

CRECIMIENTO COMPENSATORIO UNA ESTRATEGIA DE MANEJO DE LA DISPONIBILIDAD DE PASTURAS

Álvaro Ojeda, Fabiola Molina y Daniel Carmona
Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay
E-mail: ajojeda99@yahoo.com

RESUMEN

El crecimiento compensatorio, definido como el rápido incremento en la tasa de crecimiento relativo a la edad, es exhibido por mamíferos y aves alimentados en forma adecuada a sus requerimientos luego de un periodo de restricción nutricional suficiente para deprimir el desarrollo continuo. Estudiado generalmente en animales explotados bajo confinamiento, ha sido empleado como estrategia para manipular los costos y/o las características de la canal, a través de la relación nutrición-alimentación del animal en producción. Bajo condiciones de sabanas tropicales sujetas a estacionalidad climática, el crecimiento compensatorio es un fenómeno de ocurrencia reiterada que, manipulado eficientemente, podría constituir una alternativa para incrementar la productividad de rebaños vacunos a pastoreo al aprovechar la ventaja relativa de una mayor eficiencia de uso de la dieta por animales que compensan su peso vivo. En las siguientes líneas, se revisan los más importantes conceptos asociados al crecimiento compensatorio, así como el comportamiento de vacunos sujetos a este fenómeno en términos de crecimiento, reproducción y producción láctea, en un intento por aportar las bases para el diseño de estrategias dirigidas a manipular las reiteradas restricciones nutricionales de vacunos en pastoreo en sabanas tropicales.

Palabras clave: crecimiento compensatorio, vacunos, manejo.

INTRODUCCIÓN

Bajo las condiciones de producción con vacunos a pastoreo, durante el periodo de sequía nos enfrentamos a una disminución de la disponibilidad y calidad de las pasturas que se traduce en una fuerte limitante a la productividad,

frecuentemente reflejada en una reducción del crecimiento de los animales.

Asumiendo que este periodo de déficit afectará negativamente la respuesta productiva y reproductiva del rebaño, frecuentemente se recurre a programas de suplementación de nutrientes para evitar las pérdidas de peso de los animales, programas que en muchos casos se implantan sin mucha evaluación económica y sin mayor garantía de su impacto biológico real.

Así, ya desde comienzos del siglo XX se conoce que bajo ciertas condiciones de manejo, cuando un vacuno a pastoreo es restringido en su dieta, el proceso de realimentación puede generar aumentos de peso considerables, que pueden incluso situarlo por encima de aquellos animales que no fueron sometidos a la restricción nutricional. Bajo los recurrentes eventos de stress nutricional de nuestros rebaños a pastoreo por déficit en la disponibilidad y calidad del forraje presente, el Crecimiento Compensatorio podría permitir un avance en la cría de vacunos derivado de la explotación racional de periodos de restricción nutricional.

A partir de las consideraciones anteriores, el presente trabajo revisa información relevante a nivel nacional e internacional, necesaria para establecer pautas mínimas dirigidas a la manipulación del crecimiento compensatorio en rebaños vacunos a pastoreo.

ESTACIONALIDAD EN LA DISPONIBILIDAD DE PASTURAS

En Venezuela, buena parte de los 14,5 millones de vacunos que conforman el rebaño nacional se ubica sobre sabanas, las cuales abarcan el 29 % del territorio nacional, es decir unos 260.000 km². Estas sabanas están

localizadas en suelos ácidos, particularmente oxisoles y ultisoles, con problemas de aridez, limitaciones de fertilidad natural, déficit de nutrientes (fósforo, nitrógeno, potasio, calcio, magnesio y en algunos casos cinc y microelementos), y excesos de compuestos tóxicos como el aluminio y manganeso (Chacón, 1985; Casanova, 1994; FAO, 2006).

Con una marcada estacionalidad de la precipitación, regida por un periodo lluvioso que se extiende de mayo a octubre y uno seco de diciembre a marzo, las precipitaciones condicionan en gran medida la calidad y cantidad de forraje disponible al vacuno a pastoreo, en un sistema de producción vegetal donde el riego es prácticamente ausente.

Así, durante las lluvias es frecuente observar una pastura que muestra un estrato inferior abundante en tallos y material muerto de bajo valor nutricional y de escaso consumo por el animal, en contraposición a un estrato superior conformado por hojas y tallos tiernos de buena calidad y que el animal tiende a seleccionar. Por el contrario, en el periodo de sequía, en muchas zonas prácticamente desaparece el material vegetal potencialmente consumible, y el que persiste presenta una relación hoja/tallo que limita su valor nutritivo (Ojeda, 2003). Como consecuencia de este ritmo de exceso-déficit, durante el periodo de sequía las pérdidas de peso en los animales a pastoreo pueden representar hasta el 90 % de la ganancia obtenida en el periodo de lluvias anterior, con la consiguiente merma en la productividad y beneficios económicos de la unidad de producción (Chacón, 1985; Combellas, 1998).

EI CRECIMIENTO COMPENSATORIO

El crecimiento compensatorio se define como el rápido incremento en la tasa de crecimiento relativo a la edad, exhibido por mamíferos y aves alimentados en forma adecuada a sus requerimientos luego de un periodo de restricción nutricional suficiente para deprimir el crecimiento continuo (Wilson y Osbourne, 1960; Owens *et al.*, 1995).

Cuando la tasa de crecimiento de un animal (ej. kg/día) ha sido reducida por una

depresión en su plano nutricional, éste puede exhibir un incremento en la misma cuando es realimentado en forma adecuada en cantidad y calidad. Si este incremento en el crecimiento durante la fase de realimentación supera el valor máximo exhibido en condiciones adecuadas de nutrición y ambiente, se dice que el animal muestra crecimiento compensatorio.

Como estrategia de manejo es frecuente en sistemas de cría intensiva de vacunos de carne ("feedlots"), implantado a partir de experiencias iniciales realizadas con ratas a comienzos del siglo pasado (Pitts, 1986). Hoy en día la literatura dispone de información con vacunos (Rompala *et al.*, 1985; Carstens *et al.*, 1991; Shultz *et al.*, 1977; Hays *et al.*, 1995; Choi *et al.*, 1996; Yambayamba *et al.*, 1996; Hornick *et al.*, 1998; Luna-Pinto y Cronjé, 2003), ovejas (Hopkins y Tulloh, 1985; Ferrell *et al.*, 1986; Kamalzadeh *et al.*, 1997), cerdos (Hogberg y Zimmerman, 1978; De Greef *et al.*, 1992), pollos (Plavnik y Hurwitz, 1985; Zubair y Leeson, 1994) y pavos (Auckland *et al.*, 1969; Auckland y Morris, 1971); entre otras especies de interés zootécnico.

Desde el punto de vista fisiológico, el desarrollo de crecimiento compensatorio en un animal es un proceso que puede ser dividido en al menos dos fases, a saber:

- 1) **Restricción Nutricional:** en una situación de restricción nutricional los requerimientos de energía pueden llegar a ser tan bajos como los correspondientes al metabolismo en ayunas. Esto es debido a que una restricción en la cantidad y/o calidad de la ración, y la consecuente reducción en la cantidad de energía y proteína disponibles, puede generar una disminución en el tamaño del tracto gastrointestinal, hígado, riñones y corazón; estructuras que concentran el 40 % de los requerimientos energéticos del animal. Esta disminución de los requerimientos energéticos persiste en el animal durante 2 a 15 semanas luego de superado el stress nutricional (Ryan, 1990; Ryan *et al.*, 1993; Alves, 2003). La disminución

del número de células de los órganos es un fenómeno poco común en situaciones de restricción nutricional (Sainz *et al.*, 1995).

Aunque un animal en situación de bajo plano nutricional muestra pérdidas en las reservas corporales de grasa y proteína, éstas se encuentran subordinadas a la reducción de los gastos energéticos de mantenimiento por disminución del tamaño de los órganos antes mencionados.

- 2) **Realimentación:** durante esta fase, se reporta un incremento en el tamaño de algunas estructuras, básicamente hígado y tracto gastrointestinal, aumento en los requerimientos de energía de mantenimiento, mayor deposición de tejido graso/muscular y cambios en las concentraciones hormonales en plasma. Se requieren de 70 a 90 días luego de cesar la restricción nutricional para que estas estructuras puedan adquirir el peso y tamaño normales (Ryan, 1990). Aunque no es una constante en los reportes de literatura, algunos autores asocian el aumento en la tasa de crecimiento al incremento en el consumo de alimento observada durante esta fase, situación que se manifiesta en forma paulatina y fundamentalmente en aquellos animales donde la realimentación es acompañada por un aumento en la síntesis de tejido muscular (O'Donovan, 1984; Ryan, 1990; Luna-Pinto y Cronjé, 2003).

MODALIDADES

Compensación completa

Tal como se muestra en la Figura 1, ocurre cuando en la fase de realimentación, el animal que ha sido restringido en su alimentación alcanza el mismo peso de sus coetáneos que no ha sufrido restricción alguna. En este caso, la tasa de crecimiento post-restricción es muy superior a la exhibida por los animales que no

se han sometido a balance nutricional negativo, lo que permite adquirir el mismo peso a una edad similar en ambos grupos, con lo que se mantiene la relación entre edad cronológica y fisiológica (Ryan *et al.*, 1993; Yambayamba *et al.*, 1996; Alves, 2003; Doyle y Leeson, 2003).

Compensación parcial

Se presenta cuando durante la fase de realimentación, los animales son incapaces de alcanzar el mismo peso de un animal similar que no ha sido sometido a restricciones nutricionales, generándose un desequilibrio entre edad cronológica y fisiológica. Este tipo de comportamiento del peso vivo es el más frecuente en regiones tropicales, en las que los animales pastorean materiales fibrosos de medio a bajo valor nutricional, donde la calidad de la dieta durante la fase de realimentación no está acorde con los circunstancialmente altos requerimientos del animal (Alves, 2003).

Ninguna compensación

Es la respuesta menos común, y ocurre cuando los animales durante la fase de realimentación mantienen la misma tasa de crecimiento que exhibieron durante la restricción nutricional, lo que normalmente se observa cuando la restricción de nutrientes sucede en individuos de muy corta edad (Morgan, 1972; Tudor y O'Rourke, 1980). Bajo estas condiciones, es posible observar daños fisiológicos irreversibles, lo que impide de manera permanente un crecimiento acorde con la edad (Taylor *et al.*, 1981).

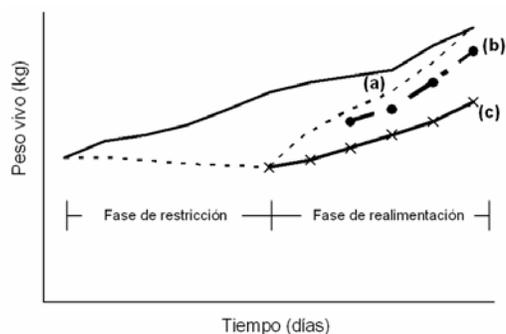


Figura 1. Modalidades de compensación del peso vivo en el crecimiento compensatorio de vacunos, a saber: completa (a), parcial (b) y ninguna compensación (c).

FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO COMPENSATORIO EN VACUNOS

Edad

En general, los estudios coinciden que en vacunos debe evitarse una restricción nutricional prenatal y antes de los 3 meses de edad, lo que en este último caso corresponde a un peso corporal de aproximadamente 100 kg. De no observar esta recomendación, se pueden presentar daños irreversibles en el desarrollo de los tejidos óseo y nervioso (Wilson y Osbourne, 1960; Tudor y O'Rourke, 1980; Ryan, 1990; Alves, 2003; Scott y Fleming, 2003). Por otro lado, Alves (2003) señaló que restricciones nutricionales en animales próximos a su peso adulto difícilmente se ven acompañadas de crecimiento compensatorio completo, debido a que en esta fase el animal deposita básicamente tejido graso, el cual presenta una menor eficiencia en su deposición (0,7 g/10 kcal EM) al ser comparado con el tejido muscular (2,8 g/10 kcal EM).

Sexo y genética

La elevada tasa de crecimiento de los machos en comparación con las hembras, desaparece en situación de déficit nutricional, lo que permite concluir que sólo en condiciones nutricionales óptimas la alta tasa innata de crecimiento de los machos les permite superar a las hembras (Tudor y O'Rourke, 1980; Zubair y Leeson, 1994).

Realmente las diferencias en crecimiento compensatorio entre razas de una misma especie son más marcadas que entre sexos, existiendo contrastes tanto en la tasa de crecimiento como en la composición corporal final (Carstens *et al.*, 1991; De Greef *et al.*, 1992; Hogberg y Zimmerman, 1978; Plavnik y Hurwitz, 1985). Razas que crecen tempranamente tienen una mayor tendencia a depositar grasa durante el crecimiento compensatorio, mientras que aquellas de crecimiento menos precoz son más propensas a la acumulación de proteína (Carstens *et al.*, 1991). Por tal motivo, el grado de madurez en el momento de la restricción del crecimiento es determinante en los cambios en la composición corporal que ocurren durante el periodo compensatorio.

Severidad y duración de la restricción

Wilson y Osbourne (1960) sugirieron que mientras más severa es la restricción, hay mayores ganancias inmediatas luego de la realimentación. A medida que la severidad de la restricción en la alimentación es mayor en novillos, éstos expresarán mejores resultados durante la realimentación, en comparación con otros que fueron ligeramente restringidos. Aunque el efecto de la duración de la restricción alimentaria debe ser aclarado, se señala que becerros sometidos a largos periodos de restricción muestran resultados levemente superiores a los que se someten a cortos periodos de restricción (Drouillard *et al.*, 1991). Por su parte, Hornick *et al.* (1998) al evaluar el crecimiento compensatorio en vacunos de $303 \pm 2,4$ kg de peso vivo, demostraron que cuando la fase de restricción supera los 115 días, los animales presentan menor ganancia diaria de peso (1,32 vs. 0,79 kg/día), así como un mayor consumo (9,7 vs. 11,4 kg/animal/día) y conversión de alimento (7,4 vs. 7,7).

Calidad y duración de la fase de realimentación

Es evidente la relación entre la calidad del alimento que se va a consumir en el periodo de realimentación y la respuesta obtenida. Hays *et al.* (1995), al realimentar novillos con dietas de niveles proteicos variables (9, 12 y 15 % PC), sugirieron que a mayor severidad de la restricción mayor será la tasa de crecimiento inicial asociada a altos niveles de proteína en la ración.

Para lograr una buena respuesta animal en esta fase, la digestibilidad de la materia seca no debe ser inferior a 70-75 %, lo que en términos energéticos equivale a unas 2,8 Mcal EM/kg materia seca (Verde *et al.*, 1975). En caso de niveles inferiores, se hace necesario suplementar con cereales o aplicar un manejo que permita mantener el valor nutritivo del forraje dentro de lo mencionado. Manteniendo la calidad de la dieta dentro de los límites indicados, durante la realimentación es posible esperar ganancias de 15 a 20 % superiores a las de animales que han ganado peso en forma continuada (Bavera, 2006).

En ganado vacuno, la duración de la realimentación requerida para el crecimiento

compensatorio ha sido realmente variable y parece ser una consecuencia de la severidad de la restricción alimentaria, de la edad del animal al ser restringido y de la calidad de la dieta en esta fase. Se ha reportado crecimiento compensatorio en novillos desde periodos tan largos como 11 meses, hasta de tan sólo 3 meses (Carstens *et al.*, 1991; Ryan *et al.*, 1993; Yambayamba *et al.*, 1996; Hornick *et al.*, 1998). Aunque no ha sido suficientemente evaluado, el uso de promotores del crecimiento puede ser una estrategia a considerar durante esta fase (Shultz *et al.*, 1977).

MECANISMOS INVOLUCRADOS

Se cree que el incremento en la tasa de crecimiento post-restricción nutricional debe ser en primera instancia el resultado de un aumento en la cantidad y calidad de los nutrientes disponibles para el animal, aunque no existe evidencia conclusiva que defina un mecanismo como el factor crítico que genera las altas tasas de crecimiento usualmente reportadas durante el crecimiento compensatorio, pareciendo ser una combinación de dos o más mecanismos.

Entre los mecanismos que frecuentemente se discuten en la literatura, se menciona que una disminución de los costos de mantenimiento durante la fase de realimentación permite una mayor disponibilidad de energía para crecer, contribuyendo así a la respuesta observada durante el crecimiento compensatorio (Ryan, 1990; Hornick *et al.*, 1998). De hecho se ha notado un importante declive en la producción de calor durante la restricción alimentaria, lo cual es indicativo de un menor metabolismo basal. Luego, a partir de la segunda y hasta la séptima semana de realimentación, se ha reportado un incremento gradual en el calor metabólico.

Adicionalmente, muchos estudios han identificado un incremento del consumo de alimento como el principal mecanismo que condiciona el crecimiento compensatorio, aunque en este sentido las respuestas son muy contradictorias (Ryan *et al.*, 1993; Zubair y Leeson, 1994; Kamalzadeh *et al.*, 1997; Hornick *et al.*, 1998; Santra y Pathak, 1999). Si bien en algunos trabajos se observa un incremento en el consumo de alimento de 5 a 22 % durante la

fase de realimentación (Ryan *et al.*, 1993; Hornick *et al.*, 1998; Santra y Pathak, 1999), en otros no se reportan variaciones en el consumo en novillos restringidos que exhibieron altas tasas de crecimiento cuando se realimentaron (Castens *et al.*, 1991). Finalmente, una alteración en el patrón de deposición de proteína/grasa parece ser otro mecanismo involucrado en el crecimiento compensatorio.

Tradicionalmente es observado un incremento de la tasa de deposición de proteína y una disminución en la acumulación de grasa después de comenzar el periodo de realimentación. Debido al aumento en la eficiencia de la acumulación de proteína por la presencia de agua, mayores tasas de proteína acumulada durante la realimentación tendrían un impacto importante en la tasa de crecimiento (Carsten *et al.*, 1991; De Greef *et al.*, 1992; Ryan, 1990; Ryan *et al.*, 1993; Zubair y Leeson, 1994; Hornick *et al.*, 1998).

RESPUESTA ANIMAL

La mayoría de los estudios realizados se han conducido en países de clima templado, tomando en consideración animales explotados en condiciones semi-intensivas o intensivas, donde el crecimiento compensatorio ha sido empleado como una estrategia para manipular los costos de producción y las características de la canal, a través de la modelación de la relación nutrición-alimentación del animal en producción.

Tal como se presenta en el Cuadro 1, cuando se comparan novillos de 245 kg alimentados a voluntad (Control, ganancia de peso de 1510 g/día) con animales que han sido sometidos a un periodo de restricción en el suministro de alimento de 105 días (441 g/día), durante la fase de realimentación los animales del grupo restringido manifestaron una ganancia de peso 1,7 veces superior a la del grupo control. Esta respuesta estuvo acompañada de un mayor crecimiento relativo del hígado con respecto a la canal, con un coeficiente de 1,64 para el grupo restringido, en comparación a 0,35 para los del control (Carstens *et al.*, 1991).

Como factor que controla la respuesta de vacunos en términos de peso vivo, a nivel nacional el fenómeno de crecimiento

compensatorio es reportado generalmente como una respuesta accesoria que se presenta en ensayos realizados con fines diversos, condición que hace difícil discriminar en forma precisa el verdadero impacto del mismo en la respuesta animal (Vaccaro y Padrón, 1987, Godoy *et al.*, 1993). Tal vez un trabajo conducido por Shultz *et al.* (1977) es de los pocos reportados que presentan al crecimiento compensatorio como objeto formal de estudio, considerando para ello novillos mestizos Criollo x Brahman, con 310 kg de peso vivo (PV). Manejados en corrales individuales, todos los novillos fueron asignados durante 90 días del periodo de sequía a raciones (66 % de heno guinea -*Panicum maximum*- más un suplemento concentrado) diseñadas para aportar 5 (Control) ó 3 Mcal EM/100 kg PV (Restringido), para luego suministrar a ambos grupos una dieta a voluntad durante la época lluviosa con 7 Mcl EM/100 kg PV y 300 g PC/100 kg PV.

La ventaja relativa de suministrar 5 Mcal/100 kg PV en comparación con 3 Mcal/100 kg PV durante la sequía fue reducida en la siguiente época de lluvia por el fenómeno de crecimiento compensatorio (Cuadro 1). En este sentido, el alto porcentaje de humedad y el moderado valor nutritivo de los forrajes tropicales durante la época lluviosa difícilmente permiten

un consumo mayor de 2,0 Mcal EM/Kg de materia seca, por lo que se convierten en una limitante para obtener el máximo beneficio potencial que estaría en raciones con densidades energéticas equivalentes o superiores a 2,8 Mcal EM/Kg (Verde *et al.*, 1975).

Estas observaciones corroboran los resultados de una experiencia conducida por Ojeda *et al.* (2007) en las instalaciones del "Hato Taguapire", ubicado en la zona de Taguay al sur del Edo. Aragua. En dicho trabajo, vacunos mestizos de carne de 256 kg manejados en potreros donde predomina el pasto guinea, fueron sometidos a un periodo de restricción nutricional de 90 días que condujo a una variación de peso vivo de 2,4 g/día en comparación con los 524 g/día mostrados por el grupo control. Superada esta fase, y una vez mejorado el suministro de alimento, los animales previamente restringidos exhibieron en los siguientes 8 meses una variación promedio de peso de 871 g/día, lo que permitió finalizar la evaluación con un peso vivo similar al del grupo control (349 vs. 340 kg; P= 0,51).

Cuando estos animales fueron separados en dos tipos raciales, alto o bajo nivel de mestizaje con cebú, los animales de alto

Cuadro 1. Respuesta productiva y reproductiva de vacunos sometidos a crecimiento compensatorio.

Estimador	Carstens <i>et al.</i> (1991)		Shultz <i>et al.</i> (1977) ¹		Luna-Pinto y Cronjé (2003)		Poland <i>et al.</i> (1999)	
	Control	Restringido	Control	Restringido	Control	Restringido	Control	Restringido
Estado Fisiológico	Novillas		Novillas		Novillos		Novillos	
Fase de restricción								
Duración (días)		105		90		91		70
Peso inicial (kg)		245		310		179,8		285
Variación (kg/día)	1,510	0,441	0,220	-0,247	0,621	0,332	0,560	0,07
Conversión ¹	5,8	9,9			5,7	6,2	8,4	7,7
Fase de realimentación								
Duración (días)		95		90		112		70
Peso inicial (kg)	325	293	323,7	296,9	236,3	210,0	324,2	289,9
Variación (kg/día)	1,261	2,171	0,845	1,032	0,583	0,744	0,840	1,570
Conversión ²	7,3	5,1	10,2	8,3	5,7	7,5	11,4	17,4
Peso final (kg)			399,8	389,8	301,6	293,3	383,0	399,8
Edad a la pubertad (sem)					43,8	47,0		
Concepción (%)							75,0	89,6
Rendimiento en canal (%)			55,0	52,8				

¹ Se utilizó implante en ambas fases (200 mg progesterona y 20 mg benzoato de estradiol)

² Conversión: Alimento consumido (kg)/ Variación de peso vivo (kg)

mestizaje cebú mostraron durante la fase de realimentación una ganancia de peso superior (921,7 g/día) a la de animales de su mismo tipo racial ubicados en el grupo control (807,7 g/día) y los de bajo cebú en cualquiera de los dos grupos (840,6 g/día).

Esta respuesta sugiere que probablemente sería innecesario invertir dinero en programas de suplementación para promover ganancias de peso durante el verano, siendo más importante desde el punto de vista biológico y económico, dirigir esfuerzos hacia la evaluación e implantación de planes de manejo eficiente de la pastura y suplementación estratégica durante la fase temprana de realimentación, para así potenciar la respuesta productiva de vacunos a pastoreo.

En lo que respecta a la calidad de la canal, el manejo alimentario reportado en la experiencia conducida por Shultz *et al.* (1977) no afectó significativamente características de las canales, tales como: rendimiento (53,9 %), área del *longissimos dorsi* (49 cm²) y clasificación USDA (2,9). Similar resultado obtienen Hornick *et al.* (1998) con toros doble musculados de Bélgica, donde la calidad de la canal medida como rendimiento (64 %), contenido de tejido muscular (74 %), y contenido de tejido conectivo y grasa (12,9 %) no se vieron afectados luego de una restricción dietaria de 115 días (1,32 vs. 0,5 kg peso vivo/animal/día) y subsecuente crecimiento compensatorio (1,32 vs. 1,51 kg peso vivo/animal/día).

Siendo el comportamiento reproductivo un fenómeno de estricto carácter multifactorial, el desempeño de vacunos que han superado un proceso de restricción nutricional puede ser altamente variable. En un estudio conducido por Luna-Pinto y Cronjé (2003) en Sudáfrica con novillas Holstein Friesian de 310 kg peso, se reportó que una restricción nutricional puede retrasar el inicio de la pubertad en aproximadamente 22 días, en comparación con animales bajo alimentación a voluntad (Cuadro 1). Por su parte Poland *et al.* (1999), señalaron que una mayor tasa de ganancia de peso durante la fase de realimentación es asociada a una mejora en la tasa de concepción (75 vs. 90 %) de vacas sometidas a restricción nutricional.

Durante la fase de restricción, las concentraciones plasmáticas de glucosa, leptina y IGF-1 se reportan superiores en el grupo control que en el sometido a restricción nutricional, y tienden a ser similares para ambos grupos luego de finalizada la fase de desbalance nutricional. Se ha sugerido que la rápida tasa de crecimiento durante la realimentación se asocia con una mayor sensibilidad de los tejidos a IGF-1, hormona relacionada con la diferenciación y proliferación celular, procesos éstos vinculados positivamente con la respuesta reproductiva de vacunos (Luna-Pinto y Cronjé, 2003).

En cuanto a producción láctea, en el Cuadro 2 se presentan los resultados de un trabajo conducido Choi *et al.* (1996) con vacas sometidas a periodos sucesivos de 3, 4 y 5 meses de restricción en la dieta (nivel de mantenimiento), alternados con periodos de 2 meses de realimentación (25 % por encima de los requerimientos). La variación de peso a lo largo del ensayo fue similar en ambos grupos (671 ± 14,8 g/día), demostrando la existencia de crecimiento compensatorio en los animales sometidos a restricciones dietarias recurrentes.

Cuadro 2. Crecimiento y producción de leche de vacas manejadas bajo un programa de inducción de crecimiento compensatorio (Choi *et al.*, 1996).

Parámetros	Control	Crecimiento Compensatorio ¹
Crecimiento		
Peso vivo inicial (kg)	188	188
Variación (kg/día)	0,660	0,681
Consumo (kg MS/día)	8,47	8,21
Reproducción		
1 ^{er} estro (meses)	13,0	13,0
Concepción (meses)	15,6	15,5
Servicios/concepción	1,6	1,2
Producción Láctea		
Producción (kg/lactancia)	6.765	7.344
Grasa (%)	3,8	3,7
Proteína (%)	2,9	3,0
Sólidos totales (%)	11,5	11,6

¹Animales sometidos a periodos sucesivos de 3, 4 y 5 meses de restricción en la dieta (nivel de mantenimiento), alternados con periodos de 2 meses de realimentación (25 % por encima de los requerimientos).

La producción de leche mostró un incremento de 9 % en los animales restringidos, sin variaciones

en su composición química. Durante las fases de restricción, a nivel plasmático se incrementó la concentración glucosa y disminuyó la de hormona de crecimiento, lo cual confirma la función lipolítica de esta última hormona. Ambos grupos evidenciaron similar desempeño reproductivo. Los autores señalaron la estrategia de manipulación de crecimiento empleada como un vía para incrementar el crecimiento y producción láctea en vacas lecheras, observando la necesidad de evaluar el efecto residual sobre futuras lactancias.

CONCLUSIONES

El crecimiento compensatorio es una condición que expresan los vacunos luego de un período de restricción nutricional, y aunque se conocen parcialmente algunos de los factores y mecanismos que lo controlan, éstos aún no están claramente definidos, lo que limita a la hora de manipular este fenómeno como estrategia de manejo en nuestros sistemas de cría a pastoreo, donde se presentan condiciones recurrentes de restricción nutricional manejadas en forma generalmente deficiente por nuestros productores. Aunque se señalan interesantes resultados asociados al manejo de la restricción de la oferta de nutrientes como un factor para controlar el crecimiento y respuesta reproductiva de los animales, la limitada información generada a nivel nacional y bajo condiciones de pastoreo impone la necesidad de incrementar los esfuerzos en este campo, a los fines de generar pautas de manejo eficientes desde el punto de vista biológico y económico.

REFERENCIAS

Alves, D. 2003. Crescimento compensatório em bovinos de corte. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias* 98: 61-67.

Auckland, J. y Morris, T. 1971. Compensatory growth in turkeys: effect of under nutrition on subsequent requirements. *British Poultry Sci.* 12: 41-48.

Auckland, J., Morris, T. y Jennings, R. 1969. Compensatory growth after under nutrition in market turkeys. *British Poultry Sci.* 10: 293-302.

Bavera, G. 2006. Crecimiento y desarrollo compensatorios. El Sitio de la Producción

Bovina de Carne. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina. Disponible en: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/exterio/11-crecimiento_y_de_sarrollo_compensatorios.htm. (Consulta do: 15/ener0/2006).

- Carstens, G., Johnson, D., Ellenberger M. y Tatum, J. 1991. Physical and chemical components of the empty body during compensatory growth in beef steers. *J. Anim. Sci.* 69: 3251-3264.
- Casanova, E. 1994. Sistemas agrícolas en Venezuela y la ganadería bovina. In Plasse, D., Nelia Peña y Arango, J., eds. X Cursillo sobre Bovinos de Carne. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela, Maracay. Pp. 199-214.
- Chacón, E. 1985. Estrategias para el mejoramiento de la sabana. In Plasse, D. y Peña, N., eds. I Cursillo sobre Bovinos de Carne Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela., Maracay. Pp. 1-48.
- Choi, Y., Han, J., Woo, J., Lee, J., Jang, K., Myung, K. y Kim, Y. 1996. Compensatory growth in dairy heifers: The effect of a compensatory growth pattern on growth rate and lactation performance. *J. Dairy Sci.* 80: 519-524.
- Combellas, J. 1998. Alimentación de la vaca de doble propósito y de sus crías. Fundación INLACA. Alfa Impresores, C.A., Valencia. 196 p.
- De Greef, K., Kemp, B. y Verstegen, M. 1992. Performance and body composition of fattening pigs of two strains during protein deficiency and subsequent realimentation. *Livest. Prod. Sci.* 30: 141-153.
- Doyle, F. y Leeson, S. 2003. Compensatory Growth in Farm Animals. Factors Influencing Response. University of Guelph. Canada. Disponible en: <http://www.novusint.com/Public/Library/TechPaper.asp?ID=1> (Consultado: 02/sep/2006).
- Drouillard, J. Ferrell, C. Klopfenstein, T., Britton, R. 1981. Compensatory growth following metabolizable protein or energy restrictions in beef steers. *J. Animal Sci.* 69: 811-818.

- FAO, 2006. FAOSTAT. Datos agrícolas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en: <http://apps.fao.org/inicio.htm> (Consultado: 10 dic 2006).
- Ferrell, C., Koong, L. y Nienaber, J. 1986. Effects of previous nutrition on body composition and maintenance energy costs of growing lambs. *Br. J. Nutr.* 56: 595-605.
- Godoy, S., Chicco, C. y Obispo, N. 1993. Suplementación de bovinos en crecimiento y engorde con concentrados nitrogenados con y sin tratamiento con formaldehído. I. Ganancia de peso y digestibilidad. *Zootecnia Tropical* 11: 211-240.
- Hays, C., Davenport, G., Osborn, T. y Mulvaney, D. 1995. Effect of dietary protein and estradiol-17B on growth and insulin like growth factor I in cattle during realimentation. *J. Anim. Sci.* 73: 589-597.
- Hogberg, M. y Zimmerman, D. 1978. Compensatory responses to dietary protein, length of starter period and strain of pig. *J. Anim. Sci.* 47: 893-899
- Hopkins, D. y Tulloh, N. 1985. Effects of a severe nutritional check in early post-natal life on the subsequent growth of sheep to the age to 12-14 months. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 105: 551-562.
- Hornick, J., Van Eenaeme, C., Clinquart, A., Diez, M. y Istasse, L. 1998. Different periods of feed restriction before compensatory growth in Belgian Blue bulls. I. Animal performance, nitrogen balance, meat characteristics and fat composition. *J. Anim. Sci.* 76: 249-259.
- Kamalzadeh, A., Van Bruchem, M., Koops, W., Tamiminga, S. y Zwart, D. 1997. Feed quality restriction and compensatory growth in growing sheep: feed intake, digestion, nitrogen balance and modeling change in feed efficiency. *Livest. Prod. Sci.* 52: 209-217.
- Luna-Pinto, G. y Cronjé, P. 2003. The roles of the insulina-like growth factor system and leptin as possible mediators of the effects of nutritional restriction on age at puberty and compensatory growth in dairy heifers. *South African J. Anim. Sc.* 30: 155-163.
- Morgan, H. 1972. Effect of plane of nutrition in early life on subsequent live-weight gain, carcass and muscle characteristics and eating quality of meat in cattle. *J. Agri. Sci. (Camb)* 78: 417-423.
- O'Donovan, P. 1984. Compensatory gain in cattle and sheep. *Nutr. Abs. Rev. (Serie B)*. 54: 389-410.
- Ojeda, A. 2003. Uso de residuos de cosecha y subproductos agroindustriales en la ganadería de leche. In Taller de Análisis y Discusión para Dominicanizar la Ganadería de Leche. Secretaría de Estado de Agricultura, Dirección General de Ganadería Gobierno de la República Dominicana, Santo Domingo. Pp. 35-64.
- Ojeda, A., Molina, F. y Carmona, D. 2007. Evaluación del crecimiento compensatorio como estrategia de manejo en vacunos de carne a pastoreo. *Zootecnia Tropical*. En Prensa.
- Owens, F., Gill, D., Secrist, D. y Coleman, S. 1995. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 73: 3152-3172.
- Pitts, G. 1986. Cellular aspects of growth and catch-up growth in rats: a reevaluation. *Growth.* 50: 419-436.
- Plavnik, I. y Hurwitz, S. 1985. The performance of broiler chicks during and following a severe feed restriction at an early age. *Poult. Sci.* 64: 348-355.
- Poland, W., Ringwall, K., Schroeder J. y Park, C. 1999. Effect of a nutritionally-directed, compensatory growth regimen on growth potential and lactational performance of beef heifers. *J. Anim. Sci.* 77(Suppl. 1): 163-172.
- Rompala, R., Jones, S., Buchanan-Smith, J. y Bayley, H. 1985. Feedlot performance and composition of gain in late-maturing steers exhibiting normal and compensatory growth. *J. Anim. Sci.* 61: 637-646.
- Ryan, W. 1990. Compensatory growth in cattle and sheep. *Nutr. Abstr. Rev. (Serie B)*. 60: 653-664.
- Ryan, W., Williams, I., y Moir, R. 1993. Compensatory growth in sheep and cattle. II. Changes in body composition and tissue weights. *Aust. J. Agric. Res.* 44: 1623-1633.
- Sainz, R., de la Torre, F. y Oltjen, J. 1995. Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and re-feed beef steers. *J. Anim. Sci.* 73: 2971-2979.

- Santra, A., y Pathak, N. 1999. Nutrient utilization and compensatory growth in crossbred (Bos indicus x Bos Taurus) calves. *J. Anim. Sci.* 12: 1285-1291.
- Scott, C. y Fleming, J. 2005. Compensatory growth: An hypothesis. In *Compensatory growth in ruminants. An overview.* In Benschop, D., ed. APS. University of Guelph. Canadá. Disponible en: <http://www.aps.uoguelph.ca/~cantj/ans626ch8.pdf> (Consultado: 02/sep/2003).
- Shultz, T., Shultz, E., Garmendia, J. y Chicco, C. 1977. Efecto de niveles alimenticios e implantación hormonal sobre el desarrollo compensatorio de novillos en el trópico. *Agronomía Tropical* 27: 601-612.
- Taylor, S., Turner, H. y Young, G. 1981. Genetic control of equilibrium maintenance efficiency in cattle. *Anim. Prod.* 33: 170-194.
- Tudor, G. y O'Rourke, P. 1980. The effect of pre and post-natal life on growth and feed efficiency during recovery. *Aust. J. Agric. Res.* 31:179-189.
- Vaccaro, R. y Padrón, G. 1987. Crecimiento de hembras Pardo Suizas bajo manejo intensivo. *Zootecnia Tropical* 5:77-93.
- Verde, L., Joandet, G., Gil, E., Torres, F. y Flores, J. 1975. Efecto de la alimentación y el padre en el crecimiento compensatorio de novillos. *A.L.P.A. Mem.* 10: 75-97.
- Wilson, P. y Osbourne, D. 1960. Compensatory growth after under nutrition in mammals and birds. *Biol. Rev.* 35: 324-363.
- Yambayamba, E., Price, M. y Foxcroft, G. 1996. Hormonal status, metabolic changes, and resting metabolic rate in beef heifers undergoing compensatory growth. *J. Anim. Sci.* 74: 57-69.
- Zubair, A. y Leeson, S. 1994. Effect of varying period of early nutrient restriction on growth composition and carcass characteristics of male broilers. *Poult. Sci.* 73: 129-136.