

CAPÍTULO III

Avances técnicos en el crecimiento de bovinos para carne

Juan Clariget¹, Georgett Banchemo¹, Fabio Montossi², Gustavo Brito², Pablo Rovira³, Alejandro La Manna¹

¹INIA La Estanzuela; ²INIA Tacuarembó; ³INIA Treinta y Tres.

El crecimiento es definido como un aumento del tamaño, del número de células o de la masa corporal a lo largo del tiempo (Arango y Van Vleck, 2002; Murdoch et al., 2005). En los animales consiste en la acumulación de proteínas, grasas y huesos que, normalmente, se mide como la variación en el peso o en la masa corporal y, por otro lado, la retención de nutrientes se estima a través del peso corporal vacío y su composición (Owens et al., 1995). El crecimiento implica aumentos tanto en el número de células (hiperplasia) como en el tamaño de las células (hipertrofia; Owens et al., 1993; Murdoch et al., 2005).

El crecimiento generalmente sigue una curva sigmoidea (Figura 1), donde el peso acumulado se representa en función de la edad (Owens et al., 1993). Normalmente, el crecimiento de los animales a lo largo de su vida se divide en tres fases: la pre-puberal, la de auto-aceleración y la de auto-inhibición post-puberal. La pubertad se describe como el punto en el que la fase de crecimiento de auto-aceleración cambia a la fase de crecimiento de auto-inhibición, que generalmente ocurre cuando el animal alcanza aproximadamente el 60% de su peso maduro (Brody, 1964), coincidiendo con la madurez sexual. El tamaño corporal maduro y las tasas de crecimiento total o de partes del cuerpo son diferentes de un animal a otro (Gerrard y Grant, 2003) y son influenciados tanto por variables del propio individuo (edad fisiológica, raza, sexo) como del ambiente (nutrición, clima).

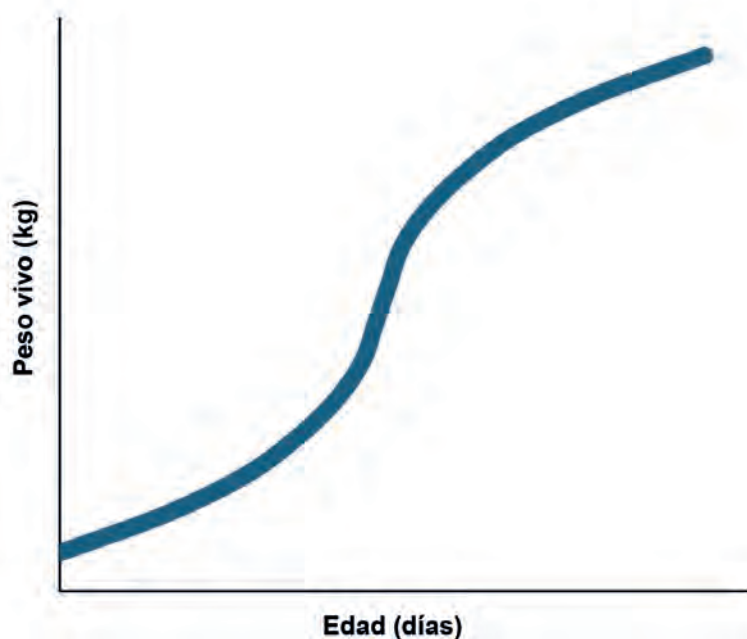


Figura 1. Curva sigmoide del crecimiento bovino a lo largo de su vida.



Factores que afectan el crecimiento bovino

El potencial de crecimiento difiere enormemente entre las razas de ganado, siendo evidente dos tipos biológicos (Southgate et al., 1982; 1988): i) razas de maduración tardía, p. ej., Charolais y Limousin, y ii) razas de maduración temprana, p. ej., Angus y Hereford. El efecto de la raza sobre el crecimiento y la composición corporal se atribuye en gran medida al peso maduro asociado con cada raza (Owens et al., 1995). El ganado alcanza el peso maduro cuando el peso vacío aumenta sólo por la deposición de grasa (Owens et al., 1995). Cuando se manejan de manera similar, los animales con pesos maduros más pesados predeterminados genéticamente (animales de maduración tardía) crecen más rápido y son más delgados, y sus canales tienen una mayor proporción de músculo y porcentaje de cortes de carne en comparación con los bovinos de maduración temprana (Owens et al., 1995; Afolayan et al., 2007; Warriss, 2010; Keane, 2011; Pesonen y Huuskonen, 2015). Por lo tanto, al comparar la composición corporal del ganado de maduración temprana y tardía, se debe considerar el criterio de valoración a la faena: la gordura, la edad o el peso.

El sexo juega un papel importante tanto en el crecimiento del ganado como en la composición del crecimiento, principalmente debido a las diferencias en la concentración de las hormonas testosterona y estrógeno (Lawrence et al., 2012). Los niveles elevados de producción de testosterona, producida por los testículos, contribuyen a tasas de crecimiento superiores y mayores proporciones de músculo magro en comparación con los machos castrados (Lawrence et al., 2012). Las diferencias en las tasas de crecimiento entre un toro y un novillo comienzan a manifestarse, aproximadamente, a los siete meses de edad con el inicio de la producción de testosterona (Keane, 2003). Los estrógenos, producidos por los ovarios, aumentan la deposición de grasa y disminuyen el tamaño esquelético y la masa muscular en las hembras en comparación con los machos (Hossner, 2006). Las vaquillonas engordan con pesos más livianos que los novillos, los cuales, a su vez, engordan con pesos más livianos que los toros.

Para garantizar que los animales mantengan el crecimiento en su potencial genético, el suministro de nutrientes debe alinearse con sus necesidades nutricionales, las cuales varían a lo largo de su vida (Owens et al., 1993). Restringir la ingesta de nutrientes de un animal interrumpirá el crecimiento, por lo que no alcanzará el potencial predeterminado de su crecimiento (Owens et al., 1995). Sin embargo, en determinadas circunstancias podría producirse un crecimiento compensatorio (se detallará en las páginas siguientes).

En los sistemas pastoriles, la dieta del ganado vacuno en crecimiento generalmente consiste en forraje en forma de pasto pastoreado o conservado, con concentrados ofrecidos como suplemento. El valor nutritivo del pasto pastoreado fluctúa a lo largo del año (Harrison et al., 2003; Mieres 2004), particularmente debido a las prácticas de manejo del pastoreo (Gregorini et al., 2008) y está altamente influenciado por la selectividad animal (Montossi et al., 2001), donde los animales, en general, cosechan en pastoreo una dieta de mayor valor nutricional que la que ofrece la pastura. A medida que los forrajes maduran, la digestibilidad y el valor nutritivo disminuyen, lo que resulta en menores tasas de crecimiento





animal (Harrison et al., 2003). Normalmente, el pasto de primavera, al tener una menor proporción de pared celular de digestión lenta y una mayor proporción de contenido de células digeribles, tiene un mayor valor nutritivo en relación con los pastos de otoño, que son más maduros (Bosch et al., 1992). Los concentrados, al tener un valor nutritivo superior en comparación con los forrajes, comúnmente son ofrecidos cuando las dietas de forraje puro no pueden satisfacer las necesidades del animal (INRA, 1989; NASEM, 2016).

El ganado en crecimiento tiene un mayor requerimiento de proteínas en la dieta que el ganado en engorde (NASEM, 2016). De hecho, la relación entre los requerimientos de energía y proteína aumenta entre 17 y 56% a medida que aumenta el peso corporal del ganado en base a diferentes ganancias diarias de peso (Cuadro 1).

Cuadro 1. Requerimientos para el crecimiento y engorde de bovinos para carne.

Ganancia de peso (kg/d)	Peso vivo vacío (kg)					
	250	300	350	400	450	500
<i>Requerimientos de energía metabolizable (EM; Mcal/d)</i>						
0,4	10,7	12,5	13,9	15,5	16,7	18,2
0,8	13,9	15,9	17,8	19,8	21,5	23,4
1,2	16,6	19,2	21,5	23,9	25,9	28,2
1,6	19,7	22,6	25,3	28,1	30,5	33,0
<i>Requerimientos de proteína cruda (PC; kg/d)</i>						
0,4	0,50	0,56	0,61	0,65	0,69	0,73
0,8	0,66	0,72	0,76	0,79	0,81	0,84
1,2	0,82	0,88	0,91	0,92	0,93	0,94
1,6	0,97	1,03	1,05	1,04	1,04	1,04
<i>Relación entre los requerimientos de EM y PC (EM/PC por día)</i>						
0,4	21,4	22,3	23,0	24,0	24,4	25,0
0,8	21,1	22,0	23,4	25,2	26,4	27,8
1,2	20,4	21,8	23,7	26,1	27,9	30,0
1,6	20,4	21,9	24,2	26,9	29,4	31,8

Adaptado de NASEM (2016).

Crecimiento compensatorio en bovinos y sus mecanismos

El crecimiento compensatorio es un proceso fisiológico por el cual un animal tiene el potencial, después de un período de alimentación restringida, de acelerar su crecimiento durante la realimentación (Hornick et al., 2000). En los sistemas de producción de carne basados en pasturas, los productores ganaderos usan este concepto con frecuencia, con el objetivo de reducir los costos de producción redistribuyendo el



alimento desde una época del año en que la cantidad y/o la calidad de las pasturas son bajas (invierno) hacia una época en que la cantidad y calidad de las pasturas son abundantes (primavera; Figura 2).

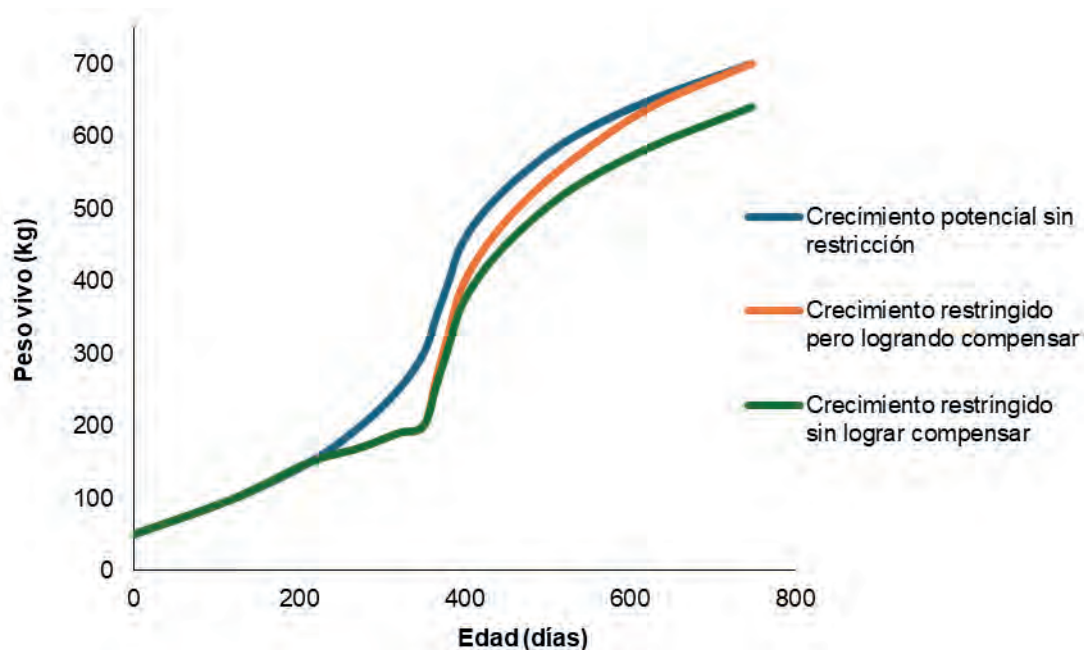


Figura 2. Curvas sigmoideas del crecimiento potencial y del crecimiento restringido, con dos ejemplos gráficos donde se logra o no expresar el crecimiento compensatorio.

Son varios los mecanismos que explican el crecimiento compensatorio. Los principales incluyen la reducción del gasto de mantenimiento (reducción en el tamaño y actividad de órganos), la reducción del gasto energético por tejido depositado (mayor deposición de músculo y menor deposición de grasa), la mejor eficiencia para el crecimiento (menor energía neta de ganancia requerida para depositar 1 kg PV), el mayor consumo de alimento en términos relativos y absolutos (% PV o kg/d), y el incremento en el contenido del tracto digestivo.

Los animales que sufren una restricción en el crecimiento son más pequeños y, como consecuencia, las necesidades de mantenimiento del cuerpo pasan a ser menores. De hecho, por cada aumento de 50 kg de peso corporal, la energía neta para mantenimiento (ENm) aumenta entre 8 y 17% (NASEM, 2016). Además, algunos órganos, como el hígado, el bazo, el intestino o el retículo-rumen podrían ser más pequeños no sólo en términos absolutos sino también en términos de tamaño proporcional al peso corporal del animal (Yambayamba et al., 1996; Keogh et al., 2015). Reducir la proporción o el tamaño de estos tejidos permitiría al animal reducir sus necesidades energéticas de mantenimiento.

El ganado que se somete a una restricción alimenticia es más liviano y, generalmente, muestra una mayor deposición de proteínas en comparación con la deposición de grasa (Figura 3). A modo de ejemplo, para un novillo británico de tamaño medio, la proporción de proteínas y grasas en cada kg de ganancia diaria

cambia del 17 al 9% y del 21 al 57%, respectivamente, para novillos de 200 a 500 kg de peso corporal (NASEM, 2000). La eficiencia de acumulación de grasa es energéticamente 1,7 veces mayor que la de la proteína; sin embargo, debido a que la proteína almacena más agua que la grasa depositada (~75 vs. ~10 % del agua), la ganancia de tejido magro es cuatro veces más eficiente que la acumulación del tejido graso (Owens et al., 1995).

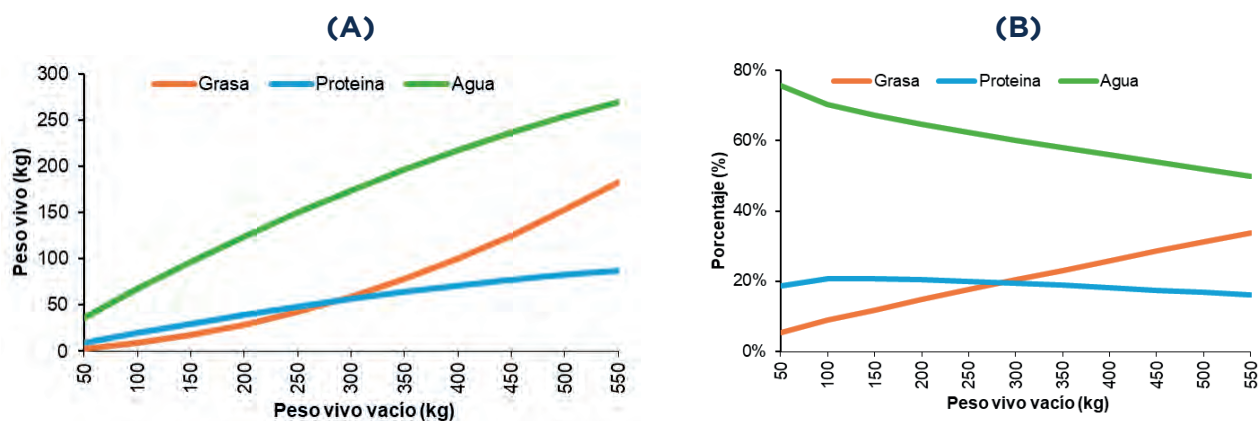


Figura 3. Peso (A) de los distintos componentes de la canal de machos castrados de razas británicas y sus respectivos porcentajes (B).

Adaptado de NASEM (2016).

Para reponer los tejidos más afectados por la alimentación restringida, se requiere un aumento en la deposición de proteínas al comienzo de la realimentación. De hecho, Carstens et al. (1991) demostraron que novillos con el mismo peso (290 o 450 kg de peso vacío), pero con crecimiento continuo o crecimiento restringido y posterior compensatorio, los últimos presentaban más proteínas, agua y cenizas y menos grasa en el peso corporal vacío. Así, requirieron menor energía para depositar 1 kg de peso corporal. Durante el crecimiento compensatorio, se observa un recambio acelerado que se caracteriza por un marcado aumento de la síntesis en relación con la degradación de proteínas, inicialmente en las vísceras y luego en los músculos. Dado que se requiere menos energía para la deposición de músculo que para la grasa, se incrementa la tasa de crecimiento.

Los animales restringidos cuando pasan a la siguiente etapa de realimentación tienen un consumo mayor en términos absolutos (kg/d; Ryan et al., 1993; Sainz et al., 1995; Bedwell et al., 2008) y/o relativo (%PV o % PV^{0,75}; Meyer et al., 1965; Abdalla et al., 1988; Choat et al., 2003; Keogh et al 2015; Silva et al., 2020). Este es uno de los principales mecanismos que explican el crecimiento compensatorio, siendo las hormonas fisiológicas, como la leptina, fundamentales en el proceso, pues actúan en las reservas de grasa corporal y regulan el apetito y el gasto de energía en el cuerpo (Delavaud et al., 2002).

El ganado que fue restringido y posteriormente realimentado tiene un rápido llenado del tracto digestivo y esto podría hacer una contribución sustancial al aumento en la ganancia de peso (Hogg, 1991). De hecho,



esto fue observado por Yambayamba et al. (1996) hasta los 80 días de realimentación y por Keogh et al. (2015) con 55 días de realimentación. Sin embargo, este efecto tendió a desaparecer cuando se dedicaron más días a la realimentación (Carstens et al., 1991; Sainz et al., 1995; Yambayamba et al., 1996).

Factores que afectan el crecimiento compensatorio

Los principales factores que afectan el crecimiento compensatorio son: la severidad, duración y edad al inicio de la restricción, así como la cantidad y calidad de la dieta durante la realimentación.

Wilson y Osbourn (1960) propusieron tres categorías para clasificar la severidad de la restricción: severa (pérdida de peso), media (mantenimiento del peso) o leve (aumento de peso moderado). Para Nicol y Kitessa (1995) y Hornick et al. (2000), la restricción severa debe ser por un período corto de tiempo, mientras que la restricción leve puede ser por un período más largo (alrededor de 3 a 4 meses). En la literatura, la ganancia diaria mínima recomendada durante el período de restricción varía y, en particular, es afectada por el avance del tiempo y por la nueva información generada por la investigación. Durante las décadas del 70' y 80', Verde (1974) sugirió valores entre 0,20 y 0,35 kg/d, luego en los 90', Carstens et al. (1991) sugirió valores superiores a 0,30 kg/d; ya en la década de 2000, Neel et al. (2007) y Ashfield et al. (2014) recomendaron valores superiores a 0,45 o entre 0,40 y 0,60 kg/d, respectivamente.

El retraso severo y crónico del crecimiento del ganado en las primeras etapas de su vida reduce el potencial de crecimiento, lo que resulta en animales más pequeños a cualquier edad (Greenwood y Cafe, 2007). De hecho, en una revisión, Ryan (1990) concluyó que no se recomienda una restricción en animales muy jóvenes (menores de 3 meses), mientras que Berge (1991), en otra revisión, mostró cómo la capacidad compensatoria de terneros menores a 6 meses de edad era muy limitada. Por lo tanto, el momento menos adverso para imponer una restricción dietética es cuando los animales tienen más de 6 meses de edad.

Por otro lado, Berge (1991) menciona que el crecimiento compensatorio no debe considerarse insignificante en ganado joven, pero comparando terneros vs. novillos, los primeros necesitaron de 14 a 18 meses para compensar el 70-80% de la diferencia de peso generada durante la restricción, mientras que los segundos necesitaron sólo de 4 a 7 meses para obtener el mismo resultado. De hecho, Keane y Drennann (1994) sugirieron que el crecimiento compensatorio durante la realimentación a pasto (6-8 meses) está en el rango de 30-50% para terneros de un año y de 60-80% para novillos de 2 años, lo que indica que el crecimiento compensatorio es mayor en ganado más adulto (2 vs. 1 año).

Buenas condiciones nutricionales, en términos de cantidad y calidad, generan una mayor compensación, además de dar un tiempo adecuado para la recuperación (Nicol y Kitessa, 1995). Verde et al. (1975) recomendaron que, durante la realimentación, los animales necesitan tener acceso *ad libitum* al alimento



con altos valores nutricionales (2,8 Mcal de EM/kg de MS). Además, se recomienda que el período de recuperación sea entre tres y seis meses. De hecho, Nicol y Kitessa (1995), en una síntesis de experimentos en condiciones de pastoreo, mostraron que la variación en el período de realimentación - menos de 2 meses, de 2 a 5 meses o de 5 a 8 meses - afectaba la diferencia en la ganancia de peso entre los grupos restringidos y no restringidos - que fue cercana a 0,30 kg/d, a 0,20 kg/d o entre 0,15-0,10 kg/d, respectivamente.

Índice compensatorio

Índice compensatorio es la diferencia de peso que se presenta entre los animales (sin vs. con restricción) al finalizar el período de restricción, menos la diferencia de peso que hay entre los animales (sin vs. con restricción) al finalizar el período de realimentación, dividido la diferencia de peso entre los animales al finalizar el período de restricción, multiplicado por 100 (Wilson y Osbourn, 1960). A modo de ejemplo, si al final del período de restricción la diferencia de PV es de 50 kg (A; Figura 4) y al final del período de realimentación las diferencias entre grupos se reducen a 20 kg (B; Figura 4), el índice compensatorio es de 60% $((A-B)/A \times 100)$. Por lo general, el ganado logra compensaciones entre 0 y 100%, con un promedio del 40% y una mediana del 39% (Clariget et al., 2024).

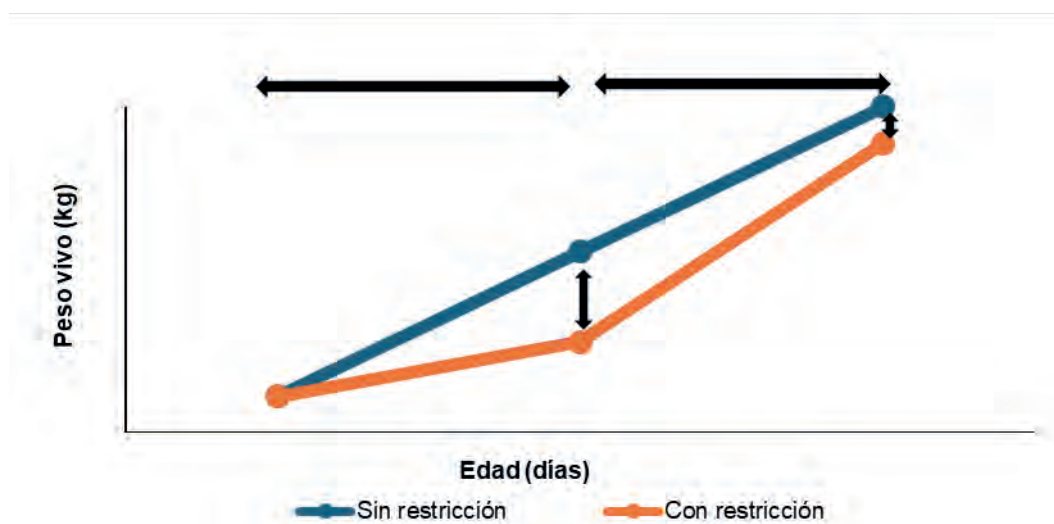


Figura 4. Representación esquemática del índice compensatorio.

Varios de los experimentos publicados en la literatura se centraron en comprender los mecanismos o los factores que explican el crecimiento compensatorio. Sin embargo, es necesario continuar profundizando la comprensión de los factores que influyen en la expresión del crecimiento compensatorio, para poder potenciarlo en los diferentes sistemas de producción de carne. Este es el caso de Uruguay: en las regiones ganaderas de mayor importancia ocurren, normalmente, períodos de restricción y mejoras en la alimentación del ganado en las diferentes fases del crecimiento, donde es necesario cuantificar la magnitud de la expresión del crecimiento compensatorio para establecer prácticas ganaderas que beneficien a los productores.