

Efecto del peso y la puntuación de la condición corporal de vacas gestantes en las características de la canal de su progenie: Meta análisis

Sander Martinho Adams ^{a*}

John Lenon Klein ^a

Diego Soares Machado ^b

Dari Celestino Alves Filho ^a

Ivan Luiz Brondani ^a

Luiz Angelo Damian Pizzuti ^a

^a Universidade Federal de Santa Maria. Laboratório de Bovinocultura de Corte. Av. Roraima nº 1000 Cidade Universitária, Camobi, Santa Maria - RS, Brazil.

^b Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Farroupilha – Alegrete. Brazil.

*Autor de correspondencia: sander.adams@hotmail.com

Resumen:

El objetivo del meta análisis fue evaluar los efectos de la variación del peso de vacas de carne durante el 2º y/o 3º trimestre de gestación en algunos parámetros de la canal de la progenie. La ganancia de peso de la vaca durante este período gestacional se calculó para estandarizar los tratamientos: pérdida moderada (PM= vacas que perdieron de 0 a 5 % de peso) y ganancia moderada (GM= vacas que ganaron de 0 a 5 % de peso). El tamaño del efecto para todos los parámetros se calculó como la diferencia de medias (DM) con un intervalo de confianza del 95 % y la heterogeneidad se determinó utilizando la prueba Q y el estadístico I^2 . Se realizó un meta análisis de efectos aleatorios para cada indicador por separado como grupo de control medio y experimental. La variación del peso de la vaca durante la variación de tiempo estudiada no influyó en las características de la canal de la progenie ($P>0.05$). Aunque se observó una tendencia hacia un mayor peso de la canal caliente ($P=0.15$) y del grosor de la grasa subcutánea ($P=0.10$) en terneros de vacas GM en relación con terneros de vacas PM. Sin embargo, el meta análisis demostró que

las pequeñas variaciones en el peso de la vaca durante la mitad final de la gestación no afectan las características de la canal de la progenie.

Palabras clave: Vacas de carne. Marmoleado. Novillos. Grasa subcutánea.

Recibido: 16/09/2021

Aceptado: 30/05/2022

Introducción

Entre los factores que pueden influir en el rendimiento postnatal del ganado de carne, se puede destacar los insultos nutricionales de las vacas durante la gestación, los cambios uterinos, también conocidos como programación fetal. El desarrollo prenatal del ganado influye en el rendimiento productivo a lo largo del período postnatal⁽¹⁾. Los autores agregan que el número de células musculares y grasas que un animal tendrá a lo largo de su vida se determina en la fase fetal y está influenciado por la nutrición de las vacas gestantes, porque los procesos de miogénesis y adipogénesis son exclusivos del período fetal⁽²⁾. Así, Du *et al*⁽³⁾ concluyen que los terneros de vacas mantenidas bajo un suministro restringido de nutrientes durante la gestación tienen un potencial de producción de carne comprometido.

Según Reynolds *et al*⁽⁴⁾, los cambios estructurales y funcionales en órganos y tejidos causados por el suministro de nutrientes durante la gestación sirven para permitir una rápida adaptación del feto en desarrollo a la presión de la selección ambiental uterina. Estos cambios pueden estar relacionados con la salud y el potencial productivo de la progenie en la edad adulta. Sin embargo, el desafío nutricional durante la formación fetal puede formar un fenotipo con mayor adaptabilidad cuando las condiciones nutricionales fueron más desafiantes en el período postnatal⁽⁵⁾.

Así, los efectos de la programación fetal son más notorios en los primeros meses de vida de la progenie⁽⁶⁾. Los autores afirman que los efectos reales de la programación fetal en ganado de carne siguen siendo contradictorios y necesitan una mayor aclaración, ya que existen muchas divergencias entre las investigaciones, como la variabilidad de los nutrientes estudiados, el período gestacional y la intensidad de la restricción nutricional, así como las características evaluadas de la progenie. Por lo tanto, el objetivo de este meta análisis fue evaluar los efectos de la variación del peso de las vacas durante la gestación en las características de la canal de la progenie.

Material y métodos

Búsqueda de literatura

Las búsquedas de literatura se realizaron utilizando bases de datos de búsqueda específicas en las plataformas: Scientific Electronic Library Online (<https://scielo.org>), Portal de Periódicos Capes (<https://www.periodicos.capes.gov.br>), ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com>) y Google Académico (<http://scholar.google.com>). Las búsquedas se basaron en las palabras clave: “fetal programming in beef cows and the performance of steers progeny” o “fetal programming in beef cattle and progeny performance”. Las búsquedas de literatura incluyeron publicaciones de los últimos diez años (2009 - 2019).

Este meta análisis se realizó utilizando datos combinados de 10 estudios (9 artículos revisados por pares, 1 tesis doctoral), con un registro total de 1053 terneros durante las fases de finalización y después del sacrificio. Cuando fue posible, el mismo estudio se incorporó dos o más veces en la base de datos del meta análisis. Los estudios revisados evaluaron los efectos de la nutrición materna durante la gestación en el rendimiento postnatal de la progenie, como se describe en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Descripción de los estudios incluidos en la base de datos para la realización del meta análisis

Estudio	Año	Lugar	Raza de la vaca	Sexo	PC inicial ¹	Comparaciones	Número de observaciones				
							PCC	GGS	M	ALD	
7	2013	EUA	AxH	Todos	534 ± 14	Supl. x No Supl.	228	228	228	228	
7	2013	EUA	AxH	Todos	534 ± 14	ECC alta x ECC baja	228	228	228	228	
8	2009	EUA	AxS	Macho	498 ± 15	Supl. x No Supl.	24	24	24	24	
9	2019	ARG	A	Macho	408 ± 54	PC alta x PC baja	24	24	24	24	
10	2015 ^a	EUA	AxS	Macho	440 ± 28	energético positivo negativo	x	11	11	11	11
11	2015 ^b	EUA	AxS	Todos	463 ± 3	energético positivo negativo	x	101	101	101	101
12	2013	EUA	A	Macho	575 ± 9	Supl. x No Supl.	40	40	40	40	
13	2015	EUA	AxS	Macho	600 ± 7	Supl. x No Supl.	71	71	71	71	
14	2016	EUA	AxS	Macho	684 ± 7	100% TND x 125% TND	86	86	86	86	

15	2019	BRA	CxN	Macho	413 ± 8	Ganancia de peso x pérdida moderada	240	240	-	240
Total	-	-	-	-	-		1053	1053	813	1053

Raza de la vaca, A= Aberdeen Angus; S= Simmental; C= Charolais; N= Nelore.

¹ Peso corporal inicial (kg) de la vaca y ± EEM.

Variables, PCC= peso de la canal caliente; GGS= grosor de la grasa subcutánea; M= marmoleado; ALD= área del *Longissimus dorsi*.

PC= proteína cruda; TND= total de nutrientes digestibles.

Criterios de inclusión y exclusión

En total se identificaron 21 estudios publicados entre 2009 y 2020 a partir de la búsqueda preestablecida. Los criterios establecidos para la inclusión de estudios en la base de datos fueron: 1) posibilidad de calcular la ganancia diaria de peso promedio de la vaca durante la gestación y la adecuación a los tratamientos; 2) proporcionar variables de la canal de la progenie; 3) el período de insulto nutricional ocurre en el segundo o tercer trimestre de la gestación (mayor demanda de la vaca); y 4) reportar información sobre el tamaño de la muestra y las medidas de variabilidad de interés (es decir, desviación o error estándar). En el caso de los estudios que reportaron el error estándar de la media (EEM), la desviación estándar (σ) se obtuvo a través de la ecuación:

$$\sigma = EEM * \sqrt{n}$$

Un total de 11 estudios obtenidos mediante los términos de búsqueda se excluyeron de este meta análisis porque no respondieron a los criterios mencionados anteriormente: criterio 1) 6 estudios excluidos; criterio 2) 2 estudios excluidos; criterio 3) 3 estudios excluidos. Un gran número de estudios se excluyeron de esta investigación por no cumplir con los criterios de inclusión. Además, esto se justifica por la amplia variación entre estudios, especialmente en lo que respecta a la intensidad de la restricción alimentaria y la distancia entre tratamientos, el período de restricción alimentaria, así como la gran diversidad de variables evaluadas, según lo informado por Klein *et al*⁽⁶⁾ en una revisión de la literatura sobre el tema.

Selección de datos y formación de grupos

Se seleccionaron cuatro rasgos de la canal de la progenie como variables de respuesta, incluyendo machos y hembras. Para este meta análisis se utilizaron las mediciones del peso de la canal caliente (PCC), obtenida antes de entrar en la cámara fría, grosor de la grasa subcutánea (GGS), marmoleado y área del *Longissimus dorsi* (ALD). Estas tres últimas mediciones obtenidas en el músculo *L. dorsi* entre las costillas 12 y 13. La ganancia diaria de peso promedio (GDP) evaluada durante el período de lactancia, y la GDP posterior al destete considerada como la ganancia diaria de peso de los terneros durante la fase de crianza.

La variación de peso de las vacas durante la gestación se utilizó para estandarizar los efectos (tratamientos) analizados, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$VP = \frac{(PI - PP)}{PI} \times 100$$

donde VP representa la variación en el peso de la vaca entre el inicio del período experimental y el parto; PI representa el peso de la vaca al inicio del experimento; PP representa el peso de la vaca al parto.

Esta estandarización fue necesaria debido a la gran variabilidad de los tratamientos de las investigaciones incluidas en la base de datos. Así, el meta análisis consiste en dos grupos según las clases de variación de peso: pérdida moderada (PM= vacas que perdieron de 0 a 5 % de peso durante la gestación) y ganancia moderada (GM= vacas que ganaron de 0 a 5 % de peso durante la gestación). En este meta análisis, la pérdida moderada (PM) se utiliza como grupo de control. Los datos de cada estudio, como el número de repeticiones, las medias y las desviaciones estándar, se organizaron en hojas de cálculo de Microsoft® Office Excel® para su posterior análisis.

Procedimiento meta analítico

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software R versión 4.0.2⁽¹⁶⁾, a través del paquete ‘meta’, función ‘metacont’⁽¹⁷⁾. Se utilizó la asimetría de la regresión lineal de Egger para examinar la presencia de sesgo de publicación⁽¹⁸⁾, con un valor de sesgo significativo cuando $P < 0.05$, a través de la función ‘metabias’. Además, se utilizaron gráficos de embudo para evaluar el sesgo de publicación en el meta análisis a través de la función ‘funnel’. El gráfico de embudo muestra gráficamente la precisión del efecto estimado de la intervención, donde los estudios más pequeños tuvieron una varianza más amplia y los más grandes tuvieron menos dispersión de la variabilidad. En ausencia de sesgo, el gráfico de embudo debe ser aproximadamente simétrico. El tamaño del efecto se calculó como la diferencia de medias (DM), que es la diferencia entre los grupos de control y experimental (subgrupos ganancia de peso y pérdida severa, GP y PS). La DM requiere que todos los estudios tengan la misma unidad de medida, pero permite la interpretación del tamaño del efecto en las unidades originales⁽¹⁹⁾. Los efectos de la variación en el peso de la vaca durante la gestación se expresaron en gráficos de diagrama de bosque, construidos a partir de la función ‘forest’, utilizando la DM estimada. El paquete *meta* proporciona un diagrama de bosque con el tamaño del efecto y la contribución ponderada a cada estudio a partir de modelos de efectos fijos y aleatorios⁽¹⁷⁾.

La consistencia de los resultados entre los experimentos se cuantificó utilizando las medidas de heterogeneidad de la prueba Ji-cuadrada (Q) y el estadístico I^2 ⁽²⁰⁾, que cuantifica el impacto de la heterogeneidad en el meta análisis, con un criterio matemático independiente del número de estudios y del efecto métrico de cada tratamiento. Aunque

la prueba Q es útil para identificar la heterogeneidad, la medida I^2 fue utilizada para medir la heterogeneidad⁽²⁰⁾. El estadístico I^2 está dado por:

$$I^2(\%) = \frac{Q - (k - 1)}{Q} \times 100$$

donde Q es el estadístico de heterogeneidad χ^2 y k es el número de ensayos. El estadístico I^2 describe el porcentaje de variación entre los estudios debida a la heterogeneidad. Los valores negativos de I^2 se establecen iguales a cero; en consecuencia, I^2 se encuentra entre 0 y 100 %⁽²¹⁾. Su valor podría no ser importante si cae dentro del rango de 0-40 %. Sin embargo, un valor de 30-60 % a menudo indica heterogeneidad moderada, 50-90 % podría representar heterogeneidad sustancial, y un valor en el rango de 75-100 % representa una heterogeneidad considerable⁽²²⁾.

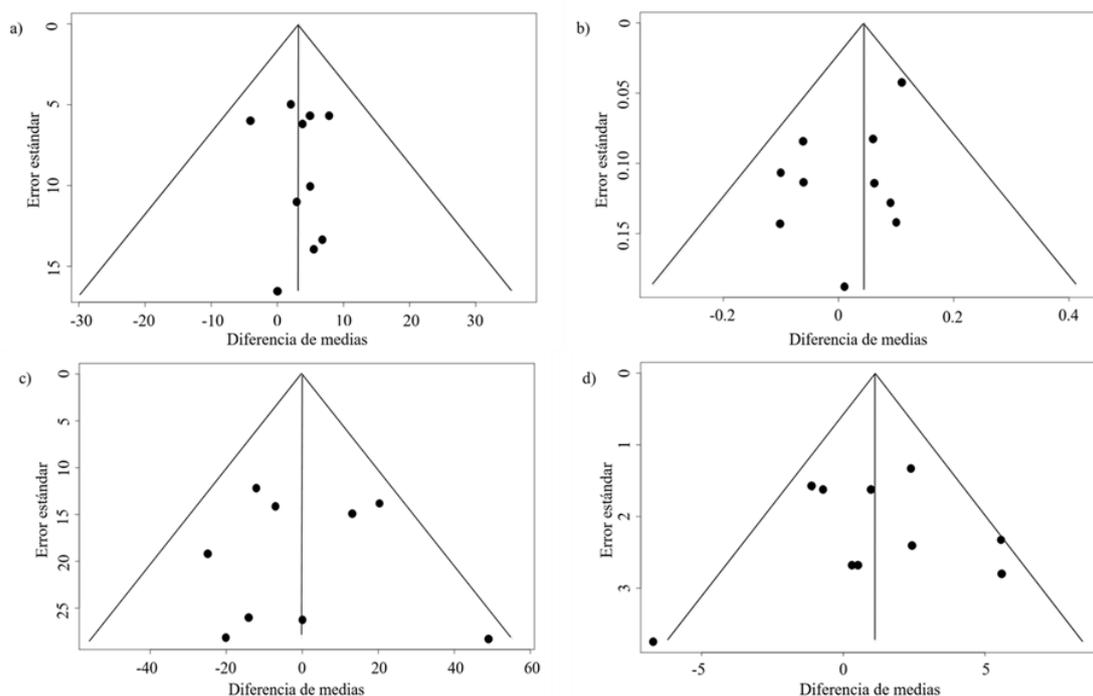
Resultados

Los gráficos de embudo para el efecto de la variación del peso de la vaca durante la gestación en las características de la canal de la progenie se expresan en la Figura 1, y no se observó asimetría sustancial en la mayoría de las características analizadas⁽²²⁾.

La variación del peso de la vaca (PM y GM), el número de estudios, la diferencia bruta de medias y el tamaño del efecto de cada variable, los valores de P y la heterogeneidad se muestran en el Cuadro 2. La prueba de Egger mostró que las variables evaluadas no tienen sesgo de publicación ($P > 0.05$).

En general, el meta análisis no identificó efectos importantes de la variación del peso de la vaca durante la gestación en las características de la canal de la progenie ($P > 0.05$). A pesar del bajo número de estudios publicados en esta línea de investigación, el peso de la canal caliente mostró una tendencia favorable para la progenie de las vacas GM ($P = 0.15$), que produjo 3.25 kg más de canal en la progenie de las vacas PM (Figura 2). Asimismo, los animales de vacas GM al final de la gestación mostraron tendencia ($P = 0.10$) a un mayor grosor de la grasa subcutánea en comparación con los animales de vacas PM (Figura 3). La diferencia promedio fue de 0.05 cm entre los grupos estudiados.

Figura 1: Gráfico de embudo para la variación del peso de la vaca durante la gestación en el rendimiento de la progenie



a) Peso de la canal caliente; b) Grosor de la grasa subcutánea; c) Marmoleado; d) Área del *Longissimus dorsi*. Cada punto representa un ensayo aleatorio individual. El eje y es el error estándar de los ensayos y el eje x es el tamaño del efecto. Los estudios más grandes aparecen hacia la parte superior del gráfico y se agrupan alrededor del tamaño del efecto (media) y los estudios más pequeños aparecen hacia la parte inferior del gráfico. Cuando se ha producido un sesgo de publicación, se espera una asimetría en la dispersión de estudios pequeños, con más estudios que muestran un resultado positivo que aquellos que muestran un resultado negativo.

Cuadro 2: Tamaño del efecto y heterogeneidad para la variación del peso en vacas de carne durante la gestación en el rendimiento de la progenie

Ítem ^A	Número de estudios	Número de DM	Intervalos de confianza del 95%	Valor P ^B	Q	Valor P ^C	I ² (%)	Valor P ^D
PCC, kg	10	3.23	-1.25, 7.72	0.1580**	2.54	0.9797	0	0.7841
GGS, cm	10	0.05	-0.01, 0.10	0.1030**	8.07	0.5275	0	0.0825
M, puntos	9	-0.16	-12.96, 12.63	0.9802 ^{NS}	9.61	0.2932	17	-
ALD, cm ²	10	1.13	-0.55, 2.82	0.1881 ^{NS}	15.20	0.0857	41	0.9031

^AÍtem, PCC= Peso de la canal caliente; GGS= Grosor de la grasa subcutánea; M= Marmoleado; ALD = Área del *Longissimus dorsi*.

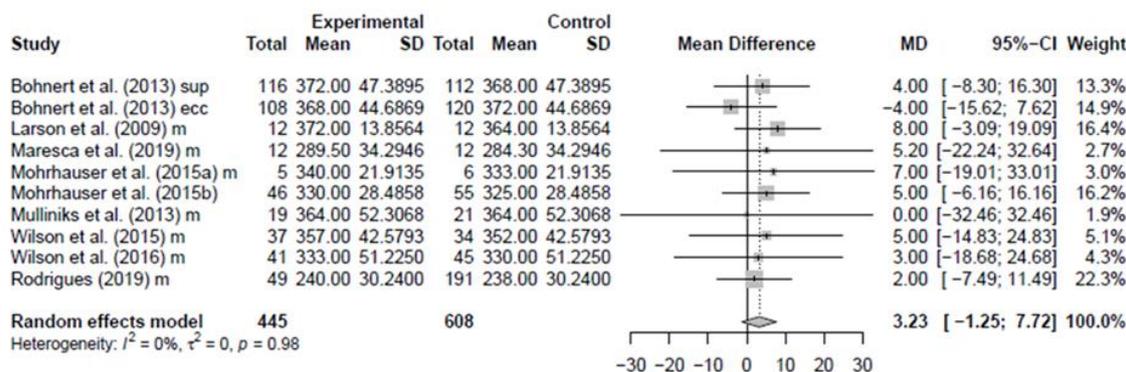
^BValor P para DM, *Significativo al 5 % de probabilidad; ** Tendencia; ^{NS} No significativo.

^CValor P para el estadístico Q;

I², Estadístico de la heterogeneidad estimada.

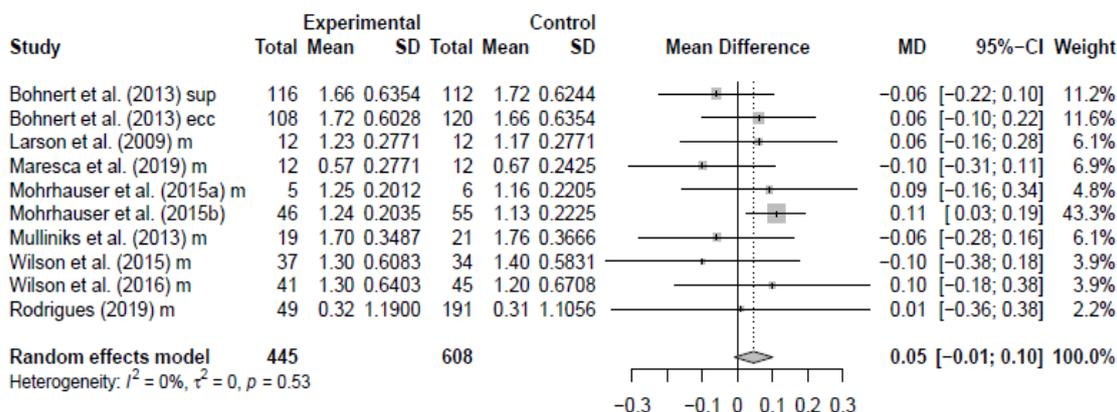
^DValor P para la prueba de Egger; - Número de estudios (k<10) demasiado pequeños para evaluar los efectos de estudios pequeños⁽¹⁸⁾.

Figura 2: Diagrama de bosque para el peso de la canal caliente (PCC, kg) de la progenie de vacas con diferentes variaciones de peso durante la gestación



La línea sólida del eje x es la línea sin efectos y las líneas punteadas representan la diferencia estimada del modelo aleatorio; por lo tanto, los puntos a la izquierda de la línea representan una reducción en el rasgo, mientras que los puntos a la derecha de la línea indican un aumento. Cada peso relativo cuadrado del estudio de la estimación general del tamaño del efecto con los cuadrados más grandes que representan un peso mayor. El límite superior e inferior de la línea cuadrada representa los intervalos de confianza superior e inferior del 95 % para el tamaño del efecto. El diamante en la parte inferior representa el intervalo de confianza del 95 % para la estimación global.

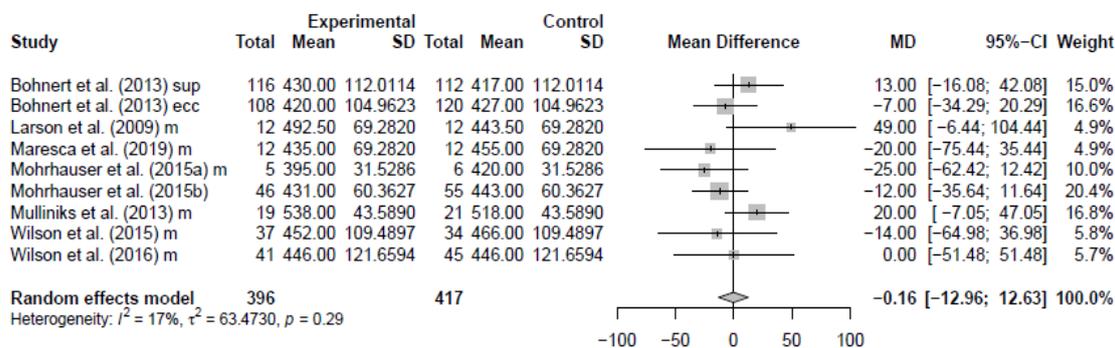
Figura 3: Diagrama de bosque para el grosor de la grasa subcutánea (GGS, cm) de la progenie de vacas con diferentes variaciones de peso durante la gestación



La línea sólida del eje x es la línea sin efectos y las líneas punteadas representan la diferencia estimada del modelo aleatorio; por lo tanto, los puntos a la izquierda de la línea representan una reducción en el rasgo, mientras que los puntos a la derecha de la línea indican un aumento. Cada peso relativo cuadrado del estudio de la estimación general del tamaño del efecto con los cuadrados más grandes que representan un peso mayor. El límite superior e inferior de la línea cuadrada representa los intervalos de confianza superior e inferior del 95 % para el tamaño del efecto. El diamante en la parte inferior representa el intervalo de confianza del 95 % para la estimación global.

La progenie de vacas PM y GM no mostró diferencias ($P=0.9802$) en el contenido de marmoleado de la carne (Figura 4), con un valor promedio de 438 puntos, equivalente a un contenido pequeño de marmoleado según la clasificación utilizada. Asimismo, el área del *Longissimus dorsi* no fue influenciada ($P=0.1881$) por la variación de peso de las vacas gestantes (Figura 5).

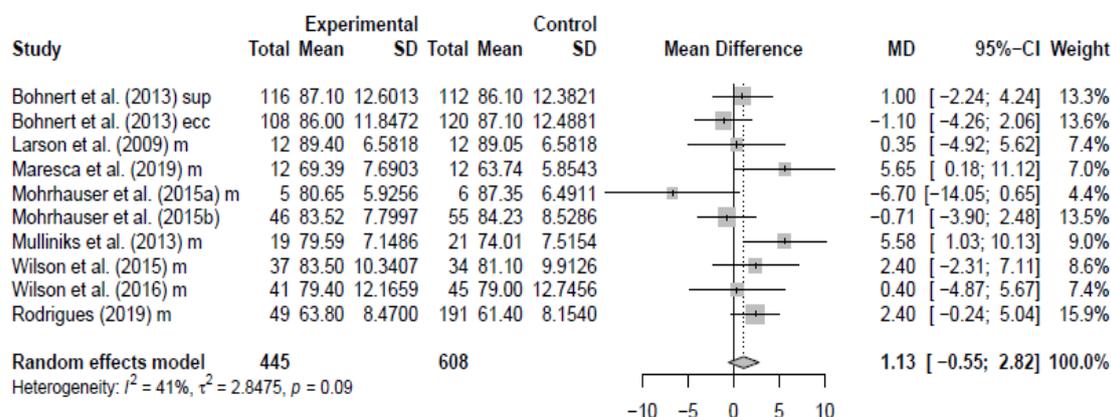
Figura 4: Diagrama de bosque para el marmoleado (puntos*) de la progenie de vacas con diferentes variaciones de peso durante la gestación



La línea sólida del eje x es la línea sin efectos y las líneas punteadas representan la diferencia estimada del modelo aleatorio; por lo tanto, los puntos a la izquierda de la línea representan una reducción en el rasgo, mientras que los puntos a la derecha de la línea indican un aumento. Cada peso relativo cuadrado del estudio de la estimación general del tamaño del efecto con los cuadrados más grandes que representan un peso mayor. El límite superior e inferior de la línea cuadrada representa los intervalos de confianza superior e inferior del 95 % para el tamaño del efecto. El diamante en la parte inferior representa el intervalo de confianza del 95 % para la estimación global.

* 100 = Prácticamente desprovisto; 200 = Trazas; 300 = Leve; 400 = Pequeño; 500 = Modesto.

Figura 5: Diagrama de bosque para el área del *Longissimus dorsi* (ALD, cm²) de la progenie de vacas con diferentes variaciones de peso durante la gestación



La línea sólida del eje x es la línea sin efectos y las líneas punteadas representan la diferencia estimada del modelo aleatorio; por lo tanto, los puntos a la izquierda de la línea representan una reducción en el rasgo, mientras que los puntos a la derecha de la línea indican un aumento. Cada peso relativo cuadrado del estudio de la estimación general del tamaño del efecto con los cuadrados más grandes que representan un peso mayor. El límite superior e inferior de la línea cuadrada representa los intervalos de confianza superior e inferior del 95 % para el tamaño del efecto. El diamante en la parte inferior representa el intervalo de confianza del 95 % para la estimación global.

Discusión

Entre los factores que pueden modificar el ambiente uterino⁽²³⁾ destaca la nutrición materna durante la gestación, que según los autores puede modificar el metabolismo y la fisiología del feto en desarrollo. Varios estudios han demostrado interferencias de la

nutrición de la vaca gestante y la consiguiente variación en el peso y la puntuación corporal de la vaca, pero con muchas divergencias, en el rendimiento de la progenie en la edad adulta. En el meta análisis se encontraron algunas influencias de la variación del peso de la vaca en el período final de la gestación en las características de la canal del novillo.

Las tendencias para un mayor peso de la canal caliente y grosor de la grasa subcutánea para la progenie de las vacas GM se presentan en las Figuras 2 y 3, respectivamente. Los resultados corroboran las teorías descritas por Du *et al*⁽²⁾, quienes afirman que mejorar la nutrición durante la etapa final de la gestación favorece los procesos de miogénesis y adipogénesis de la progenie, y en consecuencia mejora la masa muscular y la grasa en la canal. En un estudio similar, Rodrigues *et al*⁽²⁴⁾ obtuvieron un mayor PCC en vacas que ganaron hasta un 10 % de su peso corporal durante la gestación en comparación con vacas que perdieron de 0 a 10 % y de 10 a 20 % de peso durante ese período. Los autores no observaron cambios en el GGS en ese estudio. El crecimiento corporal depende de los procesos de hiperplasia e hipertrofia de las fibras musculares preformadas durante la gestación⁽²⁾, y la restricción nutricional en este período perjudica estos procesos debido a la menor prioridad nutricional en comparación con otros tejidos y órganos fetales⁽²⁵⁾.

A diferencia de la grasa subcutánea, la variación de peso de la vaca gestante no alteró la deposición de grasa intramuscular, conocida como grasa de marmoleo (Figura 4). Al igual que la deposición de grasa corporal, la formación de adipocitos durante la gestación sigue una secuencia cronológica. En un esquema presentado por Du *et al*⁽²⁶⁾, existe una deposición secuencial y superpuesta de grasa visceral, subcutánea, intermuscular e intramuscular. Du *et al*⁽³⁾ concluyen que la formación de adipocitos intramusculares, los últimos en formarse, puede extenderse durante los primeros meses de vida de un individuo (aproximadamente 250 días). Así, la nutrición en la vida postnatal podría tener más efecto que la adipogénesis intramuscular de la programación fetal⁽²⁷⁾, según los resultados obtenidos en el presente meta análisis, ya que los adipocitos, a pesar de ser escasos, pueden aumentar su tamaño a medida que se producen sobras nutricionales. En general, la similitud en la deposición de tejido adiposo puede ser consecuencia de la pequeña variación de peso entre las vacas que perdieron o aumentaron de peso durante la gestación, con un promedio de menos del 5 %.

La ganancia de peso de la vaca durante el final de la gestación no mejoró el área del *Longissimus dorsi* (Figura 5), corroborando los hallazgos de Rodrigues *et al*⁽²⁴⁾. Este resultado puede ser una consecuencia de la adaptación ambiental de los terneros de las vacas después del nacimiento. Webb *et al*⁽⁵⁾ describen que la desnutrición o restricción alimentaria durante la gestación termina produciendo un fenotipo que tiene mayores habilidades adaptativas cuando se expone a ambientes desfavorables en la edad adulta. Ramírez *et al*⁽²⁷⁾ concluyen que la restricción severa de nutrientes durante la gestación también puede compensar el crecimiento del individuo después del nacimiento, cuando está expuesto a ambientes restringidos también después del nacimiento. Bell *et al*⁽²⁸⁾ también agregan que puede haber una plasticidad de los sistemas de cría postnatal en la

regulación de la hipertrofia muscular capaz de superar los efectos negativos de la restricción nutricional en la gestación.

Además de la mayor capacidad de adaptación de la progenie en la vida postnatal, los efectos de la programación fetal y el suministro de nutrientes del feto pueden depender de la capacidad de adaptación metabólica de las vacas gestantes. Bauman *et al*⁽²⁹⁾ describen la partición de nutrientes de las vacas a través de mecanismos hemorrágicos y homeostáticos, donde el feto tiene prioridades corporales nutricionales. Estos mecanismos pueden explicar la movilización de las reservas corporales y la pérdida de peso de la vaca durante la gestación para mantener un suministro adecuado de nutrientes al feto en condiciones moderadas de restricciones nutricionales⁽⁵⁾. Por lo tanto, se puede aceptar una pequeña reducción en el peso corporal de la vaca gestante, dentro de 0 a \pm 5 %, en los sistemas de producción, ya que no interfiere con las características de la canal de la progenie.

Así, estos resultados corroboran los de Klein *et al*⁽⁶⁾, quienes encontraron a través de la revisión de literatura que los efectos de la programación fetal, o nutrición de vacas gestantes, son más notorios en los primeros meses de vida de la progenie, con efectos menores a medida que avanza la edad de estos animales. Brameld *et al*⁽³⁰⁾ complementan que, con suficiente tiempo durante la vida postnatal, el animal es capaz de superar o compensar la mayoría de estas diferencias iniciales, resultando en sólo efectos residuales pequeños (si los hay) en la composición corporal en etapas posteriores de crecimiento. En general, la ausencia de efectos en la nutrición de las vacas gestantes en las características de la canal verificadas en este estudio se puede atribuir a la baja variación de peso o desafío a las vacas gestantes. La intensidad del insulto nutricional es un factor importante a considerar en la evaluación de los efectos de la programación fetal en la calidad de la descendencia. Por lo tanto, la adopción de un sistema nutricional que proporcione ganancia de peso a las vacas gestantes no solo depende de la evaluación del rendimiento de la progenie, sino también de un análisis económico de todo el ciclo de producción de terneros de acuerdo con los objetivos deseados.

Conclusiones e implicaciones

Los resultados obtenidos en este meta análisis indican que los efectos de las variaciones pequeñas de peso de las vacas durante el segundo o tercer trimestre de la gestación, son difíciles de encontrar en la edad adulta y las características de la canal posteriores al sacrificio de la progenie.

Literatura citada:

1. Zago D, Canozzi MEA, Barcellos JOJ. Pregnant cow nutrition and its effects on fetal weight – a meta-analysis. *J Agric Sci* 2019;157(1):1-13.

2. Du M, Tong J, Zhao J, Underwood KR, Zhu MJ, Ford SP, Nathanielsz PW. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. *J Anim Sci* 2010;88(1):51-60.
3. Du M, Wang B, Fu X, Yang Q, Zhu MJ. Fetal programming in meat production. *Meat Sci* 2015;109(1):40-47.
4. Reynolds LP, Borowicz PP, Caton JS, Crouse MS, Dahlen CR, Ward AK. Developmental programming of fetal growth and development. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 2019;35(1):229-247.
5. Webb MJ, Block JJ, Funston RN, Underwood KR, Legako JF, Harty AA, *et al.* Influence of maternal protein restriction in primiparous heifers during mid and/or late-gestation on meat quality and fatty acid profile of progeny. *Meat Sci* 2019;152(1):31-37.
6. Klein, JL, Soares DSM, Adams SM, Alves Filho DC, Brondani IL. Efeitos da nutrição materna na gestação sobre a qualidade da progênie – uma revisão. *Res Soc Dev* 2021;10(2):1-10.
7. Bohnert DW, Stalker LA, Nyman A, Falck SJ, Cooke RF. Late gestation supplementation of beef cows differing in body condition score: Effects on cow and calf performance. *J Anim Sci* 2013;91(1):5485-5491.
8. Larson DM, Martin JL, Adams DC, Funston RN. Winter grazing system and supplementation during late gestation influence performance of beef cows and steer progeny. *J Anim Sci* 2009;87(1):1147-1155.
9. Maresca S, López Valiente S, Rodriguez AM, Testa LM, Long NM, Quintans GI, Pavan E. The influence of protein restriction during mid- to late gestation on beef offspring growth, carcass characteristic and meat quality. *Meat Sci* 2019;153(1):103-108.
10. Mohrhauser DA, Taylor AR, Gonda MG, Underwood KR, Pritchard RH, Wertz-Lutz AE, Blair AD. The influence of maternal energy status during mid-gestation on beef offspring tenderness, muscle characteristics, and gene expression. *Meat Sci* 2015;1101:201-211.
11. Mohrhauser DA, Taylor AR, Underwood KR, Pritchard RH, Wertz-Lutz AE, Blair AD. The influence of maternal energy status during midgestation on beef offspring carcass characteristics and meat quality. *J Anim Sci* 2015;93(1):786-793.
12. Mulliniks JT, Mathis CP, Cox SH, Petersen MK. Supplementation strategy during late gestation alters steer progeny health in the feedlot without affecting cow performance. *Anim Feed Sci Technol* 2013;185(1):126-132.

13. Wilson TB, Schroeder AR, Ireland FA, Faulkner DB, Shike DW. Effects of late gestation distiller's grains supplementation on fall-calving beef cow performance and steer calf growth and carcass characteristics. *J Anim Sci* 2015;93(1):4843-4851.
14. Wilson TB, Faulkner DB, Shike DW. Influence of prepartum dietary on beef cow performance and calf growth and carcass characteristics. *Livest Sci* 2016;184(1):21-27.
15. Rodrigues LS. Nutrição no terço final da gestação: eficiência produtiva da vaca e desempenho da progênie até os doze meses de idade. [doctoral thesis]. Brazil, RS: Universidade Federal de Santa Maria; 2019.
16. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020.
17. Schwarzer G. Meta: General package for meta-analysis. 2016. <https://cran.r-project.org/web/packages/meta/index.html>, Accessed 15 July, 2020.
18. Egger M, Smith GD, Schneider M, Minder C. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ* 1997;315(1):629-634.
19. Appuhamy JADRN, Strathe AB, Jayasundara S, Dijkstra J, France J, Kebreab E. Anti-methanogenic effects of monensin in dairy and beef cattle: A meta-analysis. *J Dairy Sci* 2013;96(8):5161-5173.
20. Lean IJ, Rabiee AR, Duffield TF, Dohoo IR. Invited review: Use of meta-analysis in animal health and reproduction: Methods and applications. *J Dairy Sci* 2009;92(8):3545-3565.
21. Lean IJ, Thompson JM, Dunshea FR. A meta-analysis of zilpaterol and ractopamine effects on feedlot performance, carcass traits and shear strength of meat in cattle. *PLoS One* 2014;9(12):1-28.
22. Higgins JPT, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG. Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ* 2003;327:557-560.
23. Tsuneda PP, Hatamoto ZLK, Duarte Júnior MF, Silva LES, Delbem RA, Motheo TF. Efeitos da nutrição materna sobre o desenvolvimento e performance reprodutiva da prole de ruminantes. *Invest* 2017;16(1):56-61.
24. Rodrigues LS, Moura AF, Alves Filho DC, Brondani IL, Klein JL, Adams SM, Cocco JM, Pereira LB. Análise dos componentes principais da variação de peso da vaca durante a gestação na programação fetal em fêmeas. *Res Soc Dev* 2021;10(2):1-14.
25. Zhu MJ, Ford SP, Means WJ, Hess BW, Nathanielsz PW, Du M. Maternal nutrient restriction affects properties of skeletal muscle in offspring. *J Physiol* 2006;575(1):241-250.

26. Du M, Huang Y, Das AK, Duarte MS, Dodson MV, Zhu MJ. Manipulating mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize performance and carcass value of beef cattle. *J Anim Sci* 2013;91(1):1419-1427.
27. Ramírez M, Testa LM, Valiente SL, La Torre E, Long NM, Rodriguez AM, Pavan H, Maresca S. Maternal energy status during late gestation: Effects on growth performance, carcass characteristics and meat quality of steers progeny. *Meat Sci* 2020;164(1):1-7.
28. Bell AW, Greenwood PL. Prenatal origins of postnatal variation in growth, development and productivity of ruminants. *Anim Prod Sci* 2016;56(8):1217–1232.
29. Bauman DE, Currie B. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis e homeorhesis. *J Dairy Sci* 1980;63(9):1514-1529.
30. Brameld JM, Greenwood PL, Bell AW. Biological mechanisms of fetal development relating to postnatal growth, efficiency and carcass characteristics in ruminants, in: Greenwood PL, *et al*, editors. *Managing the prenatal environment to enhance livestock productivity*. Dordrecht: Springer Science and Business Media 2010;93-120.