

EFECTO DE LA RESTRICCIÓN PROTEICA DE LAS VACAS ANGUS DURANTE LA GESTACIÓN TARDÍA: RENDIMIENTO REPRODUCTIVO POSTERIOR Y PRODUCCIÓN DE LECHE.

S. López Valiente¹, S. Maresca¹, A. M. Rodríguez¹, R. A. Palladino^{2,3}
I. M. Lacau-Mengido⁴, N. M. Long⁵, G. Quintans⁶

RESUMEN

En el presente trabajo se estudió el efecto del nivel de proteína cruda (PC) suministrado durante la gestación tardía sobre el rendimiento reproductivo y la producción de leche en vacas multíparas. Se utilizaron 68 vacas Angus preñadas. A 121 días antes del parto, las vacas fueron bloqueadas por PV (409 ± 57 kg) y la fecha de parto esperada, asignadas aleatoriamente a una dieta baja en proteínas (LP = 6% PC) o alta en proteínas (HP = 12% PC); y asignadas a 12 corrales por tratamiento. Después del parto, todas las vacas fueron manejadas en un solo grupo hasta el destete. El peso vivo y la condición corporal se determinaron al comienzo del experimento, al parto y al destete. La progesterona se cuantificó semanalmente para indicar la actividad lútea y estimar el intervalo al primer estro. La producción de leche se estimó hasta el destete. Las vacas HP tuvieron mayor ganancia de peso vivo durante el período previo al parto ($P < 0,01$) y tendieron a ganar más CC ($P = 0,06$) que las vacas LP. La dieta preparto no afectó la duración de la gestación ($P = 0,44$) o el intervalo desde el parto hasta el inicio de la actividad lútea ($P = 0,35$). Las tasas de preñez, calidad de la leche y la producción no fueron influenciadas por los tratamientos de alimentación. En conclusión, el nivel de proteína preparto en vacas para carne multíparas afectó el cambio de peso

vivo al parto, sin consecuencias sobre el rendimiento reproductivo, producción y calidad de la leche.

Palabras clave: vaca multípara, restricción proteica, gestación tardía, producción de leche, reproducción.

ABSTRACT

The effect of level of CP fed during late gestation on reproductive performance and milk production was studied in multiparous cows. Sixty-eight pregnant Angus cows were used. At 121 d prepartum, cows were blocked by BW (409 ± 57 kg) and expected calving date, randomly assigned to a low-protein (LP = 6% CP) or high-protein diet (HP = 12% CP), and allocated to 12 pens per treatment. After parturition, all cows were managed in a single group until weaning. Body weight and BCS were determined at the start of the experiment, at calving, and at weaning. Progesterone was quantified weekly to indicate luteal activity and estimate interval to first estrus. Milk production was measured until weaning. The HP cows had greater BW gain during the prepartum period ($P < 0.01$) and tended to gain more BCS ($P = 0.06$) than LP cows. The prepartum diet did not affect gestation length ($P = 0.44$) or interval from calving to the onset of luteal activity ($P = 0.35$). Pregnancy rates, milk quality, and production were not

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Cuenca del Salado, Argentina.

² Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina

³ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Buenos Aires, Argentina

⁴ Laboratorio de Regulación Hipofisaria, Instituto de Biología y Medicina Experimental (CONICET), Buenos Aires, Argentina

⁵ Departamento de Ciencias Animales y Veterinarias, Universidad de Clemson, Carolina del Sur, Estados Unidos de América.

⁶ Programa Nacional de Investigación en Producción de Carne y Lana, INIA Treinta y Tres, Uruguay.

influenced by dietary treatments. In conclusion, protein level prepartum in multiparous beef cows affected the BW change at calving, without consequences on reproductive performance and milk quality and yield.

Keywords: multiparous cow, protein undernutrition, late gestation, milk production, reproduction.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de cría bovina en Argentina se manejan bajo condiciones de pastoreo extensivos. La calidad de los forrajes a menudo es deficiente (Sala *et al.*, 1981), particularmente en invierno, lo que lleva a las vacas de servicios de primavera a tener períodos de desnutrición durante la segunda mitad de la gestación. Se ha demostrado que la suplementación de proteínas durante la gestación tardía conduce a cambios positivos de peso vivo y estado corporal en vacas y vaquillonas (Stalker *et al.*, 2006; Wilson *et al.*, 2015a, b). La nutrición durante el período preparto es uno de los factores más importantes que afectan la duración de anestro posparto y las tasas de preñez posteriores en vacas de carne (Wettemann *et al.*, 2003). Por ejemplo, las dietas bajas en proteína cruda 150 días antes del parto hasta 40 días después del parto afectaron negativamente el rendimiento reproductivo en vaquillonas (Sasser *et al.*, 1988). Estudios previos en ganado lechero han demostrado que el estado corporal al parto y durante la lactancia temprana están asociados con la calidad de la leche (Roche *et al.*, 2007), pero esta respuesta no parece ser similar en las vacas para carne, aunque hay poca investigación en dicho tipo de ganado (Corah *et al.*, 1975). Lake *et al.* (2005) apoyaron el concepto de que la respuesta de la leche en las vacas de carne es diferente a la de las vacas lecheras. El objetivo de este experimento fue determinar el efecto del nivel de nutrición de proteínas durante los últimos 120 días antes del parto en el peso vivo y estado corporal, producción y composición de leche, rendimiento reproductivo y metabolitos sanguíneos y concentraciones

hormonales en vacas Angus maduras durante los últimos 4 meses de gestación hasta 6 meses después del parto. La hipótesis de este experimento fue que una reducción del 35% de la proteína cruda del requerimiento en la dieta de las vacas antes del parto disminuirá el peso vivo y estado corporal y conduce a alteraciones en la producción de leche y reproducción postnatal en comparación con vacas no restringidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Campo Experimental de la Cuenca del Salado INTA (Buenos Aires, Argentina: 37 ° 05'S 57 ° 52'O). Todos los procedimientos fueron aprobados por CICUAE INTA-CERBAS n° 87 (Comité Institucional de Atención y Uso de animales experimentales de la región sur de Buenos Aires) Buenos Aires, Argentina. Sesenta y ocho vacas Angus múltiparas (peso inicial de 409 ± 57 kg) que acababan de parir a fines del invierno o principios de la primavera, se sincronizaron para una inseminación artificial (IA) a tiempo fijo utilizando semen de un solo padre Angus. Quince días después de la IA, se usó un solo toro Angus para un período de monta natural de 15 días. Treinta días después del final del período de reproducción natural, se determinó la edad gestacional mediante ecografía transrectal. Las vacas fueron manejadas en pasturas de festuca durante la gestación temprana a media. A 121 días antes del parto, las vacas fueron bloqueadas por peso vivo y la fecha esperada de parto y asignadas aleatoriamente a una dieta baja en proteínas (6% proteína cruda en base a MS; LP) o alta en proteínas (12% proteína cruda en base a MS; HP). Las vacas fueron asignadas a 24 corrales (12 corrales por tratamiento) a una tasa de 2 o 3 vacas por corral. Las vacas fueron alimentadas para cumplir con el 100% de sus requerimientos de EM (NRC, 2000). Las raciones se suministraron como TMR diariamente a las 09:00 horas. Después del parto, todas las vacas fueron manejadas en un solo grupo y pastorearon avena y pasturas cultivadas hasta el destete. Noventa y

dos días después del parto, 51 vacas fueron sometidas a IA utilizando el protocolo de sincronización. Quince días después del final de la IA, todas las vacas fueron expuestas a toros fértiles en una proporción de aproximadamente 1 toro por 30 vacas durante 90 días. La tasa de preñez de la IATF y del servicio natural se determinó mediante ecografía transrectal 28 días después del final del servicio natural. El peso vivo y estado corporal (CC, 1 = demacrado a 9 = obeso; Wagner *et al.*, 1988) se registraron en el momento de la asignación del grupo, al momento del parto (menos de 12 h después del parto) y al destete. La duración de la gestación se determinó solo en vacas preñadas de IA (LP: 18 vacas, HP: 17 vacas). La producción de leche se registró en la misma vaca por corral en los días 20, 34, 47, 75, 103, 135, 165 y 221 ($\pm 10,9$) posparto. A las 12:00 horas, las vacas se separaron de los terneros y cada vaca se inyectó por vía intramuscular con 10 unidades internacionales de oxitocina (Over, San Vicente, Estado de Santa Fe, Argentina) para facilitar la bajada de la leche. Las vacas fueron ordeñadas usando una máquina de ordeño portátil 5 minutos después de la inyección. A los terneros se les colocaron tablillas nasales para evitar la succión y se quedaron con sus madres en el mismo potrero. Al día siguiente, aproximadamente a las 06:00 horas, las vacas fueron ordeñadas nuevamente utilizando el protocolo descrito por Quintans *et al.* (2010) La producción de leche se midió durante la lactancia utilizando un medidor de leche en línea (TrueTest, Auckland, Nueva Zelanda) y se recolectaron muestras para evaluar proteínas, grasas, lactosa, sólidos totales (IDF 141C: 2000 Bentley Instruments, Chaska, MN) y urea (Chemspec 150, Bentley Instruments). Se obtuvieron curvas de lactancia individuales para cada vaca por ecuación cuadrática, la semana de máximo rendimiento y persistencia de la lactancia (g / d), que se definió como el cambio diario promedio lineal en la producción de leche (g / d) entre la lactancia máxima y el destete (Jenkins *et al.*, 2000). Semanalmente se recolectaron muestras sanguíneas desde el parto hasta 130 días

después del parto para determinar las concentraciones de progesterona. Se consideró que el inicio de la actividad lútea ovárica se produjo en la primera de las 2 fechas de concentración de progesterona ≥ 1 ng / ml. La progesterona se determinó mediante inmunoensayo enzimático quimioluminiscente (IMMULITE 2000, Siemens Healthcare GmbH, Erlangen, Alemania), y el CV intra e interensayo fue inferior al 7 y al 9,5%, respectivamente.

El arreglo experimental fue un diseño de bloques completos al azar, donde las vacas fueron bloqueadas de acuerdo con el peso vivo y la fecha esperada de parto. Para todos los datos, el corral se consideró la unidad experimental. Todos los análisis de datos se realizaron usando los procedimientos lineales mixtos del software SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC), donde el tratamiento y el bloque fueron el efecto fijo y el efecto aleatorio anidado en el bloque. Para el contenido de proteínas, grasas, urea, sólidos totales y lactosa en la leche se utilizó un procedimiento MIXED de SAS utilizando medidas repetidas. Los modelos incluyeron los efectos del tratamiento, la fecha de preñez (IA o toros), el tiempo de medición y las interacciones. La tasa de preñez a IA y final se analizaron mediante la prueba de Fisher. La significancia se declaró en $P \leq 0,05$, con una tendencia en $P \leq 0,10$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de la suplementación de PC durante la gestación tardía sobre el peso vivo y estado corporal de las vacas se presenta en la cuadro 1. Se observaron diferentes patrones en PV y CC entre vacas de ambos tratamientos durante el período preparto. Las vacas HP presentaron una mayor ganancia diaria de PV durante el período de tratamiento ($P < 0,01$) y tendieron a ganar más CC ($P = 0,06$) que las vacas LP. La cantidad de proteína durante el período preparto no afectó el cambio de PV y CC durante la lactancia ($P = 0,15$ y $0,17$; respectivamente). Las vacas alimentadas con el nivel de proteína más alto ganaron

casi 19 kg desde el inicio de los tratamientos hasta el parto, mientras que las vacas alimentadas con la dieta de nivel más bajo de proteína perdieron 3 kg durante el mismo período. El suministro de proteínas a las bacterias del rumen aumenta el rendimiento energético de las fuentes de fibra bajas en proteínas como ensilaje de maíz y, además, mejora la acumulación de nitrógeno en el cuerpo a través de una mayor síntesis de proteínas microbianas y el consiguiente aumento en el flujo de proteínas duodenales. Nuestros resultados son similares a los reportados por Stalker *et al.* (2006) y Larson *et al.* (2009), quienes repor-

taron que vacas que pastoreaban pastizales de invierno y recibieron 0,45 kg / día de un suplemento con proteína cruda al 42% eran más pesados que las vacas alimentadas con una menor cantidad de proteínas. En estos estudios, el efecto de la proteína del suplemento puede confundirse con una mayor ingesta de forraje. En nuestro caso, la mejora de la ganancia de peso corporal y estado corporal en vacas HP puede atribuirse por completo al mayor nivel de proteína consumida (62 frente a 117 g / kg), dado que el consumo de materia seca se controló durante el período experimental (7,5 kg / d).

Cuadro 1. Peso vivo y estado corporal durante el parto y posparto en vacas multíparas consumiendo dietas de bajo o alto contenido de proteína durante los 120 días previos al parto.

| | Tratamientos ¹ | | RMSE | P-valor |
|-------------------------------|---------------------------|-------|------|---------|
| | LP | HP | | |
| | Media | Media | | |
| Peso Vivo (kg) | | | | |
| Inicial | 415 | 402 | 58,1 | 0,11 |
| Parto | 411 | 423 | 55,2 | 0,23 |
| Cambio durante el tratamiento | -3 | 19 | 14,3 | <0,01 |
| Destete | 430 | 423 | 46,9 | 0,47 |
| Cambio durante la lactancia | 20 | 0 | 27,9 | 0,15 |
| Estado corporal | | | | |
| Inicial | 4,3 | 4,3 | 0,5 | 0,79 |
| Parto | 4,9 | 5,5 | 0,6 | 0,70 |
| Cambio durante el tratamiento | 0,5 | 1,0 | 0,3 | 0,06 |
| Destete | 4,9 | 4,8 | 0,5 | 0,55 |
| Cambio durante la lactancia | 0,0 | -0,4 | 0,5 | 0,17 |

¹LP = Baja proteína (6% PC); HP = Alta proteína (12% PC).

Cuando las vacas se suplementan con proteína cruda durante la gestación tardía, la longitud de la gestación puede disminuir. Funston *et al.* (2010) y Stalker *et al.* (2006) señalaron que las vacas suplementadas con proteína tenían crías que nacieron 3 o 4 días antes que sus contrapartes sin suplementar. Esto podría atribuirse a un aumento en el desarrollo fetal durante el período de suplementación. Esto no se observó en este experimento en el que el nivel de proteína en

la dieta durante la gestación tardía no afectó ($P = 0,44$) la duración de la gestación de las vacas en diferentes niveles nutricionales. Similar a nuestro resultado, Amanlou *et al.*, (2011) y Van Emon *et al.*, (2014) informaron que la duración de la gestación no se vio alterada por la suplementación de proteína en las ovejas durante la gestación tardía. Las medias de los parámetros reproductivos se presentan en el cuadro 2. La nutrición con proteína antes del parto no influyó ($P = 0,35$)

en los días desde el parto hasta el inicio de la actividad lútea ovárica. Además, la cantidad de proteína preparto no afectó la tasa de inicio de la preñez por IA (48,9%, $P = 0,41$) ni la tasa de preñez final (94,7%, $P = 0,48$). Se ha demostrado que el estado corporal en el parto afecta las tasas de preñez posteriores y el intervalo desde el parto hasta el reinicio de la actividad lútea (Wettemann *et al.*, 2003). Richards *et al.*, (1986), usando una escala de estado corporal de 1 a 9, encontraron que las vacas con un estado corporal de 5 o más en el momento del parto quedan preñadas antes que las vacas con estado corporal de 4. En nuestro experimento, el estado corporal tendió a cambiar debido al tratamiento, pero no hubo diferencias en el porcentaje de preñez, ni en el intervalo al primer estro cuando las vacas fueron alimentadas con diferentes niveles de proteína durante la gestación tardía. Esto probablemente se deba a que las vacas en ambos tratamientos parieron con un estado corporal cercano a 5 o más y fueron vacas maduras múltiparas. Estos resultados están de acuerdo con otros autores que no encontraron ningún efecto de las dietas preparto sobre el rendimiento reproductivo, con vacas paridas con un estado corporal de 5 o más (Stalker *et al.*, 2006; Larson *et al.*, 2009; Radunz *et al.*, 2010; Wilson *et al.*, 2015a, b).

La respuesta en producción y calidad de leche se presenta en el cuadro 3. Las vacas que recibieron la dieta HP durante los últimos 4 meses de gestación tuvieron una producción diaria de leche y una producción total ajustada a 210 días similar a la de las vacas LP ($P = 0,30$ y $P = 0,77$; respectivamente). Al igual que la producción máxima y la semana de producción máxima que fueron similares para las vacas en ambos tratamientos ($P = 0,38$ y $P = 0,92$; respectivamente). La persistencia de la lactancia fue similar para vacas LP y HP ($P = 0,93$). De hecho, la curva de leche fue similar para las vacas en ambos tratamientos ($P > 0,65$). La composición de la leche, grasa, proteína, urea, lactosa y sólidos totales no se vio afectada por el tratamiento nutricional durante el ensayo ($P \geq 0,12$). Múltiples estudios han evaluado el

efecto de la nutrición durante la gestación en el rendimiento reproductivo de las vacas de carne. Sin embargo, pocos han investigado los efectos de la nutrición durante la gestación en la producción y calidad de la leche, y aún menos han trabajado con la nutrición proteica. La producción de leche puede verse afectada por la nutrición durante la gestación tardía, el estado corporal al parto y la nutrición posparto. Un aumento de la ingesta de proteínas antes del parto se ha asociado con una respuesta diferencial en términos de producción y calidad de leche en el ganado lechero (Chew *et al.*, 1984; Bell *et al.*, 2000; Park *et al.*, 2002; Kokkonen, 2014). Sin embargo, una respuesta similar no parece ocurrir en vacas de carne como se observó en nuestro experimento. Esto está de acuerdo con Larson *et al.* (2009), quienes no encontraron diferencias en la producción de leche cuando las vacas de carne fueron suplementadas con 0,45 kg / d de un núcleo de 42% de PC durante la gestación tardía. El puntaje de condición corporal alcanzado al parto en este experimento con vacas de carne podría explicar las diferencias encontradas con los estudios de vacas lecheras. La asociación entre el estado corporal al parto y la producción y calidad de leche ha sido ampliamente estudiada en vacas lecheras. Varios estudios han demostrado que esta asociación no es lineal (Roche *et al.*, 2007). Por otro lado, Lake *et al.* (2005) y Radunz *et al.* (2010) observaron una producción de leche similar en vacas de carne con estados corporales de bajo a moderado en el parto. Sin embargo, Quintans *et al.* (2010) encontraron que las vacas con estado corporal moderado (4,8; escala de 1 a 8 unidades) produjeron más leche que las vacas con estados bajos (3,9), posiblemente debido al hecho de que las vacas se manejaron por separado para mantener las diferencias en estado corporal hasta el destete. La falta de resultados consistentes de leche en el ganado de carne podría deberse a la falta de selección genética para movilizar reservas para la producción de leche que se observan en el ganado lechero moderno. Se ha demostrado previamente en vacas lecheras que las diferencias en los niveles de proteína preparto más bajos que nuestro experimento han

resultado en diferencias en la producción de leche (Chew *et al.*, 1984). El nivel de proteína posparto puede negar los efectos de la restricción de proteína preparto. Bell *et al.* (2000) concluyeron que las dietas relativamente altas en proteínas durante la lactancia pueden

enmascarar el efecto de dietas insuficientes en proteínas antes del parto. Los altos niveles de PC en el forraje consumido durante la lactancia temprana en este experimento (PC de 16,3%) podrían haber mitigado los efectos del nivel nutricional preparto.

Cuadro 2. Producción y calidad de leche en vacas multíparas consumiendo dietas de bajo o alto contenido de proteína durante los 120 días previos al parto.

| | Tratamiento preparto ¹ | | RMSE | Trat. | Período | Trat. x período |
|-------------------------------|-----------------------------------|-------|------|-------|---------|-----------------|
| | LP | HP | | | | |
| | Media | Media | | | | |
| Producción de leche (kg/día) | 5,7 | 5,3 | 1,33 | 0,30 | - | - |
| PL 210d (kg) ² | 1 162 | 1 130 | 1,16 | 0,77 | - | - |
| Pico de producción (kg) | 6,5 | 6,1 | 0,87 | 0,38 | - | - |
| Semana del pico de producción | 14,5 | 14,2 | 1,14 | 0,92 | - | - |
| Persistencia (g/día) | -22,2 | -22,6 | 1,26 | 0,93 | - | - |
| Grasa (%) | 2,8 | 2,6 | 0,61 | 0,31 | <0,001 | 0,15 |
| Proteína (%) | 3,4 | 3,3 | 0,11 | 0,12 | <0,001 | 0,82 |
| Urea (%) | 11,2 | 11,0 | 1,43 | 0,33 | <0,001 | 0,91 |
| Lactosa (%) | 4,9 | 4,9 | 0,16 | 0,92 | <0,001 | 0,33 |
| Sólidos Totales (%) | 12,0 | 11,8 | 1,12 | 0,16 | <0,01 | 0,15 |

¹ LP = baja proteína (6%PC); HP = alta proteína (12%PC).

² PL210d= Producción total ajustada a los 210 días.

En conclusión, la restricción de proteínas durante la gestación tardía no afectó el rendimiento reproductivo posterior y la producción y calidad de la leche. Nuestros resultados indican que no hay disminución en la producción cuando las vacas tienen una restricción moderada de proteínas (36%) durante el último trimestre de gestación, siempre que la energía en la dieta no sea limitante. Si las

vacas hubieran comenzado con un estado corporal más bajo o tenido una mayor capacidad de ordeño, los resultados de este experimento podrían haber sido diferentes. Sin embargo, se necesita más investigación para comprender mejor el efecto de la restricción de proteínas antes del parto en vacas de carne y su interacción con la dieta posparto en condiciones de pastoreo.

BIBLIOGRAFÍA

- Amanlou, H.; Karimi, A.; Mahjoubi, E.; Milis, C.** 2011. Effects of supplementation with digestible undegradable protein in late pregnancy on ewe colostrums production and lamb output to weaning. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 95(5):616–622. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2010.01092.x>
- Bell, A. W.; Burhans, W. S.; Overton, T. R.** 2000. Protein nutrition in late pregnancy, maternal protein reserves and lactation performance in dairy cows. *Proceedings of the Nutrition Society*, 59(1): 119–126. doi: <https://doi.org/10.1017/S0029665100000148>
- Chew, B. P.; Murdock, F. R.; Riley, R. E.; Hillers, J. K.** 1984. Influence of prepartum dietary crude protein on growth hormone, insulin, *Reproduction* and lactation of Dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 67(2):270–275. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81299-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81299-0)
- Corah, L. R.; Dunn, T. G.; Kaltenbach, C. C.** 1975. Influence of prepartum nutrition on the reproductive performance of beef females and the performance of their progeny. *Journal of Animal Science*, 41(3):819–824. doi: <https://doi.org/10.2527/jas1975.413819x>
- Funston, R. N.; Martin, J. L.; Adams, D. C.; Larson, D. M.** 2010. Winter grazing and supplementation of beef cows during late gestation influence heifer progeny. *Journal of Animal Science*, 88(12):4094–4101. doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3039>
- Jenkins, T. G.; Ferrell, C. L.; Roberts, A. J.** 2000. Lactation and calf weight traits of mature cross bred cows fed varying daily levels of metabolizable energy. *Journal of Animal Science*, 78(1):7–14. doi: <https://doi.org/10.2527/2000.7817>
- Kokkonen, T.** 2014. Investigation of sources of variation in the effect of prepartum protein supplementation on early lactation performance of dairy cows. *Livestock Science*, 163:41–50. doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.02.008>
- Lake, S. L.; Scholljegerdes, E.J.; Atkinson, R.L.; Nayigihugu, V.; Paisley, S.I.; Rule, D.C.; Moss, G.E.; Robinson, T.J.; Hess B.W.** 2005. Body condition score at parturition and postpartum supplemental fat effects on cows and calf performance. *Journal of Animal Science*, 83(12): 2908–2917. doi: <https://doi.org/10.2527/2005.83122908x>
- Larson, D. M.; Martin, J. L.; Adams, D. C.; Funston, R. N.** 2009. Winter grazing system and supplementation during late gestation influence performance of beef cows and steer progeny. *Journal of Animal Science*, 87(3):1147–1155. doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1323>
- National Research Council.** 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition: Update 2000. Washington, DC: The National Academies Press. doi: <https://doi.org/10.17226/9791>.
- Park, A. F.; Shirley, J.E.; Titgemeyer, E.C.; Meyer, M.J.; Van-Baale, M.J.; VandeHaar, M.J.** 2002. Effect of protein level in prepartum diets on metabolism and performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85(7):1815–1828. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74256-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74256-2)
- Quintans, G.; Banchero, G.; Carriquiry, M.; López-Mazz, C.; Baldi, F.** 2010. Effects of body condition and suckling restriction with and without presence of the calf on cow and calf performance. *Animal Production Science*, 50(10):931–938. doi: <https://doi.org/10.1071/AN10021>
- Radunz, A. E.; Fluharty, F. L.; Day, M. L.; Zerbe, H. N.; Loerch, S. C.** 2010. Prepartum dietary energy source fed to beef cows: I. Effects on pre- and postpartum cow performance. *Journal of Animal Science*, 88(8): 2717–2728. doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2744>

Richards, M. W.; Spitzer, J.C.; Warner, M.B. 1986. Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 62(2):300–306. doi: <https://doi.org/10.2527/jas1986.622300x>

Roche, J. R.; Lee, J. M.; Macdonald, K. A.; Berry, D. P. 2007. Relationships among body condition score, body weight, and milk production variables in pasture-based dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(8):3802–3815. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2006-740>

Sala, O.; Deregibus, V. A.; Schlichter, T.; Alippe, H. 1981. Productivity dynamics of a native grassland in Argentina. *Journal of Range Management*, 34(1):48–51.

Sasser, R. G.; Williams, R. J.; Bull, R. C.; Ruder, C. A.; Falk, D. G. 1988. Postpartum reproductive performance in crude protein restricted beef cows: Return to estrus and conception. *Journal of Animal Science*, 66(12):3033–3039. doi: <https://doi.org/10.2527/jas1988.66123033x>

Stalker, L. A.; Adams, D. C.; Klopfenstein, T. J.; Feuz, D. M.; Funston, R. N. 2006. Effects of pre- and postpartum nutrition on *Reproduction* in spring calving cows and calf feedlot performance. *Journal of Animal Science*, 84(9):2582–2589. doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2005-640>

Van Emon, M. L.; Schauer, C. S.; Lekatz, L. A.; Eckerman, S. R.; Maddock-Carlin, K.; Vonnahme, K. A. 2014. Supplementing metabolizable protein to ewes during late gestation: I. Effects on ewe performance and offspring performance from birth to weaning. *Journal of Animal Science*, 92(1):339–348. doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6851>

Wettemann, R. P.; Lents, C. A.; Ciccioli, N. H.; White, F. J.; Rubio, I. 2003. Nutritional- and suckling-mediated anovulation in beef cows. *Journal of Animal Science*, 81(Suppl. 2):E48–E59.

Wilson, T. B.; Faulkner, D. B.; Shike, D. W. 2015a. Influence of late gestation drylot rations differing in protein degradability and fat content on beef cow and subsequent calf performance. *Journal of Animal Science*, 93(12):5819–5828. doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8805>

Wilson, T. B.; Schroeder, A. R.; Ireland, F. A.; Faulkner, D. B.; Shike, D. W. 2015b. Effects of late gestation distillers grains supplementation on fall-calving beef cow performance and steer calf growth and carcass characteristics. *Journal of Animal Science*, 93(10):4843–4851. doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9228>