

## **Programación fetal: nutrición durante la gestación y efectos a largo plazo en la descendencia**

*Maresca Sebastián, López Valiente Sebastián, y Rodríguez Alejandro*

### **Introducción**

Un número importante de vacas de cría sufre restricciones nutricionales durante la gestación, especialmente en el último tercio, debido a la baja oferta de forraje invernal, baja disponibilidad de reservas forrajeras y alta carga. Un estudio realizado en la Cuenca del Salado durante 5 años en 83 establecimientos reveló que el 53% de las vacas llegan al parto flacas, con estado corporal inferior a 3 en la escala de 1 a 5 (Maresca et al. 2012).

La restricción nutricional durante la gestación genera un bajo estado corporal al parto alargando el intervalo parto primer celo y disminuyendo las posibilidades de lograr buenos índices de preñez en el próximo servicio. Las vacas que llegan en pobre estado al parto y ganan peso durante el servicio pueden lograr altas tasas de preñez, sin embargo, en casos de subnutrición preparto severa se pueden lograr índices de preñez aceptables pero con un retraso en la fecha de servicio.

Numerosos estudios se han focalizado sobre los aspectos nutricionales que afectan el desempeño reproductivo de las vacas, sin evaluar posibles efectos negativos sobre el desempeño productivo del ternero. Recientes estudios en animales domésticos han determinado que la subnutrición durante la gestación genera un retardo del crecimiento y desarrollo fetal (Wu et al., 2006). Esto tiene un efecto negativo en el crecimiento postnatal, ya que se afecta el desarrollo del aparato gastrointestinal afectando la eficiencia de utilización del forraje. El retardo en el crecimiento fetal también puede afectar el desarrollo del aparato reproductivo y el futuro desempeño de las terneras si son utilizadas como madres (Rhind et al., 2004).

### **Crecimiento intrauterino y peso al nacimiento.**

En varios trabajos realizados durante las décadas del 70 al 90 se comprobó que la restricción energética durante la gestación reduce el estado corporal al parto y reduce el peso de los terneros al nacer (Corah et al. 1975; Warrington et al. 1988; Houghton et al. 1990; Spitzer et al. 1995, Freetly et al. 2000). Estos trabajos fueron diseñados para evaluar la respuesta en las vacas y pocas variables fueron determinadas para evaluar el desarrollo y crecimiento de los terneros posparto. En un ensayo realizado en la Chacra

Experimental Integrada Chascomús (INTA-MAA) se observó que la restricción de vacas al 50% de los requerimientos generó terneros que pesaron 2 kg menos al nacimiento, menor ganancia de peso durante la lactancia y 10 kg menos de peso de los terneros al destete comparado con las vacas que fueron alimentadas al 100% de sus requerimientos (Maresca et al., 2012)

Cuando la restricción energética se realiza en los primeros meses de gestación (Long et al. 2010; Long et al. 2010b; Micke et al; 2010) los resultados sobre el peso al nacer y peso al destete no han sido tan consistentes.

Dado que en muchos casos la restricción nutricional puede ser principalmente proteica cuando se utilizan forrajes de baja calidad como el pastizal natural en invierno o los residuos de cosecha, algunos estudios más recientes se han orientado a evaluar el impacto de la suplementación con concentrados proteicos (PB: 28 a 42%) durante el último tercio de gestación (Martin et al 2006; Stalker et al. 2006; Larson et al. 2009; Funston et al. 2010). Estos estudios coinciden en que no hay diferencias en el peso al nacer pero si se observan diferencias de peso al destete que varían en un rango de 7 a 9 kg.

### **Desarrollo del músculo y efectos sobre la calidad de carne.**

La nutrición fetal es crucial para el desarrollo muscular porque el número de fibras musculares no se incrementa después del nacimiento. El músculo esquelético es vulnerable a la deficiencia de nutrientes porque es de baja prioridad en la partición de nutrientes comparado con otros órganos (Bauman et al., 1982). La restricción nutricional durante la gestación puede resultar en un reducido número de fibras musculares y reducida masa muscular impactando en la performance animal. El número de fibras musculares y los adipositos intramusculares los cuales determinan el marmoreo son influenciados durante el desarrollo fetal (Du et al., 2010).

Durante los tres primeros meses de gestación se produce la miogénesis primaria en la que se forman un bajo número de fibras musculares (Figura 1). La nutrición materna tiene poca influencia en la formación primaria del músculo. Durante los 2 a 8 meses de gestación se forman la mayoría de las fibras musculares en lo que es llamado la miogénesis secundaria. Una reducción del número de fibras musculares durante este periodo por causa de una subnutrición materna puede traer una larga y perdurable consecuencia irreversible en la descendencia (Du et al., 2010).

La adipogénesis se inicia en la mitad de la gestación de los rumiantes, la cual se superpone con la miogénesis secundaria. Así, el manejo de la nutrición materna, el cual aumenta el número de células del mesénquima comprometiendo la adipogénesis, incrementará el número de adipocitos intramusculares y por lo tanto el marmoreo.

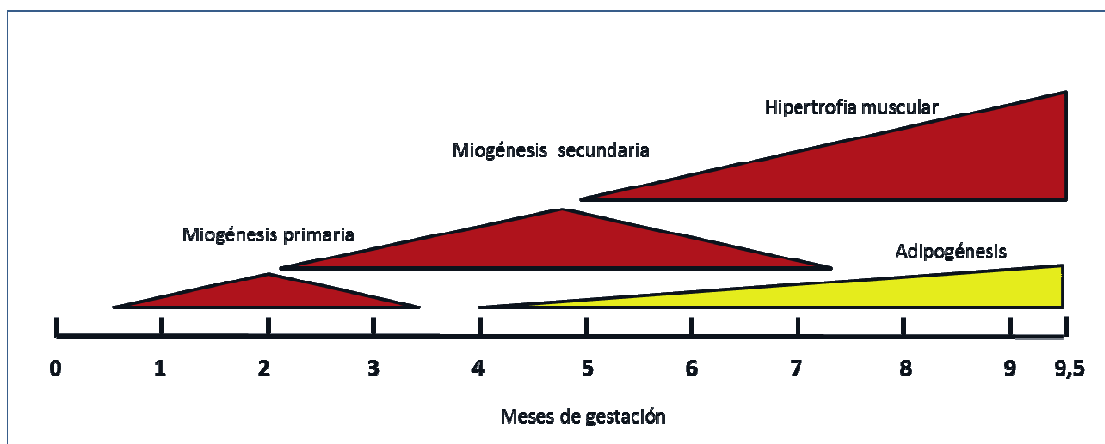


Figura 1. Desarrollo del músculo esquelético y tejido adiposo durante la gestación. Datos estimados a partir de estudios realizados en ovejas, roedores y humanos (Adaptado de Du et al. 2010).

La etapa fetal podría ser la etapa más eficiente para incrementar el marmoreo en la carne de la descendencia. La grasa intramuscular es crucial para la palatabilidad de la carne porque el marmoreo determina el sabor y la jugosidad. La cantidad de grasa intramuscular está determinada por el número y tamaño de los adipositos intramusculares.

Dos estudios realizados con vacas durante el último tercio de gestación demostraron que es posible afectar la calidad de carne de la descendencia (Tabla1). Larson et al. (2009) observó mayor marmóreo en novillos hijos de vacas suplementadas con proteína durante la gestación y Undergwood et al. (2010) observó mayor peso de la carcasa y terneza en novillos hijos de vacas alimentadas con pasturas mejoradas que los hijos de vacas alimentadas con campo natural.

<i>Tabla 1. Efecto de la nutrición maternal sobre el desempeño productivo de los novillos</i>				
	Larson et al. 2009		Undergwood et al. 2010	
	No Sup	Sup	CN	PP
<b>Peso al destete (kg)</b>	225a	247b	242,1a	256,2b
<b>GDPV (Kg/día)</b>	1,66	1,71	1,49	1,66
<b>Peso de la carcasa caliente (Kg)</b>	357	376	329a	348b
<b>Espesor de grasa dorsal (cm)</b>	1,16	1,26	1,24a	1,64b
<b>Marmoreo</b>	457a	503b	420	455
<b>Terneza (fuerza de corte, N)</b>	-	-	37,2a	31,0b

## **Desarrollo de los órganos reproductivos y efecto sobre el desempeño reproductivo de las vaquillonas**

El desarrollo de los órganos reproductivos se produce durante el primer tercio de gestación. El desarrollo de los testículos comienza en el día 45 en los terneros machos y de los ovarios comienza en el día 55 en las terneras. Otro importante evento en el desarrollo de las gonadas femeninas es en el día 80 cuando los ovocitos empiezan a formar los folículos primarios (Nilsson and skinner, 2009) Estos folículos representaran la reserva ovárica de los folículos que estarán disponibles pudiendo influenciar la duración de la vida reproductiva después de la pubertad (Hirshfiel, 1994). La restricción nutricional durante el primer trimestre de gestación generó en las vaquillonas hijas una reducción de la reserva folicular ovárica (Mossa et al. 2009).

Si bien la etapa clave en la que se define el desarrollo reproductivo del feto es el primer tercio de gestación, existen algunos trabajos realizados en bovinos durante el último tercio de gestación que demuestran tener un efecto en el desempeño reproductivo de las vaquillonas, sin embargo, los mecanismos fisiológicos que explican estos resultados no son conocidos aún (Tabla 2). Martin et al. (2007) realizando una suplementación de tres veces por semana durante el último tercio de gestación con un concentrado proteico (42%PB) a un equivalente de 0,453 Kg por vaca por día no encontró diferencia de peso al nacer de los terneros, sin embargo las terneras mostraron un mayor peso al destete, mayor peso al momento de iniciar el servicio y mayores índices de preñez con respecto a las terneras hijas de madres no suplementadas.

Lopez Valiente et al. (2014) utilizando un rodeo de vacas multíparas del INTA EEA Cuenca del Salado administrando una suplementación diaria con 1,6kg de pellet de girasol (31%PB) en vacas pastoreando sorgo diferido durante su último tercio de gestación, observó mayores ganancias de peso de las terneras durante la lactancia. Sin embargo no observó diferencias en las ganancias de peso durante la recría y no encontró diferencias en el porcentaje de vaquillonas ciclando al momento de iniciar un servicio de 15 meses de edad.

Funston et al. (2010b) suplementando con un concentrado en base a destilados de grano de maíz (28%PB) tres veces por semana a un equivalente de 0,453 kg por vaca por día durante el último tercio de gestación encontró mayor peso de las terneras al destete, menor edad a la pubertad y una tendencia a mayor porcentaje de preñez. Similares resultados obtuvo Corah et al. (1975) quien observó que las vaquillonas hijas de madres alimentadas con el 100% de sus requerimientos alcanzaron la pubertad 19 días antes que las vaquillonas hijas de vacas alimentadas al 65% de sus requerimientos durante el último tercio de gestación.

<i>Tabla 2. Efecto de la suplementación proteica sobre la performance reproductiva de la progenie</i>						
	Martin et al. (2007)		Funston et al. (2010b)		Lopez Valiente et al. (2014)	
	Sin Sup	Con Sup	Sin Sup	Con Sup.	Sin Sup.	Con Sup
<b>Peso al destete (Kg,205 d)</b>	218	226	213	217	190	195
<b>Consumo (Kg MS)</b>	6,53a	6,75b	9,48	9,30	-	-
<b>GDPV (gr/d)</b>	408	399	844 <sup>a</sup>	789b	601a	651b
<b>Edad a la pubertad (d)</b>	334	339	365 <sup>a</sup>	352b	-	-
<b>Preñez (%)</b>	80a	93b	83	90	90	90

### **Desarrollo del sistema inmunológico e implicancias sobre la salud animal**

A pesar de que la fisiología nutricional del ternero neonato ha sido bien estudiada (Blum, 2006), el impacto de la restricción nutricional prenatal en lo que respecta al estrés fetal y el desarrollo inmunológico están todavía por definir. La limitación de nutrientes durante la gestación puede hacer decrecer la condición corporal de la hembra gestante y llevar a pérdidas productivas en relación a la recría y crecimiento del ternero (Corah et al., 1975; Bellows et al., 1982; Richards et al., 1986). Según la etapa de gestación, la nutrición maternal puede tener distintos efectos sobre el crecimiento fetal y la función inmune del neonato. Durante último tercio de la gestación, la restricción nutricional está relacionada con un menor peso al nacer de los hijos, aumento de la incidencia de distocia y la alta mortalidad y morbilidad de los recién nacidos (Wu et al., 2006). Recientemente Gao et al. (2012), observaron que los terneros nacidos de vacas con restricción energética tuvieron bajo peso al nacer, así como también una disminución de la función inmune y antioxidante.

La restricción nutricional maternal puede estar afectando la habilidad del ternero para absorber inmunoglobulinas (Bletcha et al. 1981). Los efectos de la nutrición de la madre durante la gestación sobre la descendencia pueden ser confundidos con los efectos sobre desarrollo neonatal, ya que la dieta materna durante la gestación afectaría también a la glándula mamaria y el rendimiento de calostro (Logan, 1978; Olson et al., 1981; Hammer et al., 2007). La cantidad y calidad de calostro, así como también la concentración de IgG, el total de ácidos grasos y la concentración proteica pueden verse alterados tanto en casos de sobrealimentación como restricción durante la gestación (Swanson et al., 2008).

Una restricción en el consumo de proteínas durante los últimos 100 días de gestación provocó una disminución en la concentración de IgG en el suero de los terneros, sin embargo, la concentración de IgG en el calostro y la cantidad de calostro consumido por los terneros no se vio afectada (Blecha et al., 1981). Es probable que el calostro de vientres restringidos en proteínas aporten insuficientes cantidades de algunos

componentes fundamentales, o bien, que aquellos terneros que fueron afectados durante la gestación por la restricción de proteínas vean afectada su capacidad de absorber adecuadamente IgG. De hecho, Meyer et al. (2010) han demostrado recientemente que una moderada restricción de nutrientes durante principios de la mitad de la gestación de ganado vacuno altera la proliferación yeyunal y la vascularización intestinal total del feto, pudiendo alterar la capacidad de absorción de IgG.

En varios trabajos publicados se hace referencia a los efectos de la nutrición materna sobre el crecimiento en la vida temprana del ternero e índices de morbilidad y mortalidad (Quigley y Drewry, 1998). Corah et al. (1975) informaron que vacas preñadas con más de 90 días de gestación y alimentadas a un 70% de sus requerimientos de energía, produjeron terneros con una mayor tasa de morbilidad y mortalidad. Wittum y Perino (1995) indicaron que terneros con niveles más bajos de IgG y de proteína total en plasma en 24 h posparto tuvieron una mayor incidencia de morbilidad y mortalidad predestete y una vez iniciado el engorde a corral. A su vez, también reportaron un aumento de la morbilidad general durante el período neonatal, con un incremento en la prevalencia de afecciones respiratorias y diarrea (Wittum et al. 1994).

La producción de calor del neonato es un factor importante en la supervivencia, en especial para los terneros nacidos en ambientes fríos. Vaquillonas de primer parto restringidas en proteínas (Carstens et al., 1987) o energía (Ridder et al., 1991) durante el último tercio de gestación dieron a luz a terneros con una disminución en la capacidad para producir calor poco después del nacimiento. Este fenómeno probablemente es el resultado de los terneros que son más susceptibles al estrés por frío.