

# EFECTO DE DOS NIVELES DE ENERGÍA EN EL ALIMENTO DE ÚLTIMO TERCIO DE GESTACIÓN EN BOVINOS PARA CARNE SOBRE EL DESEMPEÑO DE LA PROGENIE AL NACIMIENTO Y PUBERTAD

C. Batista<sup>1</sup>; J.I. Velazco<sup>2</sup>; F. Baldi<sup>3</sup>; G. Banchemo<sup>4</sup>; G. Quintans<sup>2</sup>

## RESUMEN

Se evaluó el efecto del nivel energético de la dieta durante el último tercio de gestación en vacas de carne, sobre las placentas, comportamiento y morfometría de las hijas al parto y la edad a la pubertad. Treinta y una vacas cruza múltiparas, inseminadas por IATF (inseminación artificial a tiempo fijo) y gestando hembras fueron asignadas a dos tratamientos de alimentación energética en el Día -90 (Día 0=parto): i- 125% de los requerimientos (AL; n=15) y ii- 75% de los requerimientos (BA; n=16). En las vacas se registró duración del parto y características de la placenta y en las terneras el tiempo que insumió pararse, mamar y el total del tiempo mamando. Posparto se registró peso vivo, largo y alto de las terneras. La duración del parto y las características de las placentas no fueron afectadas por los tratamientos; tampoco el peso de las terneras. La altura de las terneras fue menor en BA respecto a AL (70,2±1,0 vs. 72,2±1,0 cm;  $P=0,03$ ); diferencia que desaparece al emplear peso vivo al nacimiento como covariable. El resto de la morfometría, así como el comportamiento no fueron afectados por los tratamientos, aunque las terneras de BA tendieron a mamar antes que las terneras AL (9,2±8,9 y 24,6±8,4 min;  $P=0,08$ ). La ganancia de peso de las terneras AL fue mayor ( $P<0,01$ ), y la edad a la pubertad no fue afectada por los tratamientos. La restricción energética impuesta durante el último tercio de gestación no generó cambios evidentes en las variables evaluadas, posiblemente debido a la capacidad de adaptación que tienen las vacas de carne en sistemas pastoriles.

**Palabras clave:** programación fetal, subnutrición, posparto inmediato, vacas de cría

## ABSTRACT

The effect of energy intake during late gestation in beef cows on the placentas, behaviour and morphometry of the female calves at parturition and age at puberty was evaluated. Thirty-one British multiparous cows, inseminated by FTAI (fixed time artificial inseminated) and carrying female calves were assigned to two energy-feeding treatments on Day -90 (Day 0=parturition): i- 125% of requirements (AL, n=15) and ii- 75 % of requirements (BA; n=16). Duration of delivery and characteristics of the placenta were recorded in the cows. In the calves, time trying to stand, suckle and the total time suckling were recorded. Postpartum live weight, length and height of the calves were recorded. Duration of delivery and the characteristics of placentas were not affected by the treatments; neither the calves birth weight. Height of the calves was lower in BA compared to AL (70.2±1.0 vs. 72.2±1.0 cm,  $P=0.03$ ); that difference disappear when using birth weight as a covariate. The rest of the morphometry, as well as the behaviour, were not affected by the treatments, although calves of BA tended to suckle earlier than AL (9.2±8.9 and 24.6±8.4 min;  $P=0.08$ ). Daily weight gain was higher in calves AL ( $P<0.01$ ) and age at puberty was not affected by treatments. The energy restriction imposed during the last third of gestation did not generate evident changes in the evaluated variables, possibly due to the adaptability that meat cows have in pastoral systems.

**Keywords:** fetal programming, subnutrition, immediate postpartum

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

<sup>2</sup> Programa Nacional de Investigación en Producción de Carne y Lana, INIA Treinta y Tres, Uruguay.

<sup>3</sup> Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Universidade Estadual Paulista, Brasil.

<sup>4</sup> Programa Nacional de Investigación en Producción de Carne y Lana, INIA La Estanzuela, Uruguay.

## INTRODUCCIÓN

Bajo condiciones de pastoreo y especialmente de pasturas nativas, la capacidad de cubrir los requerimientos del último tercio de gestación de vacas de carne puede estar limitada por la baja cantidad y calidad de alimento. Esto condiciona la adecuada ingesta de energía y proteína afectando el peso vivo y condición corporal de la madre gestante (Martin *et al.*, 2007; Quintans *et al.*, 2008; Scarsi y Quintans, 2013). En el último tercio de gestación la energía requerida para el mantenimiento de la gestación en la vaca representa un 39% del total de energía, en tanto la demanda proteica es menor. En humanos, ovinos y bovinos las alteraciones en la nutrición materna y en la función placentaria están asociadas con bajo crecimiento fetal, poco desarrollo y bajo peso al nacimiento (Barker, 1998; Greenwood *et al.*, 2010; Reyes, 2015). Por otra parte, en bovinos el desarrollo de la placenta comienza a los 25 a 30 días de gestación y su crecimiento máximo y desarrollo se alcanza en el último tercio de gestación, acompañando el crecimiento del feto e incrementando la demanda de energía (Assis *et al.*, 2010). En vacas para carne con subnutrición energética durante el primer tercio de gestación el peso placentario disminuyó sin cambiar el peso fetal (Vonnahme *et al.*, 2007). Cuando la subnutrición en la gestación temprana fue proteica, Zhu *et al.* (2007) reportaron bajo peso de placenta y de los terneros al nacimiento.

Son escasas las observaciones documentadas del efecto del estado nutricional de las vacas al final de la gestación sobre el vigor de las crías (Riley *et al.*, 2004). En este sentido, Kroker y Cummings (1979) reportaron que el vigor fue afectado negativamente en los terneros hijos de vaquillonas mantenidas con bajo plano de alimentación durante el último tercio de gestación. Por otra parte, en ovinos también fue observado un efecto negativo en el vigor del cordero cuando la demanda nutricional no fue cubierta en la etapa fetal (Dwyer *et al.*, 2005). Bancho *et al.* (2005) reportaron que corderos nacidos de ovejas en buena condición corporal

presentaron mejor comportamiento y vigor al parto que aquellos nacidos de ovejas en baja condición corporal.

Resulta evidente también que la nutrición energética inadecuada de bovinos y ovinos durante la gestación influye negativamente sobre el crecimiento del feto. Ejemplo de esto son los trabajos de Gao *et al.* (2012), que empleando vacas lecheras alimentadas con bajo nivel de energía durante los últimos 21 días de gestación observaron terneros con menor peso vivo, altura corporal, longitud corporal, circunferencia torácica y circunferencia abdominal respecto de la progenie de vacas con alto nivel de energía. Sin embargo, Jennings *et al.*, (2016), no observaron diferencias a los 170 días de gestación en peso vivo y medidas morfométricas fetales en vacas para carne alimentadas en tres planos diferentes de energía. Es claro que el ambiente nutricional condiciona el desarrollo y tamaño de las crías al parto (Funston *et al.*, 2010) y se requiere más información acerca del efecto nutricional energético en el último tercio de gestación sobre el desarrollo y comportamiento de la progenie en vacas de carne.

El efecto de la nutrición energética en el último tercio de gestación sobre la edad a la pubertad de la progenie tiene escasos reportes documentados. Cushman *et al.* (2014) y Corah *et al.* (1975) no observaron influencias sobre la edad a la pubertad de las hijas de vacas suplementadas con niveles bajos de energía. En cambio tratamientos con altos valores nutricionales en la dieta de ovejas en el último tercio de gestación provocaron diferencias en edad a la pubertad (Da Silva *et al.*, 2003). Se requiere mayor información del efecto nutricional energético en el último tercio de gestación sobre la edad a la pubertad de la progenie de vacas de carne.

Nuestra hipótesis de trabajo fue que un bajo nivel energético (75% de los requerimientos) durante el último tercio de gestación en vacas de carne afecta el desarrollo de la placenta, de las terneras y el comportamiento de estas en las primeras horas de vida,

además de la edad a la pubertad. El objetivo del experimento fue conocer las características placentarias, evaluar el comportamiento y las características morfológicas y edad a la pubertad de terneras nacidas de vacas que recibieron planes nutricionales contrastantes durante el último tercio de gestación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación y diseño experimental

El experimento fue realizado en la Unidad Experimental Palo a Pique de INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria) Treinta y Tres (Uruguay, 33°S, 56°O) y los procedimientos con animales aprobados por la comisión para la experimentación animal de Uruguay (CHEA, 0009/11). De un rodeo experimental de 200 vacas de cría fueron seleccionadas 31 vacas cruza (Aberdeen Angus x Hereford), de 4 - 9 años, múltiparas, inseminadas por IATF (inseminación a tiempo fijo) sin repaso con toros y comenzando su último tercio de gestación. Los toros utilizados ( $n = 4$ ) para la inseminación fueron seleccionados por bajo peso al nacimiento. El diagnóstico de gestación y determinación del sexo de las crías fue realizado el día 116 post inseminación. Se identificaron las vacas gestando hembras y se determinó fecha probable de parto considerando el largo de gestación de 280 días. Considerando el parto como el día 0, en el día -90 las vacas fueron asignadas a dos tratamientos hasta el parto: i- alimentadas al 125% de los requerimientos energéticos de mantenimiento (AL;  $n = 15$ ) y ii- alimentadas al 75% de los requerimientos energéticos de mantenimiento (BA;  $n = 16$ ) (NRC, 2000).

### Alimentación

Desde el inicio y durante todo el experimento las vacas fueron alimentadas con un concentrado comercial (balanceado de recría con fibra, RINDE® S.A., Uruguay) y 2 kg de heno seco como fibra efectiva (*Lolium perenne* y *Holcus mollis*), ofrecidos en dos comidas diarias. Veinticinco gramos de amortiguador de pH ruminal (Acid-Buf® Cel-

tic Sea Minerals, Co. Cork, Ireland) a base de algas marinas calcáreas con 30 % Ca+2, 5,5 % Mg y 500 ppm de P fue agregado al concentrado. Se suministró sal comercial *ad libitum* en el corral con 16 % Ca+2 y 6 % P (Bovifos®, Nutral, Canelones, Uruguay). Previo al comienzo del experimento todas las vacas fueron acostumbradas a consumir el concentrado comercial por un período de 20 días. Las vacas fueron manejadas durante el periodo experimental en un corral a cielo abierto con piso de arena, disponiendo de 30 m<sup>2</sup> por vaca, sin acceso a pastura natural u otro alimento distinto al ofrecido y con libre acceso al agua. El alimento fue suministrado en módulos de alimentación individual. La alimentación fue ajustada (NRC, 2000) el Día -90 de acuerdo con el estado fisiológico y peso vivo (PV) promedio de las vacas resultando en 8,0 y 4,8 kg de concentrado por animal y por día para AL y BA respectivamente. En el Día -45, la cantidad de concentrado fue nuevamente ajustada de acuerdo con el PV promedio resultando en 9,1 kg y 5,4 kg por animal y por día para AL y BA respectivamente.

### Mediciones en los animales

El PV y la condición corporal (CC) de las vacas fue registrada en los Días -90 y -45 y dentro de las primeras 24 horas posparto. La escala de CC utilizada fue de 8 puntos (1: emaciada y 8: obesa; Vizcarra *et al.*, 1986). El largo de gestación fue registrado y desde el comienzo del período de partos estimado las vacas fueron vigiladas las 24 horas, el período de partos comenzó exactamente el día considerado y se extendió 14 días. Luego del parto se recogieron 11 placentas por tratamiento las que fueron drenadas y pesadas. La eficiencia placentaria (EP) fue obtenida por el cociente entre el PV de las terneras al nacimiento y el peso de la placenta. Dentro de las mediciones de comportamiento se registró el tiempo del parto considerado como el período desde que alguna parte de las extremidades de la ternera aparecía por la vulva y cuando la ternera era expulsada (parto). Y luego del nacimiento, se evaluaron los siguientes

eventos: intento de pararse, período desde el nacimiento hasta que las terneras logran permanecer al menos 10 segundos sobre sus cuatro miembros (IP); intento de mamar, período que va desde que la ternera logra pararse hasta que intenta mamar (IM) y tiempo mamando, período entre que lograba mamar y terminaba de mamar (TM). A las 8 horas posparto se registró el peso vivo y los valores morfométricos de todas las terneras incluyendo: largo (distancia lineal a lo largo de la columna vertebral desde el hueso occipital hasta la primera vertebra coxígea), altura (distancia lineal desde dorsal de la cadera al piso), circunferencia cefálica (medida alrededor del hueso parietal y la mandíbula, inmediatamente posterior al orbital), circunferencia torácica (perímetro del tórax medido inmediatamente posterior a los miembros anteriores) y circunferencia abdominal (perímetro abdominal medido sobre la línea umbilical). Para las medidas morfométricas se utilizó cinta métrica con precisión  $\pm 1$  mm, manejada siempre por el mismo operario. Desde el parto hasta el destete y cada 14 días se registró el PV y la ganancia diaria (GD) de las terneras. La producción de leche de las vacas fue estimada a través de ordeño mecánico directo desde el día 16 posparto y cada 30 días hasta el destete (Quintans *et al.*, 2010). A partir de los 12 meses de edad se registró la actividad ovárica (AO) por ultrasonografía como método para determinar el inicio de la pubertad.

### Análisis estadístico

El análisis estadístico fue realizado utilizando un modelo lineal mixto (SAS 9.4; SAS Institute Inc, Cary, NC, USA). Las variables analizadas se modelaron incluyendo como efecto fijo el tratamiento y edad de la madre, como aleatorios al padre y biotipo de la vaca. Para las variables morfométricas se incorporó como covariable el peso vivo al nacimiento y para edad a la pubertad el peso vivo. Los valores son presentados como media  $\pm$  error estándar (EE).

## RESULTADOS

Las vacas en AL y BA experimentaron evoluciones de PV y CC diferentes desde el comienzo de los tratamientos hasta el parto verificando la efectividad de los tratamientos nutricionales aplicados. El PV de las vacas al día  $-90$  fue en el tratamiento AL=  $464 \pm 11,8$  kg y en BA=  $475 \pm 15,4$  kg, ( $P= 0,53$ ), mientras la CC fue en el tratamiento AL=  $3,8 \pm 0,06$  u y en BA=  $3,9 \pm 0,08$  u, ( $P= 0,40$ ). Al día  $-45$  el PV de las vacas fue 6,7% menor en el tratamiento BA=  $459 \pm 15,4$  kg que en AL=  $492 \pm 11,8$  kg, ( $P= 0,07$ ) y la CC fue 7,3% menor en el tratamiento BA=  $3,8 \pm 0,08$  u que en AL=  $4,1 \pm 0,06$  u, ( $P=0,03$ ). En el posparto el PV de las vacas fue 7,5% menor en el tratamiento BA=  $417 \pm 15,4$  kg que en AL=  $451 \pm 11,8$  kg, ( $P=0,06$ ), mientras que la CC fue 9,5% menor en el tratamiento BA=  $3,8 \pm 0,08$  u que en AL=  $4,2 \pm 0,06$  u, ( $P<0,01$ ). El largo de gestación fue  $281 \pm 1,3$  días en el grupo AL y  $280 \pm 1,3$  días en el grupo BA ( $P=0,15$ ). El peso de las placentas no fue significativamente diferente entre tratamientos, aunque las vacas en BA tuvieron placentas numéricamente 11% más livianas que las vacas en AL ( $4,1 \pm 0,7$  kg y  $4,6 \pm 0,7$  kg para BA y AL respectivamente,  $P=0,18$ ), también la EP fue similar entre los tratamientos ( $8,86 \pm 0,7$  para AL y  $8,6 \pm 0,6$  para BA ( $P=0,77$ ). La duración del parto, el intervalo entre el nacimiento e intentar pararse no fueron afectados por los tratamientos impuestos a las vacas. Las terneras del tratamiento BA tendieron a mamar en menor tiempo, 14 minutos antes, que las del tratamiento AL ( $27,3 \pm 11,2$  minutos y  $40,8 \pm 11,7$  minutos respectivamente,  $P=0,07$ ), aunque el tiempo total mamando no fue diferente entre tratamientos ( $P= 0,95$ ). No hubo diferencia en el PV de las terneras al nacimiento entre los tratamientos ( $33,2 \pm 2,5$  kg y  $32,0 \pm 2,3$  kg para AL y BA respectivamente,  $P=0,33$ ). Dentro de las variables morfométricas, el tratamiento solo afectó el valor observado para la altura siendo las terneras del tratamiento AL más altas que las BA ( $72,2 \pm 1,0$  centímetros y  $70,2 \pm 1,0$  centímetros respectivamente,  $P=0,03$ ). Al corregir las medidas por el peso vivo de

la ternera al nacimiento, los tratamientos no afectaron ninguna de las variables morfométricas. Los tratamientos no afectaron el PV de las terneras desde el nacimiento hasta el destete y tampoco a la pubertad. Las terneras hijas de vacas del tratamiento AL presentaron mayor GD al destete que las de BA

( $P=0,01$ ) (Cuadro 1). La producción de leche no fue afectada por los tratamientos siendo  $AL= 7,61 \pm 0,33$  kg/día y  $BA= 7,72 \pm 0,37$  kg/día, ( $P=0,79$ ). La totalidad de las terneras entraron en pubertad no habiendo diferencias en la edad y PV entre los tratamientos (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Peso vivo, ganancia diaria y edad a la pubertad de terneras hijas de vacas en alto y bajo plano nutricional en el último tercio de gestación

Variables	Alta	Baja	P
Número de animales	15	16	
PV (kg) nacimiento	$34 \pm 3,2$	$32 \pm 3,6$	0,60
PV (kg) 90 días	$76 \pm 2,1$	$74 \pm 2,3$	0,58
GD (kg/día) 90 días	$0,84 \pm 0,02$	$0,81 \pm 0,02$	0,12
PV (kg) destete	$117 \pm 3,0$	$113 \pm 3,5$	0,25
GD (kg/día) destete	$0,9 \pm 0,02$	$0,84 \pm 0,02$	<0,01
Edad a la pubertad (meses)	14,7	15	0,12
PV (kg) pubertad 15 meses	$331 \pm 8,5$	$318 \pm 8,7$	0,10

Alta= 125% de los requerimientos de energía, Baja= 75% requerimientos de energía, PV= peso vivo, GD= ganancia diaria

## DISCUSIÓN

El manejo nutricional impuesto a las vacas durante el último tercio de gestación, en condiciones controladas, fue efectivo en generar diferencias en el peso vivo y la condición corporal de las madres al parto. Sin embargo, el nivel de restricción energética impuesta a las vacas del tratamiento BA (cubriendo solamente el 75% de sus requerimientos) no afectó todas las características evaluadas en la progenie.

Se podría especular que en respuesta a los niveles de proteína en los tratamientos (40% BA y 120% AL) por encima del requerimiento (NRC 2000), aumentaría la disponibilidad de energía provocando aumento de las reservas grasas corporales i.e. CC de las vacas. Sin embargo, se observó que la CC fue menor en el tratamiento BA. Probablemente la gran disponibilidad de carbohidratos de rápida degradación provocó mayor absorción de grupos amino N por parte de los microorganismos y como consecuencia mayor

consumo y rápido agotamiento del amoníaco (Simeone *et al.*, 2004). En consecuencia la proteína ofrecida fue completamente utilizada por la flora ruminal para su propio metabolismo sin que se alterara la energía disponible y el balance dispuesto en los dos tratamientos (Simeone *et al.*, 2002). El exceso de proteína y el aumento del metabolismo en la flora ruminal provocarían aumento de AA disponibles afectando el desarrollo fetal y placentario, pero la suplementación de proteínas no parece afectar el crecimiento fetal en el último tercio de gestación (Lemaster *et al.*, 2016; NRC 2000). La diferencia de CC y PV de los tratamientos no parece explicarse por los niveles de proteína si no por los cambios de la reserva grasa.

El aumento de peso vivo de las vacas entre los tratamientos en el último tercio de gestación hasta inicios del período de parto (30 kg AL y 19 kg BA) puede ser explicado por el aumento del tamaño fetal y placentario, así como al aumento de los líquidos gestacionales en dicho período (NRC 2000). Sin

embargo, las diferencias de peso vivo entre tratamientos no serían consecuencia directa del aumento en los tamaños fetal y placentarios o de líquidos de la gestación ya que no se observaron diferencias en el peso vivo de las terneras y pesos de las placentas. La diferencia en la evolución de la condición corporal de las vacas según tratamiento, durante el último tercio de gestación se explica fundamentalmente por el nivel de energía ofrecido en los tratamientos. Es posible hipotetizar que las vacas en BA realizaron una mayor movilización de reservas energéticas corporales para mantener su metabolismo asociado al menor aumento de peso vivo a finales de la gestación en relación con AL (NRC 2000). Sustenta esta hipótesis la evolución de la CC observada (significativamente menor al parto para las vacas de BA) dado que la CC es una valoración del estado de las reservas corporales del animal. Estos resultados coinciden con los observados por Corah *et al.* (1975) quienes observaron menor aumento de PV en vacas para carne en el último tercio de gestación alimentadas con niveles de energía del 50% de los requerimientos recomendados. Por otro lado, ovejas adultas alimentadas al 60% de los requerimientos de energía durante el último tercio de gestación también vieron afectada su condición corporal al parto (Quigley *et al.*, 2008).

El nivel de energía impuesta durante el último tercio de gestación no afectó el peso de la placenta. La placenta bovina alcanza su máximo crecimiento al inicio del último tercio de gestación (Schoonmaker, 2013) para después disminuir la tasa de crecimiento hasta el final de la gestación. El desarrollo de la placenta así como su vascularización sólo se extienden hasta finales de la segunda mitad de la gestación (Assis *et al.*, 2010; Vonnahme *et al.*, 2007) por lo que no era esperable observar diferencias atribuibles a planos nutricionales aplicados en la gestación tardía. En nuestro trabajo los tratamientos se aplicaron después del período de mayor crecimiento y desarrollo de la placenta, lo que explicaría que las placentas del tratamiento de BA fueran únicamente 11% más livianas y tuvieran 10% menos cotiledones respecto a las

placentas de AL sin diferencias significativas evidentes. Niveles más pronunciados de restricción energética (60% de los requerimientos) y aplicados más tempranamente en la gestación (día 50 a 180 de gestación) provocaron alteraciones en la vascularización de la placenta con disminución del índice general de resistencia vascular, de la función placentaria y del peso fetal (Lemley *et al.*, 2018; Vonnahme y Lemley, 2012). Resulta claro que el riesgo de afectar la placenta y/o la función placentaria es pequeño cuando la restricción energética se da tarde en la gestación y no es de severidad extrema.

El comportamiento de las terneras en sus primeras horas de vida no se vio afectado por los niveles energéticos de la dieta ofrecida a las madres durante la gestación tardía. Respecto de los intervalos de tiempo evaluados desde el nacimiento hasta que la ternera logra pararse e intenta mamar, estos no fueron afectados por los tratamientos. Si bien las terneras del grupo BA tendieron a demorar menos en mamar ( $P=0,07$ ) respecto de las AL, esta tendencia no se verifica cuando se observan las restantes variables de comportamiento. Reafirmando este concepto, se observó que el tiempo dedicado a mamar en las primeras horas de vida no fue diferente entre BA y AL por lo que es posible especular que la energía y las inmunoglobulinas del calostro cosechado fueron suficientes en cantidad y calidad para cubrir los requerimientos de las terneras de ambos tratamientos. En un trabajo realizado por Quintans *et al.* (2012) la producción de calostro no registró diferencias ni en cantidad ni en calidad en vacas restringidas durante el parto pero que alcanzaron una CC al parto por encima de 3,8 u, similar al presente experimento. Es posible especular que en ambos experimentos el calostro cosechado fue suficiente para saciar los terneros.

Los niveles de energía consumida por las vacas en el último tercio de gestación no afectaron las medidas morfométricas y el peso vivo de las crías. Si bien la altura de las terneras BA fue 2 cm más baja que las terneras AL, esta diferencia desaparece cuando la

comparación se realiza empleando el peso vivo al nacimiento como covariable. Dicho de otro modo, la diferencia en altura es evidente únicamente cuando se comparan los valores observados y deja de serlo cuando se agrega el peso vivo como variable. El peso vivo de la cría al parto no fue afectado por los tratamientos aplicados, coincidiendo con los resultados de Jenings *et al.* (2016) en tratamientos de energía con 72% y 142% de los requerimientos, aunque para éste autor fueron aplicados en el segundo tercio de gestación. En cambio, vacas y vaquillonas alimentadas en el último tercio de gestación con niveles de energía de 50 a 60% de los requerimientos energéticos tuvieron detrimento de su peso vivo y mala condición corporal, y sus terneros fueron más livianos que los nacidos de vacas y vaquillonas con niveles de energía de 100% a 120% de los requerimientos (Corah *et al.*, 1975; Wiltbank y Remmenga, 1982). Las diferencias de peso vivo de las crías observadas en otros trabajos obedecen a que ante la carencia de energía materna, en el proceso de partición de la energía se afecta negativamente la cantidad de energía disponible para la gestación comprometiendo el desarrollo fetal (Bell, 1995; Corah *et al.*, 1975; Short *et al.*, 1990). Así, los niveles de energía (50% a 60% de los requerimientos) como también la categoría materna pueden afectar negativamente la disponibilidad de energía necesaria para el desarrollo fetal a finales de la gestación (Corah *et al.* 1975; Funston *et al.*, 2012; Johnson y Funston, 2013; NRC 2000; Schonmaker, 2013). Considerando que el mayor crecimiento prenatal se produce en el último tercio de gestación, los niveles nutricionales bajos en energía aplicados en nuestro trabajo no fueron lo suficientemente bajos para provocar una disminución en el peso vivo al nacimiento de las terneras.

Como fue discutido anteriormente, las variables placentarias no fueron afectadas por los tratamientos lo que supone el correcto desempeño de la placenta en el aporte de nutrientes hacia el feto. Además se mencionó, que la evolución de la CC de las vacas en BA ocurre por movilización de reservas corpora-

les para cubrir la falta de energía en la dieta, esto afectaría positivamente la disponibilidad de energía para el desarrollo del feto. Sin embargo, los niveles de energía en el último tercio de gestación afectaron la GD y no afectaron el PV de las terneras al destete. Las terneras del tratamiento AL fueron dos centímetros más altas al nacer, se podría suponer que tienen desarrollo dispar en el tamaño físico respecto a las terneras del tratamiento BA induciendo mayor GD sin modificar el PV (Fescina *et al.*, 2011). El PV de las terneras al destete no fue afectado, posiblemente por el suministro adecuado de la cantidad de leche, la producción de leche de las vacas de los tratamientos no fue diferente (Corah *et al.*, 1975). Se ha reportado que la GD predestete y el PV de la ternera tienen alta correlación con la edad y el adelanto de la pubertad (López-Mazz *et al.*, 2013). Sin embargo tampoco fue afectado el PV a la pubertad o la edad a la pubertad de las terneras. Cushman *et al.* (2014) no observaron influencias sobre el PV y edad a la pubertad de las hijas de vacas suplementadas con niveles de energía en las dietas similares a las implementadas en nuestro trabajo. Tratamientos con niveles bajos en proteína en el alimento de vacas preñadas en el último tercio de gestación obtuvieron resultados similares para pubertad y diferentes para PV (López Valiente, In Press, comunicación personal 2019). En ovinos la restricción de energía de 60% en el último tercio y realimentadas hacia el final de gestación afectó negativamente el PV de corderos al destete y la faena (Piaggio *et al.*, 2017). En cambio tratamientos con altos valores nutricionales en la dieta de ovejas en el último tercio de gestación provocaron diferencias en edad a la pubertad (Da Silva *et al.*, 2003). Tratamientos nutricionales con restricción energética más bajas que 75% aplicados a vacas en el último tercio de gestación afectaron negativamente el PV de las terneras al parto y al destete (Corha, 1975). Posiblemente los tratamientos nutricionales con restricciones del 75% y/o el momento gestacional en el que se aplicaron los tratamientos en nuestro trabajo no afectaron el desempeño productivo y reproductivo de las terneras (Corha, 1975; Cushman *et al.*, 2014; Mossa *et al.*, 2013).

## CONCLUSIÓN

La restricción energética impuesta en el último tercio de gestación no afectó las principales características de la progenie. Es importante destacar que la restricción energética impuesta se expresó tanto en el peso como en la CC de las madres resultando en diferentes evoluciones para estos parámetros desde el inicio de los tratamientos hasta el parto. Es posible, en base a estos resultados, afirmar que las vacas que experimentan pérdidas de CC dentro del rango reportado y en el último tercio de gestación no ponen en riesgo el desempeño de su progenie. Podríamos especular que las vacas pastoreando campo nativo son resilientes, es decir que tienen la capacidad de recuperarse frente a periodos adversos de escasos de forraje. La oferta de alimento en condiciones pastoriles es variable por lo cual se necesita continuar generando información con niveles de restricción más severos que permita explorar el umbral a partir del cual se comprometería el desempeño futuro de la progenie.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal de apoyo del Programa Nacional de Investigación en Carne y Lana de la Unidad Experimental Palo a Pique y al personal de la Estación Experimental del Este por el compromiso, responsabilidad y dedicación con al que realizaron su trabajo diariamente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Assis Neto, A.C.; Pereira, F.T.V.; Santo, T.C.; Ambrosio, C.E.; Leiser, R.; Miglino, M.A.** 2010. Morpho-physical recording of bovine conceptus (*Bos indicus*) and placenta from days 20 to 70 of pregnancy. *Reproduction in Domestic Animals*, 45(5): 760–772. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2009.01345.x>
- Banchero, G.; Quintans, G.; Milton, J.; Lindsay, D.** 2005. Comportamiento maternal y vigor de los corderos al parto: Efecto de la carga fetal y la condición corporal. In: Seminario de Actualización Técnica. Reproducción ovina: recientes avances realizados por INIA, Montevideo, Uruguay. p. 61-67 (INIA Serie Actividades de Difusión; 401) <<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4562/1/Ad-401-Banchero-p.61-67.pdf>>.
- Barker, D.J.P.** 1998. *In utero* programming of chronic disease. *Clinical Science*, 95(2): 115–128.
- Bell, A.W.** 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal of Animal Science*, 73(9): 2804–2819. <https://doi.org/10.2527/1995.7392804x>
- 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. <https://doi.org/10.2527/jas1975.413819x>
- Cushman, R.A.; McNeel, A.K.; Freetly, H.C.** 2014. The impact of cow nutrient status during the second and third trimesters on age at puberty, antral follicle count, and fertility of daughters. *Livestock Science*, 162: 252-258. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.01.033>



- Da Silva, P.; Aitken, R.P.; Rhind, S.M.; Racey, P.A.; Wallace, J.M.** 2003. Effect of maternal overnutrition during pregnancy on pituitary gonadotrophin gene expression and gonadal morphology in female and male foetal sheep at day 103 of gestation. *Placenta*, 24: 248–257. doi.org/10.1053/plac.2002.0897
- Dwyer, C.M.; Calvert, S.K.; Farish, M.; Donbavand, J.; Pickup, H.E.** 2005. Breed, litter and parity effects on placental weight and placentome number, and consequences for the neonatal behaviour of the lamb. *Theriogenology*, 63(4): 1092–1110. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2004.06.003
- Fescina, R.H.; De Mucio, B.; Martínez, G.; Alemán, A.; Sosa, C.; Mainero, L.; Rubino, M.** 2011. Vigilancia del crecimiento. 2ª ed. CLAP/SMR Montevideo, Uruguay, 81 p.
- Funston, R.N.; Larson, D.M.; Vonnahme, K.** 2010. Effects of maternal nutrition on conceptus growth and offspring performance, implications for beef cattle production. *Journal of Animal Science*, 88 (suppl\_13), E205-E215. doi:10.2527/jas.2009-2351
- Funston, R.N.; Summers, A.F.; Roberts, A.J.** 2012. Alpha Beef Cattle Nutrition Symposium: Implications of nutritional management for beef cow-calf systems. *Journal of Animal Science*, 90(7): 2301–2307. https://doi.org/10.2527/jas.2011-4568
- Gao, F.; Liu, Y.C.; Zhang, Z-H.; Zhang, C.Z.; Su, H.W.; Li, S.L.** 2012. Effect of prepartum maternal energy density on the growth performance, immunity, and antioxidation capability of neonatal calves. *Journal of Dairy Science*, 95(8): 4510–4518. https://doi.org/10.3168/jds.2011-5087
- Greenwood, P.L.; Bell, A.W.; Vercoe, P.E.; Viljoen, G.J.** 2010. Managing the prenatal environment to enhance livestock productivity, Springer Science Business Media B.V., 298pp. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3135-8
- Jennings, T.D.; Gonda, M.G.; Underwood, K.R.; Wertz-Lutz, A.E.; Blair, A.D.** 2016. The influence of maternal nutrition on expression of genes responsible for adipogenesis and myogenesis in the bovine fetus. *Animal*, 10(10): 1697–1705. https://doi.org/10.1017/S1751731116000665
- Johnson, S.K.; Funston, R.N.** 2013. Post breeding heifer management. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 29: 627–641. doi:10.1016/j.cvfa.2013.07.002
- Kroker, G.A.; Cummins, L.J.** 1979. The effect of nutritional restriction on hereford heifers in late pregnancy. *Australian Veterinarian Journal*, 55: 467–474. https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1979.tb00371.x
- Lemaster, C.L.; Taylor, R.K.; Ricks, R.E.; Long, N.M.** 2016. The effects of late gestation maternal nutrient restriction with or without protein supplementation on endocrine regulation of new born and postnatal beef calves. *Theriogenology*, 87: 64–71. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.08.004
- Lemley, C.O.; Hart, C.G.; Lemire, R.L.; King, E.H.; Hopper, R.M.; Park, S.B.; Rude, B.J.; Burnett, D.** 2018. Maternal nutrient restriction alters uterine artery hemodynamics and placentome vascular density in *Bos indicus* and *Bos taurus*. *Journal of Animal Science*, 96(11): 4823–4834. doi: 10.1093/jas/sky329
- López-Mazz.; Soca, P.; Quintans, G.; Carrquiry, M.** 2013. Efecto sobre la edad y el peso vivo a la pubertad y la ferilidad de terneras de vacas adultas manejadas durante la gestación en dos asignaciones de forraje: 4 y 2,5 kg MS/kgPV. INIA Treinta y Tres, pp. 61 (Serie FPTA-262).
- Martin, J.L.; Vonnahme, K.A.; Adams, D.C.; Lardy, G.P.; Funston, R.N.** 2007. Effects of dam nutrition on growth and reproductive performance of heifer calves. *Journal of Animal Science*, 85(3): 841–847. https://doi.org/10.2527/jas.2006-337

**Mossa, F.; Carter, F.; Walsh, S.W.; Kenny, D.A.; Smith, G.W.; Ireland, J.L.H.; Hildebrandt, T.B.; Lonergan, P.; Ireland, J.J.** 2013. Maternal under nutrition in cows impairs ovarian and cardiovascular systems in their offspring. *Biology of reproduction*, 88(4): 92-1.

<https://doi.org/10.1095/biolreprod.112.107235>

**National Research Council.** 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition: Update 2000. Washington, DC: The National Academies Press.  
<https://doi.org/10.17226/9791>.

**Piaggio, L.; Quintans, G.; San Julian, R.; Ferreira, G.; Ithurralde, J.; Fierro, S.; Pereira, A.S.C.; Baldi, F.; Banchemo, G.E.** 2017. Growth, meat and feed efficiency traits of lambs born to ewes submitted to energy restriction during mid-gestation. *Animal*, 12(2): 256-264. doi:10.1017/S1751731117001550

**Quigley, SP.; Kleemann, D.O.; Walker, S.K.; Speck, P.A.; Rudiger, S.R.; Natrass, G.S.; DeBlasio, M.J.; Owens, J.A.** 2008. Effect of variable long-term maternal feed allowance on the development of the ovine placenta and fetus. *Placenta*, 29(6): 539-548.  
<https://doi.org/10.1016/j.placenta.2008.02.014>

**Quintans, G.; Velazco, J.I.; Scarsi, A.; López-Mazz, C.; Banchemo, G.** 2012. Effect of nutritional management during the postpartum period of primiparous autumn-calving cows on dam and calf performance under range conditions. *Livestock Science*, 144(1-2): 103-109. doi:10.1016/j.livsci.2011.11.003

**Quintans, G.; Banchemo, G.; López-Mazz, C.; Carriquiry, M.; Baldi, F.** 2010. Effect 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.  
<https://doi.org/10.1071/AN10021>

**Quintans, G.; Velazco, J.I.; Roig, G.** 2008. Seminario de actualización técnica, cría vacuna Servicio de vaquillonas en otoño a los 20 meses de edad (resultados preliminares). INIA Treinta y Tres. pp. 90. (Serie Técnica nº 174).

**Reyes, R.B.; Carrocera, L.A.F.** 2015. Programación metabólica fetal. *Perinatología y Reproducción Humana*, 29(3): 99-105.  
<https://doi.org/10.1016/j.rprh.2015.12.003>

**Riley, D.G.; Chase, C.C.; Olson, T.A.; Coleman, S.W., Hammond, A.C.** 2004. Genetic and nongenetic influences on vigor at birth and preweaning mortality of purebred and high percentage Brahman calves. *Journal of Animal Science*, 82(6): 1581-1588.  
<https://doi.org/10.2527/2004.8261581x>

**Scarsi, A.; Quintans, G.** 2013. Seminario de actualización técnica, cría vacuna Manejo nutricional antes del parto en vacas multíparas, Enfoques de una nueva línea de investigación. INIA Treinta y Tres, pp. 135 (Serie Técnica Nº 208).

**Schoonmaker, J.** 2013. Effect of Maternal Nutrition on Calf Health and Growth. *WCDS Advances in Dairy Technology*, 26, 125-135. "https://www.researchgate.net/publication/281600551\_Effect\_of\_maternal\_nutrition\_on\_calf\_health\_and\_growth"

**Short, R.E.; Bellows, R.A.; Staigmiller, R.B.; Berardinelli, J.G.; Custep, E.E.** 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *Journal of Animal Science*, 68(3): 799-816.  
<https://doi.org/10.2527/1990.683799x>

**Simeone, A.; Beretta, V.; Rowe, J.; Nolan, J.; Elizalde JC.; Baldi, F.** 2004. Rumen fermentation in Hereford steers grazing rygrass and supplemented with whole or ground maize. *Animal Production in Australia*, 1(1): 168-171.

- Simeone, A.; Beretta, V.; Rowe, J.; Nolan, J.; Elizalde J.C.** 2002. Getting cattle to grow faster on lush autumn pastures. *Animal Production in Australia*, 24: 213–216.
- Vizcarra J.A.; Ibáñez, W.; Orcasberro, R.** 1986. Repetibilidad y reproductibilidad de dos escalas para estimar la condición corporal de vacas Hereford. INIA Las Brujas, pp. 45-47 (Investigaciones Agronómicas n°7).
- Vonnahme, K.A.; Lemley, C.** 2012. Programming the offspring through altered uteroplacental hemodynamics, how maternal environment impacts uterine and umbilical blood flow in cattle, sheep and pigs. *Reproduction Fertility and Development*, 24(1): 97–104. <https://doi.org/10.1071/RD11910>
- Vonnahme, K.A.; Zhu, M.J.; Borowicz, P.P.; Geary, T.W.; Hess, B.W.; Reynolds, L.P.; Caton, J.S.; Means, W.J; Ford, S.P.** 2007. Effect of early gestational undernutrition on angiogenic factor expression and vascularity in the bovine placentome. *Journal of Animal Science*, 85(10): 2464–2472. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-805>
- Wiltbank, J.N.; Remmenga, E.E.** 1982. Calving difficulty and calf survival in beef cows fed two energy levels. *Theriogenology*, 17(6): 587–602. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(82\)90057-7](https://doi.org/10.1016/0093-691X(82)90057-7)
- Zhu MJ.; Du, M.; Hess, B.W.; Means, W.J.; Nathanielsz, P.W.; Ford, S.P.** 2007. Maternal nutrient restriction upregulates growth signaling pathways in the cotyledonary artery of cow placentomes. *Placenta*, 28(4): 361–368. <https://doi.org/10.1016/j.placenta.2006.04.005>