

EFFECTOS DE LA ALIMENTACIÓN MATERNA DURANTE EL PRIMER TERCIO DE GESTACIÓN SOBRE LOS RENDIMIENTOS DEL CONJUNTO VACA-TERNERO

A. Sanz¹, I. Casasús¹, J. Ferrer¹, D. Villalba², A. Noya¹

RESUMEN

En este ensayo se estudiaron los efectos de la subnutrición de las vacas nodrizas durante la gestación temprana sobre su productividad a corto, medio y largo plazo. Para ello, se utilizaron 115 vacas (razas Parda de Montaña y Pirenaica), que fueron sometidas a un protocolo de sincronización de celos e inseminación a tiempo fijo 11 días después (76 ± 14 días postparto). Durante el primer tercio de gestación, las vacas recibieron una dieta para cubrir el 100% (CONTROL) o el 65% (SUBNUT) de sus necesidades energéticas; el resto de la gestación y durante la lactación siguiente todas las vacas recibieron una dieta que cubrió el 100% de sus necesidades. La subnutrición materna impuesta no afectó a la fertilidad (77,4%), sin embargo, las vacas subnutridas perdieron peso vivo y reservas corporales durante el primer tercio de gestación. La subnutrición materna también provocó menores crecimientos en los terneros que estaban criando simultáneamente a la subnutrición. Seis meses después de finalizar el tratamiento de alimentación materna, las vacas subnutridas tuvieron menor condición corporal al parto, que a su vez repercutió en la mayoría de parámetros analizados en las vacas y su descendencia. Todas las vacas perdieron peso durante la siguiente lactación, excepto las Pirenaicas subnutridas, que mantuvieron su peso; por el contrario, sus terneros tuvieron los menores crecimientos, el menor peso a destete (21% menos) y los valores más bajos de IGF-1 (muy relacionada con el desarrollo animal). Este ensayo confirmó que la subnutrición materna temprana tiene repercusiones a corto, medio y

largo plazo sobre las vacas, sobre los terneros criados y sobre la descendencia gestada durante dicha subnutrición.

Palabras clave: subnutrición materna, progeñe.

ABSTRACT

In the present work, the effects of undernutrition of beef cows during early pregnancy on their productivity in the short, medium and long term were studied. Thus, 115 cows (Brown Mountain and Pyrenean breeds) were used and they were oestrous synchronized, and then managed with a protocol of fixed time artificial insemination 11 days later (76 ± 14 days postpartum). During the first third of pregnancy, cows received a diet 100% (CONTROL) or 65% (SUBNUT) of their energy requirements; the rest of the pregnancy period and during the following lactation all cows received a diet that supply 100% their requirements. The imposed maternal undernutrition did not affect fertility (77.4%); however, undernourished cows lost live weight and body reserves during the first third of gestation. Maternal undernutrition also caused lower growth in calves that were simultaneously raising undernourishment. Six months after the end of the maternal feeding treatment, the undernourished cows had a lower body condition at calving, which affected the majority of parameters analyzed in the cows and their offspring. All cows lost weight during the following lactation, except for the undernourished Pyrenees, who maintained their live weight; on the contrary, their calves had the lowest growth, the lowest

¹ Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA) de Aragón. Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza), Zaragoza, España.

² Universitat de Lleida (UdL). Dpto. Ciencia Animal, Lleida, España.

weaning weight (21% less) and the lowest IGF-1 values (closely related to animal development). This experiment confirmed that early maternal undernutrition has short, medium and long-term effects on cows, on calves raised and on offspring gestated during such undernutrition.

INTRODUCCIÓN

La adaptación de las explotaciones de vacunos para carne a condiciones cada vez más extensivas ha conseguido reducir los costos productivos, pero a costa de someter a los animales a periodos de subnutrición que pueden tener repercusiones importantes sobre los rendimientos finales del conjunto vaca-ternero. El CITA de Aragón mantiene una línea de investigación centrada en mejorar la eficiencia productiva de las explotaciones de vacas nodrizas, a través del desarrollo de estrategias de manejo a nivel del rebaño y del animal, adaptadas a los recursos disponibles. Nuestro equipo ha estudiado en profundidad los efectos de la subnutrición en el último tercio de gestación y/o durante la lactación sobre la función productiva y reproductiva de las vacas nodrizas (Sanz *et al.*, 2004), estableciendo el papel de diversas hormonas y metabolitos y el comportamiento materno-filial en los mecanismos específicos que modulan la reproducción (Álvarez-Rodríguez *et al.*, 2009, 2010). Estos estudios han demostrado la importancia de alimentar bien a las vacas nodrizas al final de la gestación, reflejado en una condición corporal

(CC) adecuada al parto, para alcanzar el objetivo productivo de un ternero por vaca y año. Una alimentación deficiente durante el último tercio de gestación retrasa la reactivación ovárica postparto de las vacas, reduce el crecimiento del ternero en lactación, y en situaciones de subnutrición severa puede llegar a reducir el peso de la cría al nacer (Sanz *et al.*, 2001).

Menos conocido es el efecto que puede tener la alimentación que recibe la vaca nodriza en el primer tercio de gestación, dado que el 75% del crecimiento fetal se da en los dos últimos meses de gestación. Sin embargo, en esta fase se dan las primeras etapas del desarrollo embrionario y fetal, que pueden ser determinantes para la vida adulta. Esta etapa crítica de la gestación coincide con la enorme demanda metabólica que supone la crianza del ternero, y por tanto los nutrientes deberán repartirse entre la producción de leche para el ternero que la vaca nodriza está criando y el desarrollo del embrión/feto/placenta para la nueva gestación. Una subnutrición durante este periodo obligará al feto a adaptarse a un ambiente uterino de restricción alimenticia, induciendo cambios en la programación fetal. La hipótesis del fenotipo ahorrador (Barker *et al.*, 1989) sugiere que las influencias ambientales tempranas en la vida fetal se reflejarán en alteraciones del crecimiento, del desarrollo y del metabolismo, que darán lugar a mayor riesgo de enfermedades en la vida adulta (Figura 1).

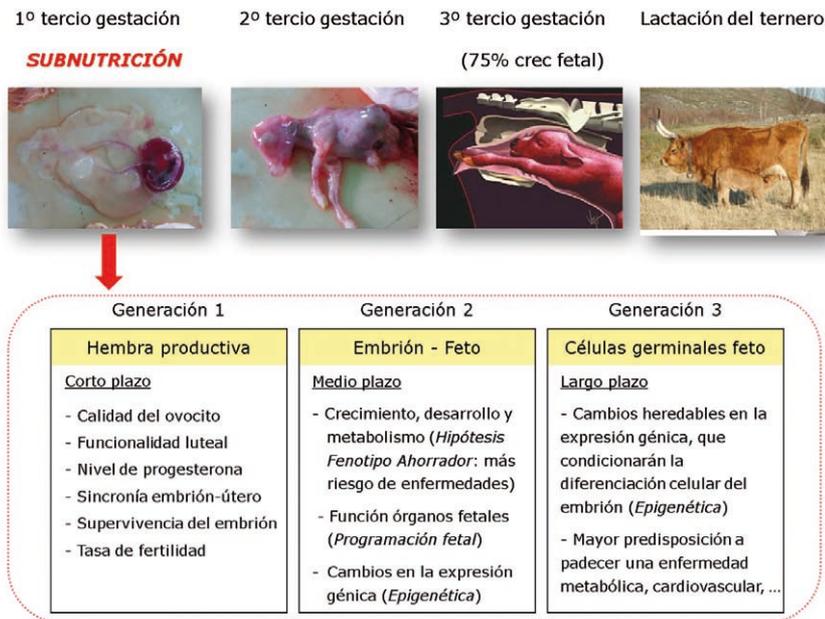


Figura 1. Posibles repercusiones de la subnutrición de la vaca durante el primer tercio de gestación.

Nuestro equipo ha desarrollado un amplio proyecto de investigación con el objetivo principal de conocer las repercusiones que puede tener la alimentación de la madre durante la gestación temprana sobre la eficiencia productiva del conjunto vaca-ternero, a corto, medio y largo plazo. A partir de esta información, idealmente se podrán recomendar las dietas más adecuadas para maximizar el potencial genético de un animal mantenido en un sistema extensivo. El objetivo del trabajo que se muestra a continuación fue evaluar el efecto de la subnutrición durante el primer tercio de gestación sobre los rendimientos de: 1) la madre, 2) el ternero criado durante la gestación temprana y 3) el futuro ternero durante sus primeros 120 días de vida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar el ensayo se utilizaron 115 vacas multíparas de las razas autóctonas Parda de Montaña (PA) y Pirenaica (PI) criando un ternero mediante un régimen de doble amantamiento (dos periodos diarios de acceso a la madre de 30 minutos cada uno). En diciembre de 2014 (inicio del ensayo), las vacas se sometieron a un protocolo de sincroniza-

ción de celos mediante una combinación de progestágenos (espiral intravaginal: PRID; CEVA, España), GnRH (Busol; INVESA, España), prostaglandina F2α (Enzaprost, CEVA, España) y PMSG (Foligón, Intervet, España), para proceder 11 días más tarde a realizar la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF; 76 ± 14 días postparto). A continuación, las vacas se alimentaron con una mezcla unifeed seca (10,96 MJ EM/kg MS y 124 g PB/kg MS), distribuidas en dos lotes homogéneos (por fecha de parto, CC al parto y a la IATF, y por edad), en función de la alimentación recibida durante los primeros 82 días de gestación. El grupo control (CONTROL) recibió una dieta que cubría el 100% de sus necesidades de mantenimiento, gestación y lactación (10,9 y 10,0 kg MS/animal/día para PA y PI respectivamente), y el grupo subnutrido (SUBNUT) recibió una dieta para cubrir el 65% de sus necesidades (7,0 y 6,4 kg MS/animal/día para PA y PI respectivamente). Durante el resto de la gestación y durante la lactación siguiente, las vacas recibieron una dieta que cubría el 100% de sus necesidades. A los 37 días de la inseminación se realizó el diagnóstico de gestación (ecógrafo Aloka SSD-500V (Aloka, Japón), sonda transrectal de 7,5 MHz de frecuencia).

A lo largo del ensayo, las vacas se pesaron quincenalmente y los terneros de manera mensual (tanto los criados durante la gestación temprana como los nacidos en la siguiente lactación), para estimar su ganancia media diaria (GMD) a lo largo de los 120 días de lactación. Una vez al mes se registraba la condición corporal (CC) de las vacas (escala de 1 a 5; Lowman *et al.*, 1976).

Para determinar los posibles efectos de la subnutrición en la gestación temprana sobre la producción de leche en el parto siguiente, el día 23 posparto se estimó la producción lechera mediante ordeño mecánico de las vacas, estimulando la eyección de leche con oxitocina (Le Du *et al.*, 1979). Se recogieron muestras de leche para determinar su porcentaje de grasa y proteína mediante espectroscopía (Milkoscan 4000TM; Fosslectric Ltd., Hillerod, Dinamarca). También se estimó la cantidad de leche ingerida por los terneros mediante la técnica de la doble pesada (Rodrigues *et al.*, 2014) el día 25 posparto.

Se tomaron muestras mensuales de sangre de los terneros gestados durante la subnutrición materna para determinar la concentración plasmática del factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1 (IGF-1), mediante un ELISA con detección quimioluminiscente (Immulite, Siemens Medical Solutions Diagnostics Ltd., Llanberis, Reino Unido). Al finalizar la lactación se midió la alzada a la cruz y el perímetro torácico de los terneros para evaluar su crecimiento corporal.

Para determinar la duración del anestro posparto de las vacas se tomaron 2 muestras

semanales de sangre, en las que se analizó la concentración plasmática de progesterona mediante ensayo inmunoenzimático (ELISA específico para bovino, Ridgeway Science, Reino Unido). Se consideró que una vaca estaba cíclica cuando su nivel de progesterona en plasma era $\geq 1,0$ ng/mL (Álvarez-Rodríguez *et al.*, 2009).

Los resultados se analizaron con el programa SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, EE.UU.) mediante un análisis de varianza con un modelo lineal generalizado. Para analizar los parámetros recogidos durante el primer tercio de gestación, el modelo incluyó la alimentación materna (CONTROL vs. SUBNUT), la raza (PA vs. PI), el estado de preñez (PREÑADA vs. VACÍA) y sus interacciones como efectos fijos. El estado de preñez se contrastó con la alimentación materna y la raza mediante un estadístico Chi-cuadrado. En el caso de los parámetros analizados durante la siguiente lactación, el modelo incluyó la alimentación materna, la raza y su interacción como efectos fijos, y la CC de las vacas al parto como covariable. La significación de los resultados se estableció con un P-valor $< 0,05$. Los valores están expresados como las medias de mínimos cuadrados. Todos los procedimientos fueron aprobados por el Comité Ético de Experimentación Animal del CITA (Ref. 2014-16).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se muestra la evolución de los pesos de las vacas y los terneros criados durante el tratamiento nutritivo (primeros 82 días de gestación), y las reservas corporales de las vacas nodrizas.

Cuadro 1. Rendimientos de las vacas durante el primer tercio de gestación, y de los terneros que estaban criando, en función del tipo de alimentación materna y de la raza (Noya *et al.*, 2017).

	Alimentación		Raza		Raíz MSE	Significación	
	CONTROL	SUBNUT	PA	PI		Alimentación	Raza
Vacas							
PV día 0 (kg)	568	567	558	577	54,6	n.s.	n.s.
PV día 82 (kg)	569	548	552	565	55,7	n.s.	n.s.
GMD (kg/d)	0,116 ^a	0,359 ^b	-0,133	-0,110	0,2	<0,001	n.s.
CC día 0	2,78	2,86	2,72 ^b	2,92 ^a	0,3	n.s.	<0,001
CC día 82	2,88 ^a	2,67 ^b	2,67 ^b	2,88 ^a	0,3	<0,001	<0,001
Terneros							
PV día 0 (kg)	100	100	108 ^a	93 ^b	17,2	n.s.	<0,001
PV día 82 (kg)	154 ^a	144 ^b	159 ^a	139 ^b	24,2	<0,05	<0,001
GMD (kg/d)	0,623 ^a	0,496 ^b	0,592 ^a	0,528 ^b	0,1	<0,001	<0,01

n.s.: no significativo; a,b: diferencias entre medias $P < 0,05$

CONTROL: animales alimentados durante el primer tercio de gestación con el 100% de sus necesidades energéticas; SUBNUT: animales alimentados con el 65% de sus necesidades energéticas; PA: Parda de Montaña; PI: Pirenaica; MSE: error cuadrático medio; PV: peso vivo; CC: condición corporal; GMD: ganancia media diaria

El día 0 (IA, inicio del ensayo) los grupos de vacas estaban equilibrados en fecha del parto anterior y en PV. Ni el tipo de alimentación (71,4 vs. 82,4%, para CONTROL y SUBNUT, $P > 0,05$), ni la raza (73,3 vs. 85,0%, para PA y PI; $P > 0,05$) afectaron a la fertilidad de las vacas nodrizas (Noya *et al.*, 2017). La tasa de preñez obtenida en el ensayo (77%) fue elevada, si se compara con las tasas medias de preñez que se obtienen con este tipo de protocolos de sincronización de celos e IATF (Sanz *et al.*, 2019). Esta alta fertilidad podría deberse a que en el momento de la IATF las vacas tenían una CC adecuada para responder al tratamiento de sincronización y mantener las primeras etapas de la gestación.

Durante el primer tercio de gestación, no se observaron diferencias en el PV, CC o GMD de las vacas asociadas al estado de preñez ($P > 0,05$). Sin embargo, las vacas subnutridas sufrieron una caída en su PV, CC y GMD, así como en el crecimiento de los terneros que estaban criando, debido probablemente una caída en su producción lechera (Cortés-Lacruz *et al.*, 2017). Respecto a la raza, las vacas PI presentaron mayor CC

que las PA tanto al día 0 como a día 82, siendo los terneros PA más pesados que los PI (al día 0 y al día 82). Además, se observó una interacción significativa entre la raza y el tipo de alimentación que recibió la madre, de manera que los terneros criados por las vacas SUBNUT-PI tuvieron los crecimientos más bajos del estudio (0,628, 0,555, 0,618 y 0,437 kg/d en CONTROL-PA, SUBNUT-PA, CONTROL-PI y SUBNUT-PI, $P < 0,05$).

Con relación a los resultados obtenidos en el parto siguiente de las vacas nodrizas (Cuadro 2), la subnutrición impuesta durante el primer tercio de gestación no afectó al PV de las vacas en el momento del parto. Sin embargo, las vacas del grupo CONTROL tuvieron mayor CC al parto que las del grupo SUBNUT. A su vez, las vacas de raza Pirenaica presentaron mayor CC al parto que las vacas Pardas. En relación con la evolución del peso de las vacas, se observó una interacción significativa entre la alimentación recibida durante el primer tercio de gestación y la raza, mostrando todas las vacas pérdidas de peso durante la lactación, excepto el grupo SUBNUT-PI que lo mantuvo. La pro-

ducción de leche de las vacas nodrizas no se vio afectada por el tipo de alimentación recibida durante la gestación temprana, pero sí por la raza, ya que las PA presentaron una mayor producción lechera, en línea con estudios previos realizados en las mismas razas (Casasús *et al.*, 2004). El contenido en grasa de la leche fue mayor en las vacas SUBNUT que en las vacas CONTROL, y también fue mayor en las vacas PI que en las PA. Es probable que la mayor movilización de ácidos grasos en el grupo SUBNUT favoreciera su

captación en la glándula mamaria, incrementando el porcentaje de grasa de la leche, en línea con los resultados obtenidos por Pulina *et al.* (2006). La tasa de proteína de la leche no difirió entre los distintos tratamientos. La duración del anestro postparto no se vio afectada por la alimentación materna, pero sí por la raza, ya que las vacas PI reiniciaron su actividad ovárica antes que las PA, debido probablemente a su mayor CC en el momento del parto (Sanz *et al.*, 2004).

La alimentación materna recibida durante

Cuadro 2. Rendimientos de las vacas y de los terneros durante la siguiente lactación, en función del tipo de alimentación materna, de la raza, o de su interacción cuando fue significativa (Modificado de Noya *et al.*, 2019b).

	Alimentación		Raza		Raíz MSE	Significación		
	CONTROL	SUBNUT	PA	PI		Alim.	Raza	CCp
Vacas								
PV al parto (kg)	605	592	598	599	54,4	n.s.	n.s.	-
CC parto	2,8 ^a	2,7 ^b	2,7 ^b	2,9 ^a	0,2	<0,05	<0,001	-
Producción leche día 23 (kg/d)	9,5	8,7	9,9 ^a	8,3 ^b	2,1	n.s.	<0,01	<0,05
Grasa (%)	4,4 ^b	4,8 ^a	4,2 ^b	4,9 ^a	0,6	<0,01	<0,001	<0,05
Proteína (%)	3,6	3,7	3,6	3,7	0,3	n.s.	n.s.	<0,05
Duración APP (d)	40	46	49 ^a	38 ^b	0,2	n.s.	<0,05	<0,001
Terneros								
PV al nacimiento (kg)	42	42	45 ^a	39 ^b	6,2	n.s.	<0,001	<0,05
Ingesta de leche día 25 (kg/d)	8,8 ^a	7,8 ^b	9,2 ^a	7,4 ^b	1,5	<0,05	<0,001	<0,05
Alzada a la cruz día 120 (cm)	94 ^a	93 ^b	95 ^a	92 ^b	3,2	<0,05	<0,001	n.s.
Perímetro torácico día 120 (cm)	119 ^a	115 ^b	118 ^a	115 ^b	5,5	<0,01	<0,05	<0,01
Interacción de Alimentación x Raza en:								
	CONTROL-PA	SUBNUT-PA	CONTROL-PI	SUBNUT-PI		P valor		
GMD vacas (kg/d)	-0,151 ^b	-0,188 ^b	-0,179 ^b	-0,004 ^a		<0,05		
GMD terneros (kg/d)	0,807 ^a	0,792 ^a	0,860 ^a	0,672 ^b		<0,05		
PV Destete terneros (kg)	149 ^a	146 ^a	155 ^a	126 ^b		<0,001		

n.s.: no significativo; a,b: diferencias entre medias $P < 0,05$

CONTROL: animales alimentados durante el primer tercio de gestación con el 100% de sus necesidades energéticas; SUBNUT: animales alimentados con el 65% de sus necesidades energéticas; PA: Parda de Montaña; PI: Pirenaica; MSE: error cuadrático medio; PV: peso vivo; CCp: condición corporal al parto; GMD: ganancia media diaria; APP: anestro posparto

la gestación temprana no afectó al PV de los terneros al nacimiento (Cuadro 2). Sí lo hizo la raza, siendo los terneros PA más pesados al nacimiento que los PI, resultados similares a los obtenidos en estudios previos (Rodríguez-Sánchez *et al.*, 2018). Al igual que sucedió en las madres, la GMD de los terneros durante la lactación se vio afectada por la interacción alimentación materna x raza, siendo los terneros SUBNUT-PI los que tuvieron menores crecimientos y menor peso al destete a 120 días (21% inferior). Al final de la lactación, los terneros SUBNUT y los terneros PI mostraron un menor desarrollo corporal, con menor alzada a la cruz y perímetro torácico que sus homólogos. Este peor desarrollo pudo deberse en parte a la menor ingesta de leche (registrada el día 25 de lactación) en los terneros SUBNUT y en los terneros PI; y también a un efecto negativo ligado a alteraciones en la programación fetal a causa de un ambiente intrauterino restrictivo (Noya *et al.*, enviado). Es probable que estos terneros, con “fenotipo ahorrativo”, posteriormente expuestos a un ambiente no restrictivo de alimentos hayan sufrido desórdenes metabólicos y un retraso en su crecimiento y desarrollo postnatal.

La estimación de la producción de leche de las vacas por el método de la doble pesada del ternero tuvo una correlación moderada con la producción lechera obtenida mediante ordeño mecánico ($r = 0,47$; $P = 0,001$).

La CC de las vacas al parto estuvo condicionada por la alimentación recibida 6-9 meses antes y afectó a todos los parámetros analizados en el estudio tanto en las madres como en la descendencia, excepto a la GMD de las vacas y la alzada a la cruz de los terneros, destacando el papel a largo plazo de

la alimentación materna en el periodo peri-implantacional tanto sobre las madres como sobre la descendencia, en línea con lo descrito por Fleming *et al.* (2012).

En la figura 2 se muestra la evolución creciente de los valores plasmáticos de IGF-1 de los terneros a lo largo de la lactación, y la interacción observada entre el tipo de alimentación materna y la raza ($P < 0,05$). Mientras que no hubo diferencias entre los subgrupos de los terneros PA, los terneros CONTROL-PI presentaron mayor concentración plasmática de IGF-1 que los terneros SUBNUT-PI ($P < 0,001$), al igual que sucedió con los crecimientos de los terneros. Otros trabajos previos también han relacionado de forma positiva los niveles plasmáticos de IGF-1 con el crecimiento y desarrollo de los terneros (Rodríguez-Sánchez *et al.*, 2018). El sistema de regulación fisiológica de la IGF-1 en los terneros SUBNUT-PI podría haberse alterado a consecuencia de una reprogramación fetal para hacer frente a la subnutrición gestacional, en línea con la teoría propuesta por Gallaher *et al.* (1998). Esta mayor sensibilidad de la raza Pirenaica a la subnutrición materna temprana también se ha detectado al estudiar otros aspectos como el reconocimiento de la gestación (aumentando el riesgo de pérdidas embrionarias durante las primeras semanas de gestación; Serrano *et al.*, enviado); diversos parámetros eritrocitarios, leucocitarios y plaquetarios de las vacas; la vitalidad al nacimiento y los niveles de cortisol de los terneros que han sufrido un ambiente de subnutrición fetal (Noya *et al.*, 2019a); y la transferencia de inmunidad de la vaca al ternero a través del calostro (Ig G y M) (Noya *et al.*, 2018).

A la vista de los resultados anteriores podemos concluir que la subnutrición materna su-

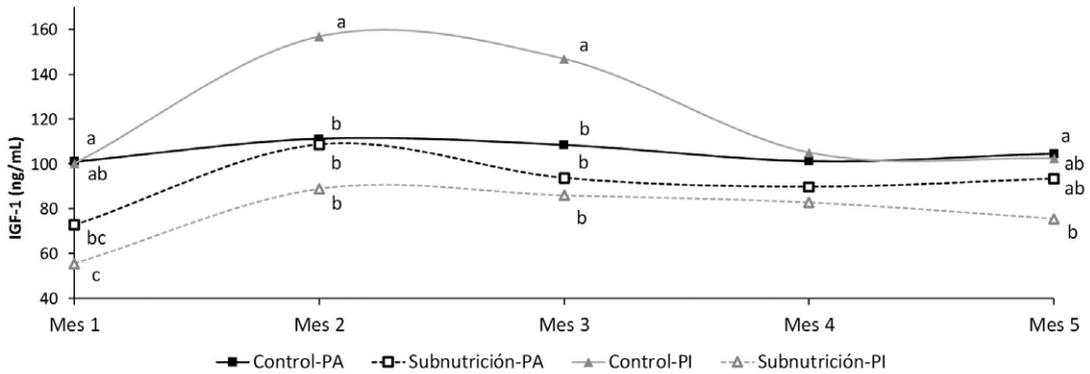


Figura 2. Concentración plasmática de IGF-1 en terneros durante la lactación, en función del tipo de alimentación materna y la raza (Noya *et al.*, 2019b).

frida durante el primer tercio de gestación en vacas nodrizas tuvo repercusiones negativas a corto, medio y largo plazo sobre los rendimientos productivos de las vacas, sobre el crecimiento de los terneros criados durante la gestación temprana y sobre el crecimiento y desarrollo postnatal de los terneros expuestos a un ambiente de subnutrición fetal. La subnutrición materna también se reflejó en una menor CC de las vacas al parto, que indirectamente afectó a prácticamente todos los parámetros estudiados tanto en la vaca nodriza como en su descendencia. El ensayo puso de manifiesto una mayor sensibilidad de la raza Pirenaica a la subnutrición materna temprana, mostrando los terneros Pirenaicos nacidos de madres subnutridas los menores crecimientos y pesos a destete a 120 días. Será necesario evaluar en el futuro los posibles efectos residuales de la alimentación materna sobre la eficiencia de

los terneros destinados a invernada y de las terneras criadas para reemplazo.

Del estudio se desprende la necesidad de que los ganaderos garanticen una adecuada alimentación de las vacas preñadas que a su vez estén criando un ternero, introduciendo si es necesario cambios sustanciales en el manejo de sus explotaciones, para mejorar los actuales índices productivos y reproductivos de las vacas nodrizas.

AGRADECIMIENTOS

Al personal técnico del CITA de Aragón. Financiación procedente del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria de España (INIA RTA2013-059; INIA RZP 2010-02; Contrato FPI-INIA de A. Noya) y del Gobierno de Aragón (Grupo de investigación A14_17R).

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Rodríguez, J.; Palacio, J.; Sanz, A.** 2010. Effects of nursing frequency and parity on the metabolic and reproductive function of beef cows. *Livestock Science*, 129(1-3):111-121. doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.01.013>
- Álvarez-Rodríguez, J.; Sanz, A.** 2009. Physiological and behavioural responses of cows from two breeds submitted to different suckling strategies. *Applied Animal Behaviour Science*, 120(1-2):39-48. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.05.004>
- Barker, D.J.; Osmond, C.; Golding, J.; Kuh, D.; Wadsworth, M.E.** 1989. Growth in utero, blood pressure in childhood and adult life, and mortality from cardiovascular disease. *British Medical Journal*, 298 (6673):564-567. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.298.6673.564>
- Casasús, I.; Sanz, A.; Villalba, D.; Ferrer, R.; Revilla, R.** 2004. Intake capacity of two breeds of suckler cattle of different milk yield potential and validation of prediction models. *Livestock Production Science*, 89(2-3):195-207. doi: <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.02.003>
- Cortés-Lacruz, X.; Casasús, I.; Revilla, R.; Sanz, A.; Blanco, M.; Villalba, D.** 2017. The milk yield of dams and its relation to direct and maternal genetic components of weaning weight in beef cattle. *Livestock Science*, 202:143-149. doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.05.025>
- Fleming, T.; Velazquez, M.; Eckert, J.; Lucas, E.; Watkins, A.** 2012. Nutrition of females during the peri-conceptual period and effects on foetal programming and health of offspring. *Animal Reproduction Science*, 130:193-197. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.01.015>
- Gallagher, B.; Breier, B.; Keven, C.; Harding, J.; Gluckman, P.** 1998. Fetal programming of insulin-like growth factor (IGF)-I and IGF-binding protein-3: Evidence for an altered response to undernutrition in late gestation following exposure to periconceptual undernutrition in the sheep. *Journal of Endocrinology*, 159:501-508. doi:10.1677/joe.0.1590501.
- Le Du, Y.; Macdonald, A.; Peart, J.** 1979. Comparison of two techniques for estimating the milk production of suckler cows. *Livestock Production Science*, 6(3):277-281. doi: [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(79\)90045-9](https://doi.org/10.1016/0301-6226(79)90045-9)
- Lowman, B.G.; Scott, N.A.; Somerville, S.H.** 1976. Condition scoring cattle. Rev. Ed. Edinburgh: East of Scotland College of Agriculture. pp.1-31. (Bulletin no. 6).
- Noya, A.; Casasús, I.; Alabart, J.L.; Serrano-Pérez, B.; Villalba, D.; Rodríguez-Sánchez, J.A.; Ferrer, J.; Sanz, A.** 2018. Passive transfer of dam immunoglobulins to calf in two beef breeds undernourished in early pregnancy. In: Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (69th 2018, Dubrovnik, Croatia), Book of abstracts. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers. pp. 111.
- Noya, A.; Casasús, I.; Ferrer, J.; Rodríguez-Sánchez, J.A.; Villalba, D.; Sanz, A.** 2017. Efecto de la raza y de la subnutrición durante el primer tercio de gestación sobre los parámetros productivos y reproductivos de las vacas nodrizas. In: Congreso Internacional ANEMBE de Medicina Bovina (22nd, 2017, Pamplona, España).
- Noya, A.; Casasús, I.; Ferrer, J.; Sanz, A.** 2019. Long-term effects of maternal subnutrition in early pregnancy on cow-calf performance, immunological and physiological profiles. *Animals* (621549, Major revisión 16.10.2019 - In Press).

Noya, A.; Casasús, I.; Ferrer, J.; Sanz, A. 2019b. La subnutrición durante el primer tercio de gestación de las vacas disminuye los rendimientos de la descendencia en la lactación. Jornadas sobre producción animal (18va., Zaragoza, España). Actas. Zaragoza, AIDA. pp. 326-328.

Noya, A.; Serrano-Pérez, B.; Villalba, D.; Casasús, I.; Molina, E.; López-Helguera, I.; Sanz, A. 2019a. Effects of Maternal Subnutrition during Early Pregnancy on Cow Hematological Profiles and Offspring Physiology and Vitality in Two Beef Breeds. *Animal Science Journal*, 90(7):857-869. doi: <https://doi.org/10.1111/asj.13215>

Pulina, G.; Nudda, A.; Battacone, G.; Cannas, A. 2006. Effects of nutrition on the contents of fat, protein, somatic cells, aromatic compounds, and undesirable substances in sheep milk. *Animal Feed Science and Technology*, 131(3-4):255-291. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.05.023>

Rodrigues, P.F.; Menezes, L.M.; Azambuja, R.C.C.; Suñé, R.W.; Barbosa Silveira, I.D.; Cardoso, F.F. 2014. Milk yield and composition from Angus and Angus-cross beef cows raised in southern Brazil. *Journal of Animal Science*, 92(6):2668-2676. Doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7055>

Rodríguez-Sánchez, J.A.; Sanz, A.; Ferrer, J.; Casasús, I. 2018. Influence of postweaning feeding management of beef heifers on performance and physiological profiles through rearing and first lactation. *Domestic animal endocrinology*, 65:24-37. doi: <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2018.05.001>

Sanz, A.; Casasús, I.; Bernués, A.; Revilla, R. 2001. Reinicio de la actividad folicular en vacas nodrizas sometidas a diferentes niveles de alimentación antes y después del parto. XVIII Jornadas sobre producción animal AIDA. Revista ITEA, Vol. extra 22:727-729. http://www.aida-itea.org/aida-itea/files/jornadas/2001/comunicaciones/2001_Rep_05.pdf

Sanz A., Macmillan K., Colazo M.G. 2019. Revisión de los programas de sincronización ovárica basados en el uso de hormona liberadora de gonadotropinas y prostaglandina F2α para novillas de leche y de carne. *Revista ITEA-Información Técnica Económica Agraria* 115 (3), 16 págs. doi:10.12706/itea.2019.002.

Sanz, A.; Bernués, A.; Villalba, D.; Casasús, I.; Revilla, R. 2004. Influence of management and nutrition on postpartum interval in Brown Swiss and Pirenaica cows. *Livestock Production Science*, 86(1-3):179-191. doi: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00165-9](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00165-9)

Serrano-Pérez, B.; Molina, E.; Noya, A.; López-Helguera, I.; Casasús, I.; Sanz, A.; Villalba, D. 2019. Maternal nutrient restriction in early pregnancy increases the risk of late embryo loss despite no effects on embryo signalling in suckler beef cattle. *Research in Veterinary Science (RVSC_2019_661, Major revision 10.9.2019 – In Press).*