-destete de becerros. Rev MVZ Córdoba. 2023; 28(3):e3252. <https://doi.org/10.21897/rmvz.3252>



©El (los) autor (es) 2023. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

Veracruz (tropical environment; $n=88$), Mexico. Eleven Angus, 15 Brahman, and 5 Akaushi bulls, sired the calves. Average age at weaning was 219 days. The analyses were carried out with the MIXED procedure of SAS. The model included the effects of breed of sire, sex of calf, birth season, state of the country, and herd nested within state. In addition, the model for actual weaning weight included the linear effect of calf age at weaning. **Results.** Brahman-sired calves were heavier at birth ($p<0.05$) than Angus- and Akaushi-sired calves; however, Angus-, Brahman- and Akaushi-sired calves had similar average daily gains from birth to weaning ($p>0.05$). Angus- and Akaushi-sired calves had similar actual weaning weights ($p>0.05$), but Brahman-sired calves were heavier at weaning ($p<0.05$) than Akaushi-sired calves. Sex of calf and season of birth were not significant sources of variation ($p>0.05$) for any trait. Calves reared in subtropical conditions were heavier at weaning ($p<0.05$) than those reared in tropical conditions. **Conclusions.** In general, Brahman-sired calves had a better pre-weaning performance than Angus- and Akaushi-sired calves.

Keywords: Average daily gain; birth weight; beef cattle; breed of sire; tropical and subtropical environment; weaning weight (*Source: CAB*).

INTRODUCCIÓN

Las principales ventajas del cruzamiento son los efectos de la heterosis y la complementariedad entre características. Se ha señalado que "el cruzamiento entre recursos locales y genéticamente mejorados permite, en un ambiente favorable, el mejoramiento de características productivas, tales como el crecimiento y la producción de leche" (1).

Desde los años ochenta, el cruzamiento para la producción de carne en los trópicos mexicanos se ha implementado cruzando razas británicas y continentales (e.g., Angus, Charolais) con razas Cebú (e.g., Brahman, Indubrasil). Sin embargo, aún no se han evaluado en esquemas de cruzamiento razas bovinas especializadas en la producción de carne de otros orígenes (países), como las de Japón.

El ganado Wagyu incluye cuatro razas bovinas: Japonés Negro, Japonés Marrón, Shorthorn Japonés y Japonés Sin Cuernos (2). En Japón, la raza Japonés Marrón también se conoce como "Akaushi" (3). Las razas de ganado Wagyu se consideran poco pesadas; sin embargo, la carne Wagyu es excepcional por su intenso marmoleo, textura y jugosidad y, por lo tanto, por su palatabilidad total. Se ha documentado (4) que el músculo *Longissimus dorsi* del ganado Wagyu presenta el mayor contenido de grasa (36.5%), mientras que el del ganado coreano ocupa el segundo lugar en esta característica a nivel mundial (13.7%), seguido por el del ganado Angus (9.3%). En un estudio reciente realizado en los Estados Unidos de América, novillos Angus Rojo x Akaushi tuvieron mayor marmoleo que novillos Angus Rojo (5).

Debido a sus notables características cárnicas, la utilización del ganado Wagyu ha aumentado en otros países (3,6,7), incluyendo México. Una encuesta realizada en California (8) reveló que la mayoría (77%) de los productores de leche están incorporando semen de razas cárnicas en sus protocolos de apareamiento; la mayoría de los productores usaron semen de la raza Angus (65%), seguido por semen de las razas Wagyu (12%) y Limousin (9%).

Con base en lo mencionado previamente, el objetivo del presente estudio fue evaluar características de crecimiento pre-destete de becerros hijos de toros Akaushi, Angus y Brahman.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidad. El estudio se realizó en trece hatos; nueve hatos se localizaron en el estado de Puebla y cuatro hatos en el estado de Veracruz, México, en condiciones subtropicales y tropicales, respectivamente.

Selección de hatos y muestreo de vacas.

Los trece hatos se seleccionaron mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, de acuerdo con el interés de los ganaderos de participar en el presente estudio. El muestreo de las vacas ($n=180$) se realizó con base en el presupuesto del estudio; por lo tanto, no se muestrearon todas las vacas de cada hato. Dentro de cada hato, las vacas se seleccionaron aleatoriamente.

Animales. Se produjeron 171 becerros mediante inseminación artificial, 83 en el estado de Puebla y 88 en el estado de Veracruz. Se utilizaron 11 toros Angus, 15 Brahman y 5 Akaushi. Estos toros produjeron 39, 64 y 68 becerros, respectivamente. El semen de los toros de estas tres razas se utilizó en ambos estados. Todos los becerros nacieron en el mismo año, y no hubo partos gemelares en ningún hato. El número de becerros por raza del padre y sexo de la cría se presenta en la tabla 1. La mayoría de los becerros fueron hijos de vacas Suizo Pardo x Cebú maduras con diferentes porcentajes de herencia europea (Suizo Pardo). Todas las vacas tuvieron previamente por lo menos un becerro.

Tabla 1. Número de becerros por raza del padre y sexo de la cría.

Raza del padre	Hembras	Machos	Total
Akaushi	43	25	68
Angus	16	23	39
Brahman	23	41	64
Total	82	89	171

Manejo general de los hatos. Dependiendo del hato, las vacas y sus crías pastaron en poteros de *Axonopus sp.*, *Paspalum sp.*, *Brachiaria sp.* y *Cynodon plectostachyus*. Además, los animales tuvieron acceso libre a minerales y agua. Los becerros se destetaron entre los 6.2 y 8.3 meses de edad. La edad al destete promedio fue 219 ± 13 días. Los hatos estaban oficialmente libres de *Brucella abortus* (brucelosis) y *Mycobacterium bovis* (tuberculosis). Se aplicaron productos comerciales a vacas y becerros para protegerlos de parásitos (garrapatas, lombrices intestinales, moscas).

Manejo reproductivo de las vacas. La sincronización estral se practicó en todos los hatos. El protocolo de sincronización estral consistió en la aplicación de un dispositivo intravaginal impregnado con progesterona (1.9 g) y la inyección intramuscular de 2 mg de benzoato de estradiol (día 0). En el día 7 se retiró el dispositivo intravaginal e inmediatamente después las vacas fueron inyectadas con 0.150 mg de D-cloprostenol y 400 UI de gonadotropina coriónica equina. Las vacas fueron inseminadas a tiempo fijo 52 a 56 horas después del retiro del dispositivo intravaginal. El diagnóstico de preñez se efectuó mediante examinación de los cuernos uterinos 45 a 60 días después de la inseminación.

VARIABLES ESTUDIADAS. Se analizaron tres variables de respuesta: peso al nacimiento, ganancia diaria de peso del nacimiento al destete, y peso al destete. La ganancia diaria de peso (GDP) se calculó con la siguiente fórmula: $GDP = (\text{peso al destete} - \text{peso al nacimiento}) / \text{edad del becerro al destete}$. La edad del becerro al destete se definió como el número de días transcurridos del nacimiento al destete. Las medias no ajustadas de las variables dependientes fueron 34.6, 0.692 y 186.4 kg, respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Estadísticas descriptivas para peso al nacimiento (PN), ganancia diaria de peso del nacimiento al destete (GDP) y peso al destete (PD).

Variable	N	Media	DE	Mínimo	Máximo	CV (%)
PN (kg)	171	34.6	5.5	20.0	50.0	15.9
GDP (kg)	171	0.692	0.057	0.491	0.917	8.2
PD (kg)	171	186.4	12.2	160.0	232.0	6.5

N= número de observaciones; DE= desviación estándar; CV= coeficiente de variación.

Análisis estadísticos. Las variables de respuesta fueron analizadas con el procedimiento MIXED de SAS (9). El modelo estadístico preliminar para todas las características incluyó raza del padre, sexo del becerro, época de nacimiento, estado del país, hato anidado en estado, las interacciones de dos factores entre los efectos principales, y el efecto lineal y cuadrático de la edad al destete (en días) como efectos fijos, y toro anidado en raza del padre como efecto aleatorio. La época de nacimiento se clasificó en dos clases: seca (mediados de octubre a diciembre) y lluviosa (julio a septiembre). Se ejecutaron análisis secuenciales eliminando del modelo completo (preliminar) las interacciones, covariables y efectos aleatorios no significativos ($p > 0.05$). El modelo final para las tres características de crecimiento incluyó todos los efectos principales (raza del padre, sexo del becerro, época de nacimiento, estado del país y hato anidado en estado). Además, el modelo final para peso al destete incluyó la edad del becerro al destete. La mayoría de las vacas no tenían información de fecha de nacimiento y/o número de parto; por lo tanto, no fue posible incluir la edad de la madre al parto o el número de parto en el modelo. Las medias de cuadrados mínimos fueron comparadas usando la opción PDIFF disponible en el procedimiento MIXED.

RESULTADOS

La tabla 3 muestra los valores de probabilidad de los efectos para peso al nacimiento, ganancia diaria de peso del nacimiento al destete, y peso al destete. La raza del padre fue significativa ($p < 0.05$) para peso al nacimiento y peso al destete; en contraste, el sexo del becerro y la época de nacimiento no fueron fuentes de variación significativas ($p > 0.05$) para ninguna característica. Las tres características de crecimiento fueron afectadas ($p < 0.01$) por hato anidado en estado del país y estado del país (excepto peso al nacimiento). La edad del becerro al destete fue causa de variación ($p < 0.01$) para peso al destete.

Tabla 3. Valores de probabilidad de los efectos incluidos en el modelo estadístico final para analizar peso al nacimiento (PN), ganancia diaria de peso del nacimiento al destete (GDP) y peso al destete (PD).

Efecto	PN	GDP	PD
Raza del padre	<0.0001	0.1580	0.0495
Sexo del becerro	0.0964	0.7304	0.2214
Época de nacimiento	0.2848	0.4437	0.4328
Estado del país	0.4549	<0.0001	<.0001
Hato anidado en estado	<0.0001	<0.0001	<.0001
Edad del becerro al destete	-	-	0.0096

Las medias de cuadrados mínimos, errores estándar e intervalos de confianza al 95% para peso al nacimiento se presentan en la tabla 4, por categoría dentro de efecto fijo. Los hijos de toros Brahman fueron 3.3 y 4.9 kg más pesados ($p < 0.05$) al nacimiento que los hijos de toros Angus y Akaushi, respectivamente. Las hembras y machos tuvieron pesos al nacimiento similares ($p > 0.05$). Los becerros nacidos en la época seca no fueron diferentes en peso al nacimiento ($p > 0.05$) a los nacidos en la época lluviosa. Los becerros nacidos en el estado de Puebla tuvieron pesos al nacimiento similares ($p > 0.05$) a los nacidos en el estado de Veracruz.

La tabla 5 presenta las medias de cuadrados mínimos, errores estándar e intervalos de confianza al 95% para ganancia diaria de peso del nacimiento al destete, por categoría dentro de efecto fijo. Los hijos de toros Brahman, Angus y Akaushi tuvieron ganancias diarias de peso similares ($p > 0.05$). Las ganancias diarias de peso de hembras y machos fueron prácticamente iguales ($p > 0.05$). Los becerros nacidos en las

épocas seca y lluviosa tuvieron ganancias diarias de peso similares ($p > 0.05$). Sin embargo, los becerros nacidos en el estado de Puebla ganaron 0.039 kg más por día ($p < 0.05$) que los nacidos en el estado de Veracruz.

Tabla 4. Medias de cuadrados mínimos, errores estándar (EE) e intervalos de confianza al 95% para peso al nacimiento (kg), por categoría dentro de efecto.

Efecto/categoría	Media \pm EE	Límite inferior	Límite superior
Raza del padre			
Akaushi	31.6 \pm 0.87 ^a	29.9	33.3
Angus	33.2 \pm 0.99 ^a	31.3	35.2
Brahman	36.5 \pm 0.84 ^b	34.9	38.2
Sexo del becerro			
Hembras	33.2 \pm 0.84 ^a	31.5	34.8
Machos	34.4 \pm 0.79 ^a	32.8	36.0
Época de nacimiento			
Seca	32.9 \pm 1.50 ^a	30.1	35.8
Lluviosa	34.6 \pm 0.40 ^a	33.8	35.5
Estado del país			
Puebla	33.5 \pm 0.80 ^a	31.9	35.1
Veracruz	34.1 \pm 0.90 ^a	32.4	35.8

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

Tabla 5. Medias de cuadrados mínimos, errores estándar (EE) e intervalos de confianza al 95% para ganancia diaria de peso del nacimiento al destete (kg), por categoría dentro de efecto.

Efecto/categoría	Media \pm EE	Límite inferior	Límite superior
Raza del padre			
Akaushi	0.708 \pm 0.009 ^a	0.690	0.727
Angus	0.715 \pm 0.011 ^a	0.693	0.736
Brahman	0.696 \pm 0.009 ^a	0.678	0.714
Sexo del becerro			
Hembras	0.705 \pm 0.009 ^a	0.687	0.723
Machos	0.708 \pm 0.009 ^a	0.691	0.725
Época de nacimiento			
Seca	0.713 \pm 0.016 ^a	0.682	0.744
Lluviosa	0.700 \pm 0.005 ^a	0.690	0.709
Estado del país			
Puebla	0.726 \pm 0.009 ^a	0.708	0.743
Veracruz	0.687 \pm 0.009 ^b	0.668	0.705

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

La tabla 6 muestra las medias de cuadrados mínimos, errores estándar e intervalos de confianza al 95% para peso al destete, por

categoría dentro de efecto fijo. Los hijos de toros Angus y Akaushi tuvieron pesos al destete similares ($p>0.05$), pero los hijos de toros Brahman fueron 3.7 kg más pesados al destete ($p<0.05$) que los hijos de toros Akaushi. De manera similar a los resultados para ganancia diaria de peso, los pesos al destete de hembras y machos fueron casi idénticos ($p>0.05$). Los becerros nacidos en las épocas seca y lluviosa tuvieron pesos al destete semejantes ($p>0.05$). Los becerros del estado de Puebla pesaron 9.2 kg más al destete ($p<0.05$) que los del estado de Veracruz. El coeficiente de regresión lineal para peso al destete sobre la edad del becerro al destete fue 0.161 ± 0.061 kg ($p<0.01$), lo cual significa que el peso al destete aumentó 0.161 kg por cada día que aumentó la edad al destete.

Tabla 6. Medias de cuadrados mínimos, errores estándar (EE) e intervalos de confianza al 95% para peso al destete (kg), por categoría dentro de efecto.

Efecto/categoría	Media \pm EE	Límite inferior	Límite superior
Raza del padre			
Akaushi	186.5 \pm 1.7 ^b	183.1	189.9
Angus	190.0 \pm 2.0 ^{ab}	186.2	193.9
Brahman	190.2 \pm 1.7 ^a	186.9	193.5
Sexo del becerro			
Hembras	188.0 \pm 1.7 ^a	184.8	191.3
Machos	189.8 \pm 1.6 ^a	186.7	192.9
Época de nacimiento			
Seca	190.1 \pm 2.9 ^a	184.4	195.9
Lluviosa	187.7 \pm 0.9 ^a	185.9	189.4
Estado del país			
Puebla	193.5 \pm 1.6 ^a	190.3	196.6
Veracruz	184.3 \pm 1.7 ^b	181.0	187.7

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

DISCUSIÓN

La superioridad observada en el peso al nacimiento de los hijos de toros Brahman sobre los hijos de toros Angus y Akaushi en el presente estudio es acorde con el resultado de un estudio realizado en Texas (Estados Unidos de América), donde los hijos de toros Brahman fueron 5.3 kg más pesados al nacimiento que los hijos de toros Angus (10). Un estudio más reciente reportó que los hijos de toros Angus y Wagyu tuvieron pesos al nacimiento similares, resultado que también es acorde con los resultados del presente estudio (11). En contraste, el resultado del programa de evaluación de germoplasma del Centro de Investigación de la Carne Animal Roman L.

Hruska de los Estados Unidos de América no es acorde con el resultado del presente estudio; en este proyecto de investigación estadounidense los hijos de toros Angus fueron más pesados al nacimiento que los hijos de toros Wagyu (12). En un estudio realizado en Florida, becerros Angus puros pesaron 1.1 kg más al nacimiento que becerros Brahman puros, también en contraste con el resultado del presente estudio (13).

En la presente investigación, no hubo evidencia de efecto de la raza del padre sobre la ganancia diaria de peso del nacimiento al destete. En concordancia, un estudio brasileño mostró que hijos de toros Angus y Wagyu tuvieron ganancias diarias promedio pre-destete similares (14), y un estudio estadounidense reportó que hijos de toros Angus y Brahman fueron también similares en esta característica (15). En contraste, otros autores encontraron que becerros Brahman puros superaron a becerros Angus puros (13).

En el presente estudio, la progenie de toros Brahman fue más pesada al destete que la progenie de toros Akaushi, pero la progenie de toros Angus fue similar en peso al destete a la progenie de toros Brahman y Akaushi. Similarmente, dos estudios reportaron que hijos de toros Angus y Wagyu tuvieron pesos al destete similares (11,14), y otros dos estudios reportaron que hijos de toros Angus y Brahman tuvieron pesos al destete similares (15,16). En contraste, un experimento realizado en Ohio (Estados Unidos de América) mostró que la progenie de toros Angus fue más pesada al destete que la de toros Wagyu (17).

Un posible factor que causó la diferencia entre los presentes resultados y los resultados de otros estudios es el hecho de que el análisis estadístico de las características de crecimiento pre-destete no incluyó el número de parto o la edad de la madre como fuente de variación, lo que causó algo de sesgo en la estimación de las medias de cuadrados mínimos.

Los machos y las hembras tuvieron similar comportamiento del nacimiento al destete en el presente estudio. Este hallazgo no es consistente con los reportados en otros estudios, en los que los machos fueron más pesados al nacimiento y al destete y tuvieron mayores ganancias diarias de peso del nacimiento al destete que las hembras (14,16,18,19). En el presente estudio, el limitado crecimiento de los becerros machos se pudo deber a las condiciones ambientales difíciles (presencia de una gran diversidad de

parásitos, alta temperatura y humedad) y/o a una baja producción de leche de sus madres, causada por el sistema de alimentación (basado en pastos, sin suplementación con concentrados) implementado en los hatos. Se ha argumentado que “el tamaño grande de los machos es menos ventajoso o simplemente difícil de alcanzar en las condiciones pobres del sur de Asia, África y América Latina” (20). “La escasez de alimento y la alta mortalidad en adultos no permiten que los machos (que crecen durante más tiempo que las hembras) alcancen su tamaño corporal asintótico completo durante el crecimiento postnatal, consecuentemente, el tamaño corporal permanece bajo y el dimorfismo sexual no se puede expresar plenamente” (21).

Aunque la época lluviosa (meses más calurosos) está mayormente relacionada con un incremento en la producción de leche de las vacas a través de una mayor calidad y disponibilidad de los pastos, el efecto de época no fue importante para la ganancia de peso pre-destete y peso al destete en el presente estudio. Estos resultados son acordes a los observados en un estudio realizado en Costa Rica, donde becerros nacidos en las épocas lluviosa y seca tuvieron ganancias de peso pre-destete y pesos al destete similares (22).

Los becerros criados en clima subtropical tuvieron mayor ganancia diaria de peso y fueron más pesados al destete que los criados en clima tropical. Este hallazgo se puede atribuir a mejores factores geográficos y climáticos

característicos del ambiente subtropical. En la región subtropical (estado de Puebla) la altitud, la temperatura promedio anual y la precipitación total promedio anual es 500 m, 23°C y 2500 mm, respectivamente; sin embargo, en la región tropical (estado de Veracruz) es 11 m, 28°C y 1200 mm, respectivamente.

En conclusión, los hijos de toros Brahman tuvieron, en general, un mejor desempeño pre-destete que los hijos de toros Angus y Akaushi. Los becerros criados en condiciones subtropicales fueron más pesados al destete que los criados en condiciones tropicales. La edad del becerro al destete tuvo un efecto significativo en el peso al destete. Sin embargo, dado que el análisis estadístico de las características de crecimiento pre-destete no incluyó el número de parto o la edad de la madre como fuente de variación, se sugiere interpretar los resultados cautelosamente.

Conflictos de interés

Los autores declaran que no tienen conflictos de interés.

Financiamiento

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias financió el presente estudio.

REFERENCIAS

1. Leroy G, Baumung R, Boettcher P, Scherf B, Hoffmann I. Review: Sustainability of crossbreeding in developing countries; definitely not like crossing a meadow... *Animal*. 2016; 10(2):262-273. <https://doi.org/10.1017/S175173111500213X>
2. Gotoh T, Nishimura T, Kuchida K, Mannen H. The Japanese Wagyu beef industry: current situation and future prospects - A review. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2018; 31(7):933-950. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0333>
3. Motoyama M, Sasaki K, Watanabe A. Wagyu and the factors contributing its beef quality: A Japanese industry overview. *Meat Sci*. 2016; 120:10-18. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.026>
4. Park SJ, Beak SH, Jung DJS, Kim SY, Jeong IH, Piao MY, *et al*. Genetic, management, and nutritional factors affecting intramuscular fat deposition in beef cattle — A review. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2018; 31(7):1043-1061. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0310>

5. Maciel CFI, Schweihofer JP, Fenton JI, Hodbod J, McKendree MGS, Cassida K, Rowntree JE. Influence of beef genotypes on animal performance, carcass traits, meat quality, and sensory characteristics in grazing or feedlot-finished steers. *Transl Anim Sci.* 2021; 5:1-18. <https://doi.org/10.1093/tas/txab214>
6. Adi LLN, Agus A, Panjono, Widyobroto BP, Budisatria IGS, Ismaya, *et al.* Phenotypic characteristics of Belgian Blue x Brahman cross and Wagyu x Brahman cross crossbred population. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci.* 2019; 387:012036. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/387/1/012036>
7. Duvenage, T. Fat content and fatty acid composition of South African Wagyu beef. [M.Sc. Thesis]. University of Pretoria. South Africa. 2021. https://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/80850/MScAgric%20Dissertation_Twanette%20Duvenage_July%202021.pdf?sequence=1
8. Pereira JMV, Marcondes MI, Ferreira FC. Trends in the use of beef semen in dairy herds in the western United States. *J Dairy Sci.* 2020; 103(Suppl. 1):118. [https://www.journalofdairyscience.org/issue/S0022-0302\(20\)X7079-2](https://www.journalofdairyscience.org/issue/S0022-0302(20)X7079-2)
9. SAS. SAS/STAT. Version 9.3. 4th ed. SAS Institute: Cary, USA; 2013. <https://support.sas.com/en/software/sas-stat-support.html>
10. Paschal JC, Sanders JO, Kerr JL. Calving and weaning characteristics of Angus-, Gray Brahman-, Gir-, Indu-Brazil-, Nellore-, and Red Brahman-Sired F₁ calves. *J Anim Sci.* 1991; 69(6):2395-2402. <https://doi.org/10.2527/1991.6962395x>
11. Casas E, Lunstra DD, Cundiff LV, Ford JJ. Growth and pubertal development of F₁ bulls from Hereford, Angus, Norwegian Red, Swedish Red and White, Friesian, and Wagyu sires. *J Anim Sci.* 2007; 85(11):2904-2909. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0260>
12. Cundiff LV, Wheeler TL, Shackelford SD, Koohmaraie M, Thallman RM, Gregory KE, *et al.* Preliminary results from Cycle VI of the cattle germplasm evaluation program at the Roman L. Hruska U.S. Meat Animal Research Center. Germplasm Evaluation Program, Progress Report No. 20. 2001. <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1192&context=hruskareports>
13. Riley DG, Chase Jr. CC, Coleman SW, Olson TA. Evaluation of the Criollo breed Romosinuano as purebred and crossbred cows with Brahman and Angus in Florida. II. Maternal influence on calf traits, cow weight, and measures of maternal efficiency. *J Anim Sci.* 2014; 92:1911-1919. <https://doi.org/10.2527/jas2013-7280>
14. Fialho FRL, Rezende MPG, Souza JC, Silva RM, Oliveira NM, Silveira MV. Performance in preweaning pure and crossbred calves in the Mato Grosso do Sul Pantanal region, Aquidauana, Mato Grosso do Sul State, Brazil. *Acta Sci., Anim Sci.* 2015; 37(4):437-442. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v37i4.28345>
15. Lunstra DD, Cundiff LV. Growth and pubertal development in Brahman-, Boran-, Tuli-, Belgian Blue-, Hereford- and Angus-sired F₁ bulls. *J Anim Sci.* 2003; 81(6):1414-1426. <https://doi.org/10.2527/2003.8161414x>
16. Pereira ASC, Baldi F, Sainz RD, Utembergue BL, Chiaia HLJ, Magnabosco CU, *et al.* Growth performance, and carcass and meat quality traits in progeny of Poll Nellore, Angus and Brahman sires under tropical conditions. *Anim Prod Sci.* 2015; 55(10):1295-1302. <https://doi.org/10.1071/AN13505>
17. Jaborek JR, Zerby HN, Moeller SJ, Fluharty FL, Relling AE. Evaluation of feedlot performance, carcass characteristics, carcass retail cut distribution, Warner-Bratzler shear force, and fatty acid composition of purebred Jersey and crossbred Jersey steers. *Transl Anim Sci.* 2019; 3(4):1475-1491. <https://doi.org/10.1093/tas/txz110>

18. Menezes LM, Pedrosa AC, Pedroso D, Fernandes S. Desempenho de bovinos Nelore e cruzados Blonde d'Aquitaine x Nelore do nascimento ao desmame. *Rev Bras Saúde Prod Anim.* 2013; 14(1):177-184. <https://www.scielo.br/j/rbspa/a/tTBNgjXF9wrK8kKmgBNsZdR/?format=pdf&lang=pt>
19. Castillo-Umaña MA, López-Herrera M, Montero-Quirós A, Soto-Murillo H. Características pre-destete de cruces genéticos de bovinos de carne en el trópico seco costarricense. *Nutrición Anim Trop.* 2015; 9(2):105-123. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/21669/21899>
20. Polák J, Frynta D. Sexual size dimorphism in domestic goats, sheep, and their wild relatives. *Biol J. Linn.* 2009; 98(4):872-883. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2009.01294.x>
21. Polák J, Frynta D. Patterns of sexual size dimorphism in cattle breeds support Rensch's rule. *Evol Ecol.* 2010; 24:1255-1266. <https://doi.org/10.1007/s10682-010-9354-9>
22. Madrigal-Valverde M, Camacho-Sandoval J, Salas-Durán C. Efecto del cruzamiento sobre características de crecimiento en ganado cebuino de la región Chorotega. *Agron Mesoam.* 2019; 30(1):195-207. <https://doi.org/10.15517/am.v30i1.32812>