

Nutrición de precisión en la vaca de cría

Precision nutrition of beef breeding cows

Laura Macor¹, Oscar Bocco¹, Johana Giovini¹, Virginia Sagardoy¹

1- Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Palabras claves

Programación fetal
último tercio de gestación
performance animal
nutrición proteica
eficiencia productiva

RESUMEN. Culturalmente la nutrición en las vacas de cría no suele ser un aspecto relevante a considerar para los planteos ganaderos y es poco el conocimiento que tienen los sistemas acerca del impacto que tiene la misma en la performance de los futuros terneros. La programación fetal produce efectos directos en el desarrollo fetal del ternero dentro del útero materno alterando de manera persistente su vida. Se ha comprobado que una mala nutrición, especialmente proteica, durante el último tercio de la gestación impacta sobre el número total de fibras musculares en la progenie, el peso al nacimiento y peso final de los mismos, afectando no solo el crecimiento del músculo y rendimiento de la carcasa de terneros destinados para carne, sino también la performance reproductiva de vaquillonas para reposición. A su vez el exceso de proteína durante este estadio de gestación no ha provocado cambios negativos ni positivos en el crecimiento y desarrollo de los terneros hijos de madres alimentadas bajo esta condición. Se ha demostrado a través de diferentes investigaciones que la nutrición del animal comienza durante la gestación repercutiendo directamente en la futura performance productiva y reproductiva de los bovinos, conociendo esto y a través de nuevos estudios y experiencias venideras se podrán diseñar prácticas de manejo precisas sobre la nutrición de la hembra gestante para promover una mayor eficiencia productiva del ganado de carne.



Esta obra está bajo licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0
Internacional http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es_AR

Cómo citar este artículo: Macor, L., Bocco, O., Giovini, J., Sagardoy, V. (2020). Nutrición de precisión en la vaca de cría. Revista FAV-UNRC *Ab Intus* 6(3): 86-93

Artículo recibido: 17/3/2020 . Artículo aceptado: 16/12/2020

***Autor para correspondencia:** Laura Macor. Ruta Nacional 36, Km. 601, 5804 Río Cuarto, Córdoba, Argentina; E MAIL Imacor@ayv.unrc.edu.ar

Keywords

Fetal programming
last third of gestation
animal performance
protein nutrition
productive efficiency

ABSTRACT. Culturally, nutrition in breeding cows is not usually an aspect to consider for livestock raising and there is little knowledge that systems have about the impact that it has on the performance of future calves. Fetal programming produces direct effects on the fetal development of the calf within the maternal womb, persistently altering its life. It has been proven that poor nutrition, especially protein, during the last third of pregnancy impacts on the total number of muscle fibers in the progeny, birth weight and final weight, affecting not only muscle growth and performance of the casing of calves destined for meat, but also the reproductive performance of heifers for replacement. In turn, the excess of protein during this stage of gestation has not caused negative or positive changes in the growth and development of calves born to mothers fed under this condition. It has been shown through different research that animal nutrition begins during pregnancy with a direct impact on the future productive and reproductive performance of cattle, knowing this and through new studies and future experiences can design precise management practices on nutrition of pregnant women to promote greater productive efficiency of beef cattle.

INTRODUCCIÓN

Si bien la cría es el inicio de la cadena de producción de carne, en general, el impacto de la nutrición de las madres durante la gestación sobre el crecimiento y desarrollo de los terneros se minimiza en los planteos ganaderos. La vaca de cría tradicionalmente está definida como un animal de bajos requerimientos, y típicamente se escucha decir que “se puede alimentar con cualquier cosa”. Esta expresión deriva de la interpretación que la vaca de cría tiene una muy alta variabilidad de sus demandas, expresadas tanto en proteína como en concentración energética de la dieta, y que su capacidad de consumo realmente es muy alta frente a las demandas que posee (Aello, y Burges, 2009a y 2009b; Bailleres, 2013).

Es común que la nutrición de las vacas reciba poca atención, especialmente en zonas donde se utilizan básicamente recursos naturales, residuos de cosecha gruesa, diferido de campo natural de otoño o bien verdes diferidos de verano, como sorgo. De esta manera se hacen coincidir las etapas de mayores requerimientos de las vacas con la de mayor cantidad de oferta forrajera (Carrillo, 2007; Aello y Burges, 2009b)

Dentro de los sistemas de cría tradicionales, luego del destete, los requerimientos de las vacas dis-

minuyen, por lo que son alimentadas con recursos en donde la cantidad y calidad de alimento que reciben no cubre con los requerimientos de una vaca en la etapa de la gestación. Ese periodo normalmente se superpone con meses de escasa disponibilidad forrajera en pie, y es común que sea el momento donde la nutrición de la vaca depende en su mayor parte de sus reservas corporales. El último tercio de la gestación, entonces, coincide con dietas de baja cantidad de proteína bruta y digestibilidad lo que deriva en un balance energético negativo (Aello y Burges, 2009b).

Maresca *et al.* (2014) en un estudio realizado sobre 83 establecimientos durante 5 años en la Cuenca del Salado reveló que el 53% de las vacas llegan al parto flacas, con estado corporal inferior a 3 en la escala de 1 a 5. Incluso, en algunos sistemas se realiza como práctica habitual de manejo la restricción nutricional de vientres durante el otoño – invierno (Fernández Mayer, 2018).

Dunn y Kaltenbach (1980) concluyeron que una pérdida de peso corporal durante la gestación, determinó que el 91% de las vacas multíparas y el 64% de las primíparas regresaría al estro a los 60 días del posparto. Dado que las vacas deben concebir dentro de 80 días posparto para mantener un intervalo entre partos de 365 días la reducción del intervalo par-

to-primer celo es un factor crítico para determinar la eficiencia reproductiva y rentabilidad, así como la reducción de las tasas de preñez (Selk *et al.*, 1988, Short & Bellows, 1990; Dunn & Kaltenbach, 1980).

La nutrición de la vaca de cría, se basa en estas premisas enfocadas en la eficiencia reproductiva. Es necesario agregar que en muchos sistemas las mismas no se cumplen, pudiéndose observar esto en los bajos porcentajes de preñez y destete en nuestro país.

Investigaciones recientes demostraron que la nutrición de la madre en el período mencionado afecta además, el desarrollo fetal y condiciona la performance productiva adulta del individuo por nacer (Martín *et al.*, 2007; Radunz, 2009; Du *et al.*, 2009; Larson, 2009; Funston *et al.*, 2010; Underwood *et al.*, 2010; Reynolds y Caton, 2012; Scheffler *et al.*, 2014.). El mecanismo que genera estos efectos, se ha denominado programación fetal (Barker *et al.*, 1992; 2004).

PROGRAMACIÓN FETAL

El mecanismo de programación fetal se define como la respuesta a un evento específico ocurrido durante un período crítico del desarrollo fetal que altera el mismo de manera cualitativa, cuantitativa o ambas, produciendo efectos persistentes en la vida del animal (Nathanielsz *et al.*, 2007). Este mecanismo se ha asociado, a su vez, a cambios epigenéticos que inducen la nutrición materna, que alteran la expresión génica fetal, que pueden ser permanentes y heredables. Inicialmente estos estudios se realizaron en humanos (Barker *et al.*, 1993) y posteriormente en animales, centrados principalmente en determinar las implicancias a largo plazo en la rentabilidad de los sistemas productivos actuales (Gicquel *et al.*, 2008; Du *et al.*, 2009; Du *et al.*, 2010; Lan, *et al.*, 2013).

La mal nutrición y otros factores adversos de la madre afectarían la expresión de los genes, modulando de forma negativa, diferentes aspectos del desarrollo fetal, que dependen del momento de la preñez en que ocurre la restricción. Reed y Govoni (2017) identificaron además, modificaciones en las funciones de células madres en la descendencia como resultado de una pobre nutrición materna.

Recientemente (Du *et al.*, 2017; Greenwood *et al.*, 2017) determinaron diferentes alteraciones me-

tabólicas y de composición corporal en diferentes puntos de la curva de crecimiento postnatal como producto del mecanismo de programación fetal. Para Caton *et al.*, (2018) los mismos podrían estar relacionados con cambios producidos sobre los requerimientos energéticos de la progenie.

NUTRICIÓN PROTEICA DURANTE EL ÚLTIMO TERCIO DE LA GESTACIÓN

Existen tres etapas clave durante la gestación, en las cuales las restricciones severas en la nutrición de la madre impactarán sobre el número total de fibras musculares de la progenie (miogénesis primaria y secundaria, durante primer y segundo tercio de gestación). Desde los 2 a 8 meses de gestación se forman la mayoría de las fibras musculares, miogénesis secundaria. Una reducción del número de fibras musculares durante este período por causa de una subnutrición materna, puede traer una consecuencia irreversible en la descendencia (Du *et al.*, 2010). En el último tercio de la gestación se produce hipertrofia de esas fibras musculares y la deposición de preadipocitos dentro de ellas como promotores de la grasa intramuscular. La nutrición fetal determina el desarrollo muscular durante la vida adulta ya que el número de fibras musculares no se incrementa después del nacimiento. En resumen, la restricción nutricional durante la gestación, puede resultar en un reducido número de fibras musculares y reducida masa muscular impactando en la performance animal (Du *et al.*, 2010).

Summers *et al.*, (2011), evaluaron dos niveles de suplementación en vacas gestantes, con burlanda como fuente proteica, uno de alta suplementación proteica (AP) y otro de baja suplementación proteica (BP). La diferencia en el aporte total de la suplementación proteica fue un 2% más sobre los niveles basales de la dieta, los cuales dependían de la base del alimento. No se encontraron diferencias en el peso vivo al nacimiento de los terneros provenientes de las madres con distinta suplementación. Los terneros fueron llevados a un *feedlot*. En esta etapa la performance de los terneros de las madres suplementadas con AP fue mejor, lo cual dio una mayor ganancia de peso y por lo tanto mayor peso final. Este estudio se realizó durante dos años, pero en el segundo año la diferencia de performance no fue tan marcada, posiblemente debido a una mejor calidad del alimento de base de

esas vacas.

Radunz *et al.*, (2010, 2012) realizaron un estudio en el cual se alimentaron vacas en el último tercio de la gestación con tres dietas diferentes: a base de heno, maíz, y burlanda. Las dietas fueron planteadas para ser isoenergéticas según valor de tablas del NRC (2000). El peso de los terneros al nacimiento fue menor en vacas alimentadas con heno, esta diferencia se diluyó al destete, siendo los terneros nacidos de las vacas alimentadas con maíz un poco más pesados. En éste ensayo los novillos cuyas madres fueron alimentadas con heno, tenían un mayor grado de marmoleado que la progenie de las vacas alimentadas con maíz, mientras que novillos provenientes de madres alimentadas con burlanda poseían un grado intermedio.

Maresca *et al.*, (2014; 2016a) concluyeron que el nivel de proteína dietaria durante el último tercio de gestación de vacas de cría puede afectar el crecimiento fetal, con retardo en el crecimiento intrauterino y la presentación de alteraciones morfológicas asimétricas, además el peso al nacer y el peso al destete fueron un 5% y 7% menores respectivamente en comparación a hembras no restringidas. López Valiente *et al.* (2014) evaluaron la suplementación proteica con pellets de girasol en el mismo período sobre pastizal natural, y observaron efectos únicamente sobre el aumento diario del peso vivo del ternero al pie de la madre.

Maresca *et al.*, (2016b) evaluaron el efecto de dietas que diferían en el porcentaje de proteína bruta, (6% y 12%) durante el último tercio de gestación. La deficiencia de proteína en éste caso afectó el crecimiento del músculo y el rendimiento de la carcasa sin modificaciones en la deposición de grasa. El aporte reducido de proteína reduce la terneza de la carne, y además en los dos últimos períodos se altera el perfil de ácidos grasos de la progenie (Webb *et al.*, 2019)

La programación fetal puede afectar además la performance reproductiva de las hembras de reposición hijas de madres restringidas. Martin *et al.*, (2007) demostró que la suplementación proteica en vacas *Bos taurus* durante la última etapa de la preñez, aumentaba el peso al servicio, pero el peso al nacer, la tasa de preñez y el porcentaje de partos cabeza de sus hijas. Quiroga (2016) analizó resultados de tacto en vaquillonas de 15 meses (2001-2016) en la región sud oeste de Buenos Aires y estableció que

las hijas de vacas restringidas durante la gestación alcanzaron un 87 % de preñez mientras que las provenientes de vacas no restringidas un 90%.

Respecto al exceso de proteína, Wilson *et al.*, (2016) investigaron si los efectos de la ingesta excesiva de proteína no degradable en rumen en vacas preparto durante el último tercio de su gestación, provocaban algún efecto positivo sobre el peso al nacer y peso al destete en la progenie. Las dietas eran isocalóricas y proporcionaban el 100% y 125% de los requerimientos en proteína cruda para los grupos control e hiperproteico respectivamente. En este caso no observaron aumentos en el peso al nacimiento de la progenie, en concordancia con experimentos previos, donde se evaluaron diferentes fuentes de energía en la dieta (Radunz *et al.*, 2010). Tampoco se observaron diferencias en peso al destete y ganancias post destete. Cuando los terneros fueron alimentados a corral, el aumento diario de peso vivo y peso final no fueron afectados por la ingesta excesiva de proteína en el pre parto de las madres.

Por su parte Macor *et al.*, (2018), en el sud oeste de la provincia de Córdoba, evaluaron el efecto de una dieta pastoril preparto de elevado nivel proteico sobre el crecimiento de la progenie, con un aporte de proteína degradable en rumen 59% superior a los requerimientos fijados por NRC (2000) para esa categoría. Se observó una menor ganancia de peso al destete y menores ganancias diarias de peso vivo en comparación con su control (proteína bruta 10% superior a los requerimientos).

APLICACIÓN PRÁCTICA EN SISTEMAS DEL CENTRO DEL PAÍS

Los principales costos económicos de la cadena de la carne están asociados a la eficiencia reproductiva y el porcentaje de destete. El manejo nutricional de las hembras durante la gestación aparece entonces como una alternativa para mejorar la productividad, eficiencia y rentabilidad de los sistemas (Greenwood *et al.*, 2017). Las decisiones sobre la alimentación de la vaca de cría durante la gestación, se toman en un momento lejano al de la venta de la carne, donde las diferencias en la renta como efecto de las mismas no se perciben aunque afecten la productividad y de esta manera la rentabilidad de todos los actores y la eficiencia del sistema productivo del país. A los fines de reducir estos efectos es necesario implementar

una mirada sistémica sobre la cadena de la carne, que comprenda el impacto de la nutrición proteica de la vaca de cría.

La proporción de proteína bruta requerida por la vaca de cría aumenta alrededor del 25% desde la mitad de la gestación, mientras que el consumo de materia seca aumenta un 15% siendo insuficiente en la mayoría de los casos para ingerir la proteína requerida en función de la disponibilidad de nutrientes del alimento (Martin, 2018). Si además se suma el desconocimiento que existe sobre la calidad nutricional que efectivamente consume la vaca durante su gestación y además existe una capacidad limitada de generar datos objetivos sobre el desempeño de los animales en sistemas pastoriles, principalmente en la cría (Greenwood & Bell, 2014).

La alimentación de la vaca de cría en esta región se caracteriza por una variación estacional en la calidad y cantidad de forraje, sumado al mal manejo de los pastizales naturales. La importancia de la eficiencia materna radica en que los sistemas de cría generalmente impactan sobre el 60% de los costos de la producción de carne y éstos son mayores si se considera la crianza de la hembra de reposición interna (Ferrell & Jenkins 1984). A partir de lo presentado en esta revisión, puede inferirse que el efecto no estaría limitado a los costos, y que puede afectar, además, las ganancias del sistema. En este sentido, mejorar el potencial productivo del ternero que se logra por vaca por año, implica repensar la nutrición de la vaca de cría, a partir de una mirada sistémica centrada, no solo en obtener un ternero por vaca por año, sino además que permita generar mayores eficiencias de la cadena de la carne en su conjunto. Desestimar estos aspectos de la nutrición bovina, puede generar implicancias económicas a largo plazo, incluso con implicancias sobre sanidad animal. Larson *et al.*, (2009) observaron que la proporción de animales tratado por enfermedades gastrointestinales y respiratorias fue menor en vacas que recibieron suplementos proteicos en el último tercio de la gestación.

Con el objetivo de reducir el impacto ambiental de la ganadería, es necesario garantizar la mayor eficiencia asignativa del uso de los recursos. El potencial genético de producción de carne de un individuo se puede considerar como recurso. Muchas veces se invierte en mejora genética con el objetivo de incrementar el potencial de crecimiento, resulta que, si

no se considera de manera precisa, por exceso o por defecto, la nutrición fetal puede afectarse a largo plazo la productividad de esas crías en particular, el sistema en general, y la productividad de la cadena de la carne bovina a nivel global. Hay & Roberts (2018) y Roberts (2019) demostraron que existe interacción entre el ambiente nutricional materno y los efectos genéticos maternos, principalmente en las variables peso al nacer y peso al destete.

Conjuntamente, es necesario relacionar estos mecanismos a la incorporación de material genético. La incorporación de individuos con alto potencial de crecimiento que puede incrementar indirectamente la producción de leche en la vaca de cría. Si aumenta el potencial de producción de leche de la vaca de cría, un mayor desarrollo de la glándula mamaria puede competir por los nutrientes con el feto en la última etapa de su desarrollo (Sumers & Funston, 2013). Mejorar la nutrición de la vaca durante la gestación puede favorecer el incremento del peso al destete, y peso final sin la necesidad de incorporar material genético con mayor potencial de crecimiento con el consecuente aumento de mantenimiento del plantel de hembras a largo plazo, o la necesidad de alimentación diferencial del ternero predestete. Por otra parte, en algunas cabañas donde la restricción de la vaca de cría en el último período de la gestación es una práctica común, destinada a lograr animales con bajo peso al nacer, para favorecer posteriormente su venta como reproductor. Esto no solo genera una distorsión sobre la información fenotípica disponible de los reproductores, sino que además generaría, mediante PF, un efecto negativo sobre el potencial genético de futuro reproductor, que será transmisible a su progenie.

Si bien se ha comprobado que existen efectos de PF sobre requerimientos de mantenimiento y eficiencia energética en la progenie, se requiere mayor información sobre la magnitud de los mismos y la posibilidad de predecirlos (Caton *et al.*, 2018; Galyeen, 2019). Investigación adicional en el área proporcionará información que podría conducir a prácticas de manejo diferenciales y consecuentemente mayor eficiencia.

Otro aspecto a considerar es el uso de esta técnica de manejo en momentos de emergencia, como inundaciones, sequías o incendios de las superficies pastoriles, con el objetivo de mitigar sus consecuencias a largo plazo, cuando los eventos ocurren durante la

gestación. Se ha demostrado que incluso cantidades bajas de suplemento proteico (450 gr) administrado incluso día por medio ha permitido mitigar muchos de los efectos adversos de la restricción de nutrientes durante el parto (Le Master, *et al.*, 2015).

UN CAMBIO DE PARADIGMA

Potenciar la producción de la cadena de la carne vacuna, en su conjunto haciendo foco en este fenómeno, debe plantear necesariamente un cambio de paradigma. En la mirada sistémica sobre los sistemas productivos se deben incluir decisiones de gestión que involucran predicciones sobre la rentabilidad del mismo.

Las pérdidas económicas debidas a estos efectos pueden ser complejas de registrar, como se hace por ejemplo en sistemas intensivos como sucede en un feed lot, lo mismo sucede con las mejoras en rentabilidad de la producción. Es necesario analizar económicamente el impacto de la inversión en aumentar la precisión de la alimentación de la cría, y en qué medida puede generar un impacto sobre la productividad de los sistemas a largo plazo.

El pastoreo en ambientes marginales puede minimizar los costos de producción significativamente, pero también puede afectar el mantenimiento de las vacas, el desarrollo fetal y el rendimiento futuro de la progenie. Es posible que aumentar la alimentación de la hembra para cubrir sus requerimientos no aumenten la producción al momento del parto, aunque si aumentan los costos del período. Enfocar la suplementación en períodos fisiológicos críticos aparecen como una oportunidad para reducir los costos de producción y afectar positivamente la programación del desarrollo, a partir de mejorar el uso de los nutrientes disponibles, e influir sobre la producción futura de la cadena de la carne en su conjunto (Broadhead *et al.*, 2019).

CONSIDERACIÓN FINAL

La nutrición de la vaca de cría durante la gestación, principalmente durante el último tercio, afectará de manera directa la producción de los terneros cuando ingresen en las etapas de recría y engorde. Por lo tanto, consideramos que la nutrición de la vaca de cría debe considerarse no solo como garantía de una preñez futura, sino además como un momento en

que se definirá el potencial productivo de las crías, tanto a nivel de crecimiento como reproductivo.

La nutrición de precisión en la vaca de cría es una propuesta superadora ya que no solo plantea enfocar la misma sobre la reproducción y el logro de un ternero por vaca por año sino que además busca garantizar una adecuada transferencia de nutrientes al feto y así, hacer más eficiente a producción futura.

El conocimiento de estas implicancias, como nuevas investigaciones que puedan surgir en el área, permitirán diseñar prácticas de manejo más adecuadas y por consiguiente promover una mayor eficiencia productiva del ganado de carne.

BIBLIOGRAFÍA

Aello, M. y Burges, J. (2009). ¿Cambiar la época de parición afecta la eficiencia energética de la cría? 77: 22-28.

Aello, M. y Burges, J. (2009b). Eficiencia energética de la cría vacuna. Parición de invierno versus parición de otoño. *Producir* XXI. 213: 24-32.

Bailleres, M. (2013). *Manual de Ganadería de la Cuenca del Salado*. Ed. INTA. 1ª Ed.

Barker, D. J. P. Editor. (1992). *Fetal and Infant Origins of Adult Disease*. BMJ Publishing Group, London.

Barker DJ, Gluckman PD, Godfrey KM, Harding J.E., Owens JA, Robinson JS. 1993. Fetal nutrition and cardiovascular disease in adult life. *Lancet*. 10: 938–941

Barker, D. J. P. (2004). Developmental origins of well being. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. London 359:1359- 1366.

Broadhead, Devin & Mulliniks, John & Funston, Rick. (2019). Developmental Programming in a Beef Production System. 10.1016/j.cvfa.2019.02.011.

Carrillo J. (2007). *Manejo de un rodeo de cría*. 10^{ma} edición

Caton, J. S., Crouse, M. S., Reynolds, L. P., Neville, T. L., Dahlen, C. R., Ward, A. K., & Swanson, K. C. (2018). Maternal nutrition and programming of offspring energy requirements, *Translational Animal Science* 3: 976–990.

Du, M., Tong, J., Zhao, J., Underwood, K., Zhu, M., Ford, S., Nathanielsz, P. (2009). Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. *Journal of Animal Science*, 88.

- Du, M., Yan, X., Tong, F, Zhao, J., Zhu, M. (2010). Maternal obesity, inflammation, and fetal skeletal muscle development. *Biology of Reproduction*. 82(1):4-12. doi: 10.1095/biolreprod.109.077099.
- Du, M., S. P., Ford, Zhu M. J. (2017). Optimizing livestock production efficiency through maternal nutritional management and fetal developmental programming. *Animal Frontiers*. 7:5-11. doi: 10.2527/af.2017-0122.
- Dunn, T.G., Kaltenbach, C.C. (1980). Nutrition and postpartum interval of ewe, sow, and cow. *Journal of Animal Science*. 51 (2): 29-39.
- Fernández Mayer, A. (2018). Restricción nutricional de bovinos para carne durante el otoño – invierno. Una práctica habitual que no siempre se hace bien. *Vet. Arg Volumen XXXV N°360 ISSN 1852-317X*. <https://www.veterinariargentina.com/revista/2018/04/restriccion-nutricional-de-bovinos-para-carne-durante-el-otono-invierno/>
- Ferrell, Calvin & Jenkins, T.G. (1984) Energy Utilization by Mature, Nonpregnant, Nonlactating Cows of Different Types *Journal of animal science*. 58 10.2527/jas1984.581234x
- Funston, R., Martin, J., Adams, D., Larson, D. (2010). Winter grazing system and supplementation of beef cows during late gestation influence heifer progeny. *J. Anim. Sci*. 88.
- Galyean, M.L. (2019). What I have heard: conference summary and thoughts for the future. *Translational Animal Science*. 3: 1076–1079, <https://doi.org/10.1093/tas/txy146>
- Gicquel C , El-Osta A. ,Le Bouc Y. (2008). Epigenetic regulation and fetal programming. *BBest Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*. 22:1–16
- Greenwood, P. L. & Bell, A. W. (2014). Consequences of nutrition during gestation, and the challenge to better understand and enhance livestock productivity and efficiency in pastoral ecosystems. *Animal Production Science*, 54(9): 1109-1118.
- Greenwood, P., E. Clayton, Bell, A. (2017). Developmental programming and beef production *Animals Frontiers* 7:38-47. doi:10.2527/af.2017-0127.
- Hay, E., & Roberts, A. (2018). PSXVII-5 Genomic evaluation of genotype by prenatal nutritional environment interaction for growth traits in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 96 (3): 147 doi:10.1093/jas/sky404.320
- Lan, X., Cretney, E. C., Kropp, J., Khateeb, K., Berg, M. A., Peñagaricano, F., Magness, R., Radunz, A. E., Khatib, H. (2013). Maternal Diet during Pregnancy Induces Gene Expression and DNA Methylation Changes in Fetal Tissues in Sheep. *Frontiers in Genetic*.4:49.
- Larson, D., Martin, J., Adams, D., Funston, R. (2009). Winter grazing system and supplementation during late gestation influence performance of beef cows and steer progeny. *Journal of Animal Science* 87: 1147–1155.
- LeMaster, C.T., Taylor, R.K., Ricks, R.E., Long, N.M. (2015). The effects of late gestation maternal nutrient restriction with or without protein supplementation on endocrine regulation of newborn and postnatal beef calves. *Theriogenology*. 87:64-71. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2016.08.004.
- Lopez Valiente, S., Maresca, S. y Rodríguez (2014). Efecto de la suplementación proteica durante el último tercio de gestación sobre desarrollo de la progenie *Revista Argentina de Producción Animal*. 34: 345-463
- Macor L., M. Cucchiatti, O. A. Bocco, Coniglio V., Ortiz M. E, Bringas, P. (2018) Elevado nivel proteico durante el último tercio de gestación en bovinos para carne: efectos sobre el potencial de crecimiento en la progenie. XXVI Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal V Simposio Internacional de Producción Animal Guayaquil (Ecuador) 28 – 31 mayo, 2018
- Maresca, S., López Valiente, S., Rodríguez, A. (2014). Programación fetal: nutrición durante la gestación y efectos a largo plazo en la descendencia. En *Mem. Jornada Ganadera de la Cuenca del Salado 2014 – CEI Chascomús*.
- Maresca, S., López Valiente, S., Rodríguez, A. Pavan, E. Quintans G. (2016a). Restricción proteica durante el último tercio de gestación en vacas de cría. 3. Efecto sobre el crecimiento del feto y neonato. *NA 29. Nutrición y Alimentación Animal. Revista Argentina De Producción Animal*. 36- 39.
- Maresca, S., Lopez Valiente, S , Rodriguez, A.M., Testa, M.L , Quintans, G., Pavan. (2016b). Restricción proteica durante el último tercio de gestación en vacas de cría: 4 recría y características de carcasa de los novillos. *Revista Argentina de Producción Animal Vol 36: 189-293*.

- Martin, J.L., K.A. Vonnahme, D.C. Adams, G.P. Lardy, and R.N. Funston. (2007). Effect of dam nutrition on growth and reproductive performance of heifer calves. *Journal of Animal Science*. 85:841–847. doi:10.2527/jas.2006-337
- Martin, K. (2018). Nutrition During Last Trimester Critical for Beef Cows. *Bovine Veterinarian* <https://www.bovinevetonline.com/article/nutrition-during-last-trimester-critical-beef-cows>
- Nathanielsz, P.W., Poston, L., Taylor, PD (2007). In utero exposure to maternal obesity and diabetes: animal models that identify and characterize implications for future health. *Clin Perinatol*. 34:515–26.
- NRC. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. 7th rev. ed. Update 2000. Natl. Acad. Press, Washington, DC
- Patterson, H. (2015). Feed efficiency in the range beef cow: what should we be looking at? Range Beef Cow Symposium. <http://digitalcommons.unl.edu/rangebeefcowsymp/341>
- Quiroga, E. (2016). Programación fetal. En Revista CREA N° 428. Ed. AACREA.
- Radunz, A. E. (2009). Effects of prepartum dam energy source on progeny growth, glucose tolerance, and carcass composition in beef and sheep. PhD Diss. The Ohio State Univ., Columbus.
- Radunz, A. E., Fluharty, F. L., Day, M. L., Zerby, H. N. and Loerch, S. C. (2010). Prepartum dietary energy source fed to beef cows: I. Effects on pre- and postpartum cow performance. *Journal of Animal Science*. 88:2717-28.
- Radunz, A. E., Fluharty, F. L., Relling, A. E., Felix, T. L., Shoup, L. M., Zerby, H. N. and Loerch, S. C. (2012). Prepartum dietary energy source fed to beef cows: II. Effects on progeny postnatal growth, glucose tolerance, and carcass composition. *Journal of Animal Science*. 90:4962-74.
- Reed, S.A., & Govoni K.E.. (2017). How mom's diet affects offspring growth and health through modified stem cell function. *Animal Frontiers*. 7:25–31.
- Reynolds, L. P., & Caton, J. S. (2012). Role of the pre- and post-natal environment in developmental programming of health and productivity. *Molecular and Cellular Endocrinology*. 1: 54-59.
- Roberts, A. (2019). Genomic evaluation of genotype by prenatal nutritional environment interaction for maternal traits in a composite beef cattle breed. *Livestock Science*, 229: 118-125.
- Scheffler, J., McCann, M., Greiner, S., Jiang, H., Hanihan, M., Bridges, G., Lake, S., Gerrard, D. (2014). Early metabolic imprinting events increase marbling scores in fed cattle. *Journal of Animal Science*, 92:320-324.
- Selk, G.E., Wettemann, R.P., Lusby, K.S., Oltjen, J.W., Mobley, S.L., Rasby, R.J., Garmendia, J.C. (1988). Relationship among weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *Journal of Animal Science*, 66: 3153-3159.
- Short, R. E., Bellows, R. A., Staigmiller, R. B., Bernardinelli, J. G., Custer, E. E. (1990). Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *Journal of Animal Science*, 68:799-816.
- Summers, A. F., Ramsay, K. H., Funston R. N. (2011). Case Study: The effects of maternal nutrition on steer progeny performance *The Professional Animal Scientist* 27:251–256
- Summers, A. F. & Funston, R. N. (2013). Fetal programming: implications for beef cattle production. *Range Beef Cow Symposium*. 319. <http://digitalcommons.unl.edu/rangebeefcowsymp/319>
- Underwood, K., Tong, J., Price, P., Roberts, A., Grings, E., Hess, B., Means, W., Du, M. (2010). Nutrition during mid to late gestation affects growth, adipose tissue deposition, and tenderness in cross-bred beef steers. *Meat Science*. 86 (3): 588-593. 86.
- Webb, M. J., Block, J. J., Funston, R. N., Underwood, K. R., Legako, J. F., Harty, A. A., ... & Blair, A. D. (2019). Influence of maternal protein restriction in primiparous heifers during mid-and/or late-gestation on meat quality and fatty acid profile of progeny. *Meat science*. 152, 31-37.
- Wilson, T.B., Long, N.M., Faulkner D.B., Shike, D.W. (2016). Influence of excessive dietary protein intake during late gestation on drylot beef cow performance and progeny growth, carcass characteristics, and plasma glucose and insulin concentrations. *Journal of Animal Science*. 94(5):2035-46. doi: 10.2527/jas.2015-0224.