

# Subnutrición prenatal: efectos a largo plazo en terneros de cebo

■ Agustí Noya<sup>1,2</sup>, Guillermo Ripoll<sup>1,2</sup>, Isabel Casasús<sup>1,2</sup>, Leire López de Armentia<sup>1,2</sup>, Olaia Akesolo<sup>1</sup> y Albina Sanz<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Unidad de Ciencia Animal, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA)

<sup>2</sup>Instituto Agroalimentario de Aragón-IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza)

## ► Resumen

En este trabajo se estudió el efecto de la subnutrición materna durante la gestación temprana en los rendimientos de la descendencia (terneros de cebo, machos).

Treinta y cinco vacas Parda de Montaña y Pirenaica se alimentaron con una dieta Control (100 % de sus requerimientos nutricionales) o una dieta Subnut (65 %) durante los primeros 82 días de gestación. Durante el resto de la gestación y hasta el destete de sus terneros, se alimentaron con una dieta que cubría todas sus necesidades. Posteriormente, se estudiaron los crecimientos, perfiles fisiológicos y rendimientos cárnicos de los terneros durante los 8 meses del periodo de cebo.

La subnutrición materna incrementó los niveles de ácidos grasos no esterificados (AGNE) y redujo el crecimiento de los terneros Pirenaicos, con un menor peso a sacrificio (-11 %) y una canal con más cobertura grasa.

En conclusión, la subnutrición materna durante la gestación temprana afectó al desarrollo prenatal de los terneros con consecuencias a largo plazo en sus rendimientos.

Palabras clave: subnutrición materna, AGNE, IGF-1, ternero de cebo.

## ► Abstract

### Prenatal undernutrition: long-term effects in fattening bulls

The effects of maternal undernutrition in early gestation on the performance of offspring male-beef calves were assessed.

Thirty-five Parda de Montaña and Pirenaica cows received a Control (100 % nutrition requirements) or a Subnut (65 %) diet from day 0 to 82 of gestation and thereafter were fed to requirements until calf weaning. Growth, physiological profiles and carcass performance of male offspring were analyzed during an 8-month fattening period.

Maternal undernutrition increased plasma NEFA and impaired the growth of Pirenaica bulls, resulting in lower weights at slaughter (-11 %) and fatter carcasses.

In summary, early maternal undernutrition affected the prenatal development of calves with long-term consequences on their performance.

Keywords: maternal undernutrition, NEFA, IGF-1, beef calf.

Contacto con los autores. Albina Sanz: [asanz@aragon.es](mailto:asanz@aragon.es)

## INTRODUCCIÓN

Los periodos de subnutrición son frecuentes en el sector de la vaca nodriza. Ya sea porque los animales están en condiciones extensivas (donde su dieta depende de la cantidad y calidad de los pastos) o porque el ganadero intenta minimizar los costes de alimentación de sus animales estabulados, es habitual que los animales necesiten más alimento del que ingieren y entren en una fase de balance energético negativo. Las consecuencias de este periodo de subnutrición diferirán en función de la etapa del ciclo productivo en la que se encuentre la vaca nodriza. Si esta etapa de balance energético negativo coincide con el inicio de una nueva gestación, la

repercusión no solo será para la propia vaca, si no que acarreará consecuencias también para el nuevo individuo que se está gestando (Fleming *et al.*, 2012).

Aunque los requerimientos nutricionales del feto en esta etapa temprana de la gestación son pequeños, la alimentación de la vaca influirá en procesos críticos del desarrollo del propio embrión/feto. Ante un ambiente uterino de subnutrición, el feto que se está desarrollando adoptará estrategias fisiológicas y metabólicas para asegurar su supervivencia, adquiriendo un “fenotipo ahorrador” (Hales y Barker, 2001). Ante este ambiente adverso, el feto buscará una composición corporal más eficiente, reduciendo su

masa muscular y aumentando los depósitos de grasa corporal para incrementar sus depósitos de energía (Mohrhauser *et al.*, 2015).

Mediante mecanismos epigenéticos (alteraciones en la estructura química del ADN, sin alterar la secuencia de nucleótidos) algunas rutas metabólicas y endocrinas podrán ser modificadas para asegurar la supervivencia del embrión a este ambiente uterino adverso (Chavatte-Palmer *et al.*, 2018). De esta forma, la subnutrición materna puede modificar la programación fetal del nuevo individuo, provocando cambios en su fisiología, algunos de ellos irreversibles, que perdurarán en su vida posnatal favoreciendo

la aparición de enfermedades metabólicas durante su vida adulta (Ford y Long, 2011).

El objetivo de este estudio fue analizar los efectos de la subnutrición materna durante el primer tercio de la gestación en el crecimiento, perfiles metabólicos y endocrinos durante la fase de cebo, y en la calidad de la canal y de la carne en terneros de las razas Parda de Montaña y Pirenaica (Noya *et al.*, 2022).

## MATERIAL Y MÉTODOS

La fase de gestación y lactación de las vacas nodrizas se desarrolló en la estación experimental de La Garcipollera-CITA de Aragón (Huesca, España) mientras que la fase de cebo de sus terneros se desarrolló en las instalaciones centrales del CITA de Aragón (Zaragoza, España). Todos los procedimientos fueron aprobados por el Comité Ético de Experimentación Animal del CITA (Ref. 2014-16).

### Manejo y alimentación de los animales

En este estudio, 21 y 14 vacas adultas de las razas Parda de Montaña (PA) y Pirenaica (PI), respectivamente, se sincronizaron artificialmente para ser inseminadas a tiempo fijo. Después de la inseminación, las vacas se distribuyeron en dos grupos en función del nivel de alimentación que recibirían durante el primer tercio de gestación (82 días), utilizando una dieta comercial premezclada (10,96 MJ EM/kg

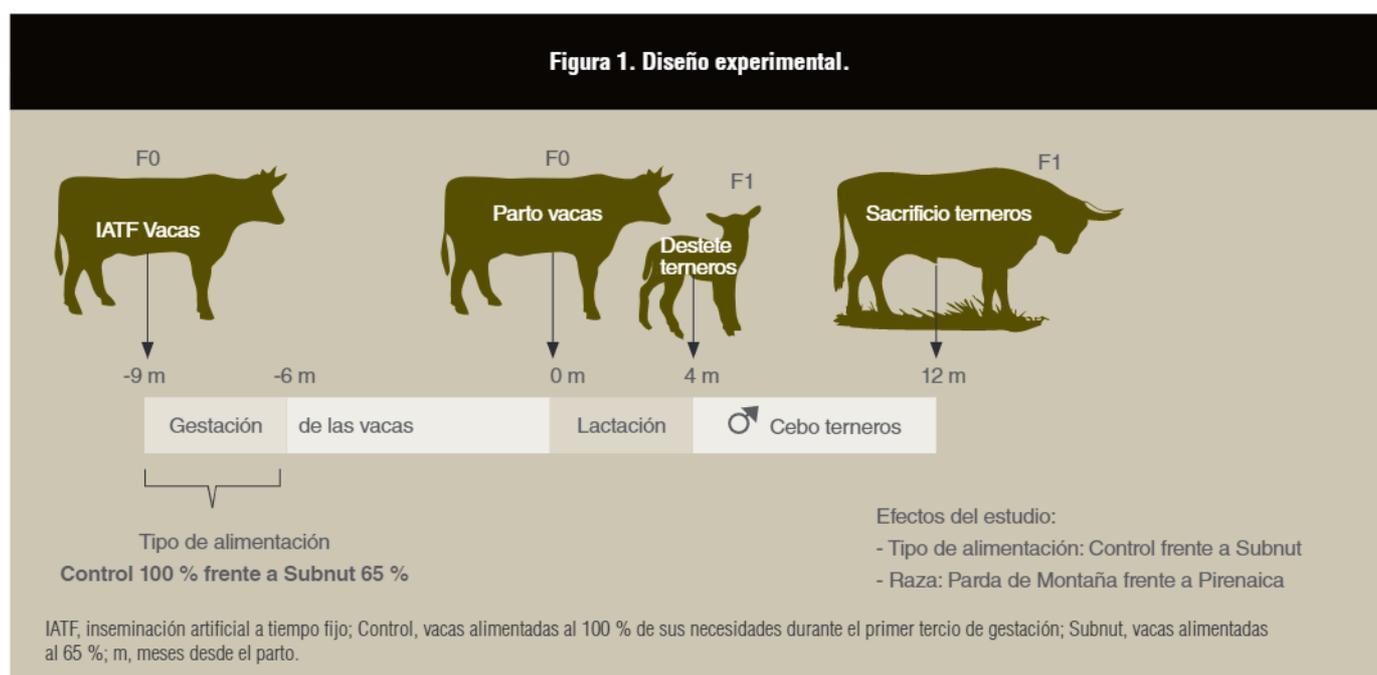


Vaca y ternero de la raza Pirenaica. Autor: Agustí Noya.

MS y 124 g PB/kg MS). Al grupo control se le suministró una cantidad que cubría el 100 % de sus necesidades nutricionales de lactación, gestación y mantenimiento (grupo Control, n = 13, recibieron 10,9 y 10,0 kg MS/animal/día para vacas PA y PI, respectivamente), mientras que el grupo subnutrido recibió una dieta que cubría únicamente el 65 % de sus necesidades (grupo Subnut, n = 22, recibieron 7,0 y 6,4 kg MS/animal/día para vacas PA y PI, respectivamente). Finalizado el primer tercio de la gestación, todas las vacas recibieron una dieta para cubrir el 100 %

de sus necesidades durante el resto de la gestación y la lactación. Durante la lactación, los terneros (F1) se alimentaron únicamente de leche de sus respectivas madres siguiendo un sistema de doble tetada, que consistía en dos periodos diarios de 30 min de acceso a la madre. Los terneros (machos) se destetaron a los 120 días de edad para empezar la fase de cebo. Durante el cebo, los terneros se alimentaron con una dieta a base de concentrado y paja *ad libitum* durante un periodo de 8 meses. Finalizado el periodo de cebo, los terneros se sacrificaron al año de edad (figura 1).

Figura 1. Diseño experimental.





Terneros de las razas Pirenaica y Parda de Montaña. Autor: Leire López de Armentia.

### Crecimientos, perfiles metabólicos y rendimientos cárnicos de los terneros durante el periodo de cebo

Los terneros se pesaron quincenalmente para calcular su ganancia media diaria (GMD) por regresión lineal. Cada dos meses se obtuvieron muestras de sangre para analizar la concentración de ácidos grasos no esterificados (AGNE) y del factor de crecimiento similar a la insulina-1 (IGF-1). Las muestras se centrifugaron a 1.500 g durante 20 min a 4 °C y se congelaron a -20 °C hasta realizar los análisis. Al año de edad se sacrificaron los terneros en un matadero comercial. Se evaluó el peso, la conformación, el rendimiento y estado de engrasamiento de las canales mediante la clasificación SEUROP (EU, 2006). Los valores se transformaron a una escala de 18 puntos para la conformación (1 = pobre, 18 = excelente) y 15

puntos para el estado de engrasamiento (1 = muy bajo, 15 = muy alto).

#### Análisis estadístico

Los resultados se analizaron con el programa SAS (v.9.4) mediante un análisis de varianza con un modelo mixto, teniendo en cuenta la alimentación de la vaca nodriza durante el primer tercio de gestación (Control frente a Subnut) y la raza (PA frente a PI). La significación de los resultados se estableció con un P-valor < 0,05. Los valores están expresados como las medias de mínimos cuadrados.

## RESULTADOS

### Crecimiento de los terneros durante el periodo de cebo

Los resultados sobre el crecimiento de los terneros se presentan en la *tabla 1*. En el peso de los animales se produjo una inte-

racción entre el efecto de la alimentación materna y la raza, tanto al inicio del cebo ( $P = 0,016$ ) como en el sacrificio ( $P = 0,026$ ). Los terneros Subnut-PI pesaron 26 kg menos que los Control-PI al inicio del periodo de cebo (4 meses de edad,  $P < 0,05$ ) y 59 kg menos al final (12 meses de edad,  $P < 0,05$ ), mientras que no hubo diferencias de peso entre los terneros PA ( $P > 0,05$ ). Sin embargo, las diferencias de GMD entre terneros PI durante la fase de cebo no fueron significativas ( $P < 0,05$ ).

### Perfiles metabólicos y endocrinos durante la fase de cebo

Las concentraciones de AGNE e IGF-1 durante la fase de cebo se representan en la *figura 2* de acuerdo a la interacción entre el efecto de la alimentación materna, la raza y la edad de los terneros.

En general, las concentraciones de AGNE se incrementaron a lo largo de la fase de cebo en todos los grupos. Los terneros Subnut-PI tuvieron unos valores más altos que sus homólogos Control a los 4, 6 y 10 meses de edad ( $P < 0,05$ ).

La concentración de IGF-1 también fue incrementando durante el cebo en todos los grupos. Pero se puede observar cómo los terneros Subnut-PI tuvieron una menor concentración de IGF-1 durante la primera mitad del periodo de cebo, con diferencias significativas con los terneros Control-PI y Subnut-PA a los 6 meses de edad ( $P < 0,05$ ).

### Sacrificio y características de la canal

Los resultados de las características de la canal se presentan en la *tabla 2* de acuerdo con la interacción entre los efectos de la alimentación materna y la raza.

En cuanto al peso de la canal, a pesar de que la interacción de los efectos no fue significativa ( $P = 0,113$ ), las canales de los terneros Subnut-PI fueron 38 kg más ligeras que aquellas de los terneros Control-PI, mientras que la diferencia de peso entre canales de los terneros Control-PA y Subnut-PA fue solo de 1 kg. El rendimiento de la canal y la conformación muscular fueron similares en todos los grupos ( $P > 0,05$ ). En cuanto a la cantidad de grasa subcutánea de las canales, la alimentación materna tuvo un efecto significativo en los terneros PI ( $P = 0,048$ ). Las canales de los terneros Subnut-PI tuvieron más cobertura de grasa que las de los Control-PI ( $P < 0,05$ ).

**Tabla 1. Crecimiento de los terneros durante el periodo de cebo.**

		Alimentación materna × Raza				P-valor		
		Control PA	Subnut PA	Control PI	Subnut PI	Alimentación materna	Raza	Alimentación materna × Raza
Peso vivo (kg)	Inicio cebo	167 <sup>a</sup>	168 <sup>a</sup>	163 <sup>a</sup>	137 <sup>b</sup>	0,100	0,031	0,016
	Final cebo	514 <sup>a</sup>	517 <sup>a</sup>	516 <sup>a</sup>	457 <sup>b</sup>	0,081	0,073	0,026
GMD (kg/d)		1,592 <sup>a</sup>	1,555 <sup>ab</sup>	1,559 <sup>ab</sup>	1,427 <sup>b</sup>	0,114	0,130	0,364

Control, terneros procedentes de vacas alimentadas al 100 % de sus necesidades durante el primer tercio de gestación; Subnut, terneros procedentes de vacas alimentadas al 65 % de sus necesidades; PA, Parda de Montaña; PI, Pirenaica; GMD, ganancia media diaria; <sup>a,b</sup> son estadísticamente diferentes  $P < 0,05$ .

Figura 2. Concentraciones de AGNE e IGF-1 de los terneros durante el periodo de cebo.

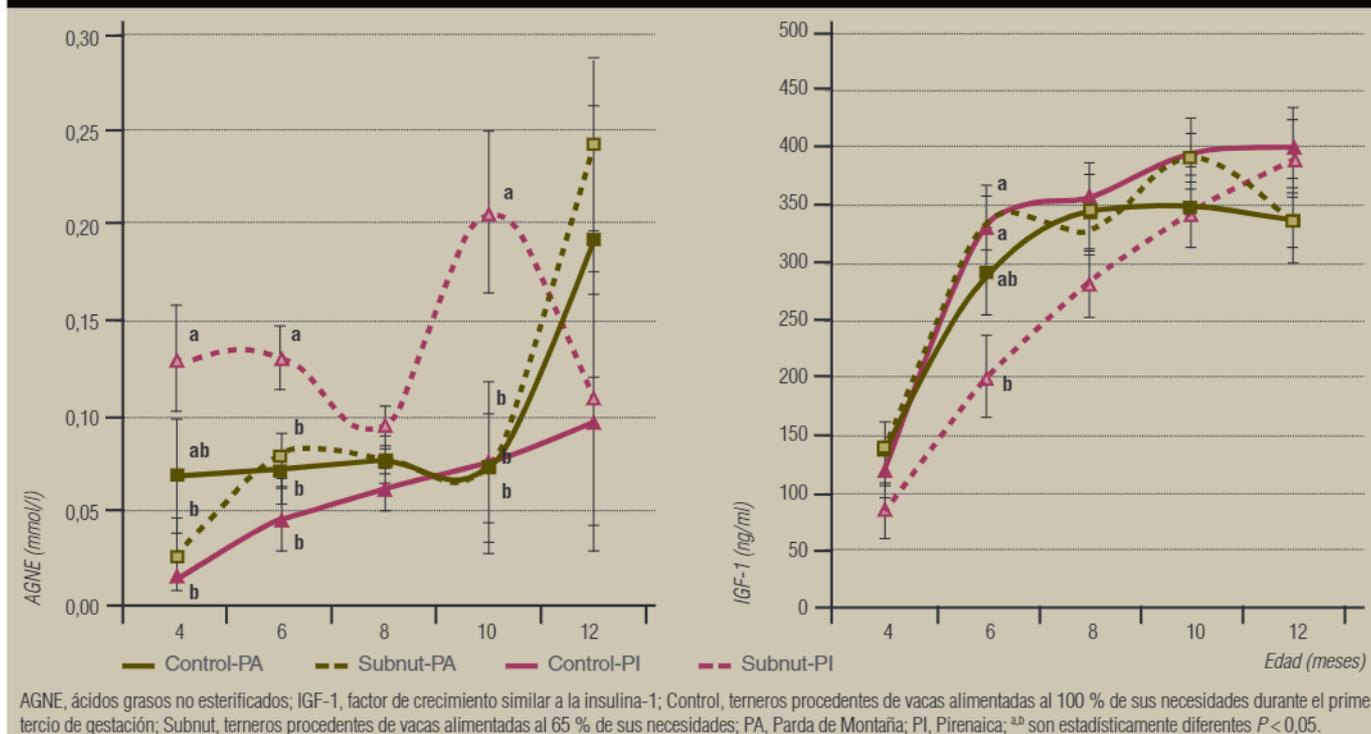


Tabla 2. Rendimientos cárnicos de la canal de los terneros de cebo.

	Alimentación materna × Raza				P-valor		
	Control PA	Subnut PA	Control PI	Subnut PI	Alimentación materna	Raza	Alimentación materna × Raza
Peso canal (kg)	313	312	322	284	0,106	0,418	0,113
Rendimiento canal (%)	61,0	60,5	61,8	62,1	0,921	0,208	0,714
Conformación muscular (1-18)	11	11	11	12	0,522	0,705	0,961
Engrasamiento canal (1-15)	6,0 <sup>ab</sup>	5,8 <sup>ab</sup>	4,6 <sup>b</sup>	6,4 <sup>a</sup>	0,108	0,430	0,048

Control, terneros procedentes de vacas alimentadas al 100 % de sus necesidades durante el primer tercio de gestación; Subnut, terneros procedentes de vacas alimentadas al 65 % de sus necesidades; PA, Parda de Montaña; PI, Pirenaica; <sup>ab</sup>son estadísticamente diferentes  $P < 0,05$ .

## DISCUSIÓN

### Crecimiento de los terneros durante el periodo de cebo

La alimentación materna durante el primer tercio de gestación afectó al crecimiento de los terneros PI. Los terneros Subnut-PI fueron un 16,0 % y un 11,4 % más ligeros al destete y al sacrificio, respectivamente, que sus homólogos del grupo Control.

Algunos estudios que describen un retraso en el crecimiento del ternero a causa de una alimentación materna deficiente reportan un crecimiento compensatorio

en las siguientes etapas de crecimiento si el ternero tiene acceso a una dieta de alta calidad y cantidad (Freetly *et al.*, 2000; Greenwood y Cafe, 2007; Noya *et al.*, 2019). De hecho, Long *et al.* (2010) reportaron que terneros con una alimentación prenatal deficiente tendieron a ser más pesados en el momento del sacrificio que terneros que tuvieron una correcta alimentación prenatal durante la gestación temprana. En cambio, acorde con los resultados obtenidos en este estudio, Greenwood y Cafe (2007) afirmaron

que la capacidad de crecimiento posnatal compensatorio tras una alimentación prenatal deficiente era limitada. En este experimento, a pesar de que la alimentación era *ad libitum*, los terneros Subnut-PI no fueron capaces de compensar las diferencias de peso a sacrificio, lo que implicó un impacto negativo en el rendimiento económico de los terneros.

### Perfiles metabólicos y endocrinos durante la fase de cebo

La mayor concentración de AGNE en los terneros Subnut-PI a lo largo del periodo de cebo, se podría explicar por una mayor movilización de ácidos grasos procedentes de sus reservas lipídicas. Teniendo en cuenta que los terneros tenían una alimentación *ad libitum*, la movilización de sus reservas energéticas podría sugerir alguna alteración en el metabolismo energético.

La IGF-1 es una hormona relacionada con el crecimiento corporal, desarrollo muscular y esquelético (Yelich *et al.*, 1995). Una mayor concentración de IGF-1 está asociada a un crecimiento más rápido y a un mayor peso (Kerr *et al.*, 1991). En este estudio, las bajas concentraciones de IGF-1 en los terneros Subnut-PI durante la primera mitad del periodo de cebo estarían relacionadas con el menor crecimiento y

desarrollo corporal de estos. Sin embargo, a partir de la segunda mitad del cebo no existen diferencias significativas entre los grupos, lo que podría sugerir que los terneros Subnut-PI podrían empezar a compensar sus índices de crecimiento. De acuerdo con estos resultados, Maresca *et al.* (2018) describieron cómo terneros procedentes de madres subnutridas, con bajas concentraciones de IGF-1 al nacimiento, compensaron sus concentraciones durante su crecimiento postnatal.

### Sacrificio y características de la canal

Todas las canales tuvieron una conformación y rendimientos similares, lo que significa que el porcentaje de peso vivo atribuible a las vísceras, piel, cabeza y extremidades distales fue similar en todos los grupos. Sin embargo, el peso medio de las canales de los terneros Subnut-PI fue un 11,8 % inferior al de las canales de los terneros Control-PI, penalizando el rendimiento económico de estos animales. Pocos estudios han analizado el efecto a largo plazo de la subnutrición materna en el rendimiento cárnico de la descendencia. Greenwood *et al.* (2005) reportaron

un peso inferior en las canales de terneros sacrificados a 30 meses de edad procedentes de madres subnutridas durante los dos últimos tercios de gestación. En cambio, Long *et al.* (2010) no encontraron efecto de la alimentación prenatal temprana en el peso de las canales de terneros sacrificados a 22 meses de edad. En este estudio, los terneros Subnut-PI tuvieron una mayor cobertura grasa en sus canales, acorde con sus mayores concentraciones plasmáticas de AGNE. Eso sugiere que, de acuerdo con la hipótesis del “fenotipo ahorrador”, estos terneros (que tuvieron un menor peso al sacrificio) priorizaron parte de la energía metabolizable de la ingesta a incrementar sus depósitos de tejido graso periférico, en detrimento de su crecimiento muscular (Mohrhauser *et al.*, 2015). En otros estudios, Greenwood *et al.* (2006) reportaron un incremento de grasa subcutánea en la grupa (punto P8) en terneros procedentes de vacas alimentadas en pastos de baja calidad desde el día 80 de la gestación hasta el parto. Por el contrario, terneros procedentes de madres subnutridas en el último tercio de gestación no mostraron ningún efecto en el grado de engrasamiento ni en la distri-

bución del tejido adiposo periférico (Tudor y O'Rourke, 1980).

### CONCLUSIONES

La restricción nutricional de las vacas durante la gestación temprana afectó al desarrollo fetal de los terneros, con efectos a largo plazo en sus crecimientos y rendimientos posnatales. La raza Pirenaica fue la más afectada, con un menor peso a sacrificio (-11 %) y una canal con más cobertura grasa. A nivel fisiológico, la subnutrición prenatal pudo haber alterado las rutas del metabolismo energético, reflejado en los niveles incrementados de AGNE y la disminución de la IGF-1. En resumen, la subnutrición materna durante la gestación temprana tuvo efectos a largo plazo en la fisiología y rendimientos posnatales de los terneros.

### Agradecimientos

Al personal técnico del CITA de Aragón. Financiación procedente del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA RTA2013-059; INIA RZP 2010-02; Contrato FPI-INIA de A. Noya) y del Gobierno de Aragón (Grupo de investigación A14\_20R).

### BIBLIOGRAFÍA

- Chavatte-Palmer P., Velazquez M. A., Jammes H., Duranthon V. (2018). “Review: Epigenetics, developmental programming and nutrition in herbivores”. *Animal* 12: s363-s371.
- EU. (2006). “Council regulation (EC) n° 1183/2006 of 24 July 2006 concerning the community scale for the classification of carcasses of adult bovine animals. Official journal of the European Union. L214/1–L214/6”.
- Fleming T. P., Velazquez M. A., Eckert J. J., Lucas E. S., Watkins A. J. (2012). “Nutrition of females during the peri-conceptual period and effects on foetal programming and health of offspring”. *Animal Reproduction Science* 130: 193-197.
- Ford S. P., Long N. M. (2011). “Evidence for similar changes in offspring phenotype following either maternal undernutrition or overnutrition: Potential impact on fetal epigenetic mechanisms”. *Reproduction, Fertility and Development* 24: 105-111.
- Freetly H. C., Ferrell C. L., Jenkins T. G. (2000). “Timing of realimentation of mature cows that were feed-restricted during pregnancy influences calf birth weights and growth rates”. *Journal of Animal Science* 78: 2790-2796.
- Greenwood P. L., Cafe L. M. (2007). “Prenatal and pre-weaning growth and nutrition of cattle: Long-term consequences for beef production”. *Animal* 1: 1283-1296.
- Greenwood P. L., Cafe L. M., Hearnshaw H., Hennessy D. W. (2005). “Consequences of nutrition and growth retardation early in life for growth and composition of cattle and eating quality of beef”. *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia* 15: 183-195.
- Greenwood P. L., Cafe L. M., Hearnshaw H., Hennessy D. W., Thompson J. M., Morris S. G. (2006). “Long-term consequences of birth weight and growth to weaning on carcass, yield and beef quality characteristics of piedmontese- and wagyu-sired cattle”. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 46: 257-269.
- Hales C. N., Barker D. J. P. (2001). “The thrifty phenotype hypothesis: Type 2 diabetes”. *British Medical Bulletin* 60: 5-20.
- Kerr D. E., Manns J. G., Laarveld B., Fehr M. I. (1991). “Profiles of serum IGF-1 concentrations in calves from birth to eighteen months of age and in cows throughout the lactation cycle”. *Canadian Journal of Animal Science* 71: 695-705.
- Long N. M., Prado-Cooper M. J., Krehbiel C. R., DeSilva U., Wettemann R. P. (2010). “Effects of nutrient restriction of bovine dams during early gestation on postnatal growth, carcass and organ characteristics, and gene expression in adipose tissue and muscle”. *Journal of Animal Science* 88: 3251-3261.
- Maresca S., Lopez-Valiente S., Rodriguez A. M., Long N. M., Pavan E., Quintans G. (2018). “Effect of protein restriction of bovine dams during late gestation on offspring postnatal growth, glucose-insulin metabolism and IGF-1 concentration”. *Livestock Science* 212: 120-126.
- Mohrhauser D. A., Taylor A. R., Underwood K. R., Pritchard R. H., Wertz-Lutz A. E., Blair A. D. (2015). “The influence of maternal energy status during midgestation on beef offspring carcass characteristics and meat quality”. *Journal of Animal Science* 93: 786-793.
- Noya A., Casasús I., Ferrer J., Sanz A. (2019). “Effects of developmental programming caused by maternal nutrient intake on postnatal performance of beef heifers and their calves”. *Animals* 9: 1072.
- Noya A., Ripoll G., Casasús I., Sanz A. (2022). “Long-term effects of early maternal undernutrition on the growth, physiological profiles, carcass and meat quality of male beef offspring”. *Research in Veterinary Science* 142: 1-11.
- Tudor G., O'Rourke P. (1980). “The effect of pre- and post-natal nutrition on the growth of beef cattle. 2. The effect of severe restriction in early post-natal life on growth and feed efficiency during recovery”. *Australian Journal of Agricultural Research* 31: 179-189.
- Yelich J. V., Wettemann R. P., Dolezal H. G., Lusby K. S., Bishop D. K., Spicer L. J. (1995). “Effects of growth rate on carcass composition and lipid partitioning at puberty and growth hormone, insulin-like growth factor 1, insulin, and metabolites before puberty in beef heifers”. *Journal of Animal Science* 73: 2390-2405.