

# FISIOLOGÍA DEL CRECIMIENTO DE VACUNOS

Dr. Oscar N. Di Marco\*. 2004. Curso de Posgrado Actualización en Invernada, F.C.V. de la U.N.La Pampa y C.M.V. de La Pampa. Módulo I.

\*Univ. Nacional de Mar del Plata.

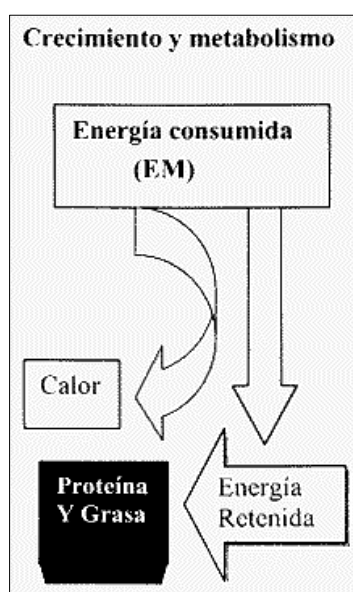
[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

Volver a: [Exterior, crecimiento y desarrollo](#)

## INTRODUCCIÓN

Conceptualmente la vida del vacuno para carne se divide tradicionalmente en tres periodos de crecimiento, a saber: el de lactancia, recria y engorde. Dichos períodos se diferencian por el cambio de peso, por el tipo y proporción de tejidos que se desarrollan y por modificaciones del metabolismo.

A continuación se analizarán las características del crecimiento dentro del marco del metabolismo energético y tisular, a los efectos de explicar el efecto de la alimentación, tipo y categoría de animal en la performance y eficiencia de vacunos para carne.



La causa del aumento de peso es la retención de energía (RE) en forma de proteínas y grasas (ER) en distintos tejidos lo cual hace que se acumule tejido magro y adiposo.

El aumento de peso de los tejidos, es la parte de la energía metabolizable consumida que no se disipó como calor ( $EM = RE + \text{Calor}$ , Webster, 1989) y está retenida en el organismo animal. Estos dos términos del balance energético - producción de calor y retención - son consecuencias de eventos metabólicos (Reeds, 1987) y, a su vez, causas de la ganancia de peso, composición corporal y eficiencia del animal. Esto significa que después de la absorción, los nutrientes se utilizan en dos grandes destinos. En parte para el aumento del tamaño de los tejidos mencionados y en parte son oxidados para proveer la energía que requiere el organismo, en forma de ATP (1 ATP = 20 kcal AGVs).

Cuando el animal gana peso hay retención (R) o aumento de tejidos y cuando pierde hay movilización o degradación (D). Durante la retención y movilización de tejidos hay síntesis y degradación tisular al mismo tiempo (Lobley, 1985a y b), sin embargo varía el balance entre las respectivas tasas de síntesis y degradación ( $R = S - D$ ). Este es el mecanismo a nivel tisular que determina el aumento o disminución del peso de los distintos tejidos y en consecuencia del cambio de peso y composición corporal del animal. Dicho balance entre síntesis y degradación depende de la disponibilidad de energía, de la edad del animal, del peso y de cada tejido en particular.

## PESO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

El aumento de peso es lineal desde el nacimiento hasta el peso maduro o Pmx. (Whittemore, 1986), aunque hay distintas interpretaciones del Pmx y diferentes formas de estimarlo.

Webster (1989) menciona que en vacunos Hereford que consumen alimento a voluntad el Pmx llega a 947 kg, a partir del cual en teoría dejarían de aumentar de peso. Fox y Black (1984) definieron el peso adulto como aquel en que cesa la retención proteica y no el peso total. Este punto también es problemático para su determinación.

Owens y otros (1995) estimaron que la cantidad de grasa en el organismo en que cesa la retención proteica es del 36 % del peso vacío. De acuerdo a dicha determinación el Pmx resultó de 746 kg. Los antecedentes mencionados muestran que existen diferentes estimaciones del Pmx, el cual puede variar entre 746 a 947 kg para un mismo tipo de animal.

Por otro lado, los animales en pastoreo alcanzan un Pmx que depende de las condiciones de alimentación. En este caso Taylor (1965) considera que los animales adultos llegan al Pmx cuando alcanzan un peso de equilibrio (plateau) con la alimentación, como ocurre en toros y vacas que después de algunos años llegan a un peso adulto que mantienen constante a través del tiempo.

## FRAME

Si bien el tamaño estructural se puede definir en términos cualitativos, no existe ninguna forma de cuantificarlo con exactitud, aunque por lo general se expresa como un índice conocido como frame score o simplemente frame, o en términos cualitativos como chico, mediano y grande. El frame se obtiene de una fórmula que tiene como variables la altura y la edad del animal. La primera en difundirse fue la aplicada por la *Beef Improvement Federation* (BIF, 1986) de los Estados Unidos, según la misma por cada 5 cm adicionales de altura el frame aumenta una unidad.

### ¿Cuándo conviene medir la alzada ?

Dado que el valor del frame varía según la edad en que se mide la alzada, es importante que dicha medición se haga en el momento en que la altura haya sido menos afectada por la alimentación. El nacimiento es en teoría el momento más adecuado, no obstante terneros al destete resulta más práctico y además en ese momento el crecimiento está menos afectado por la disponibilidad del forraje debido al efecto complementario de la leche materna. La medición temprana de la alzada del animal no solamente permite clasificarlo mejor en el frame correspondiente, sino que además también tiene la ventaja de caracterizarlo temprano en su vida.

Los animales de tamaño chico, con un frame de 3 o menos, tienen menos de 98 cm, los medianos entre 99 a 108 cm y los grandes entre 109 a 118 cm.

Valores de alzada y frame para terneros al destete

Alzada en cm	Frame	Tamaño
Menos de 98	Menos de 3	Chico
99 a 108	3	Mediano
109 a 118	4 a 5	Grande
Más de 120	6 a 7	Muy grande

## PESO VIVO Y PESO VACÍO

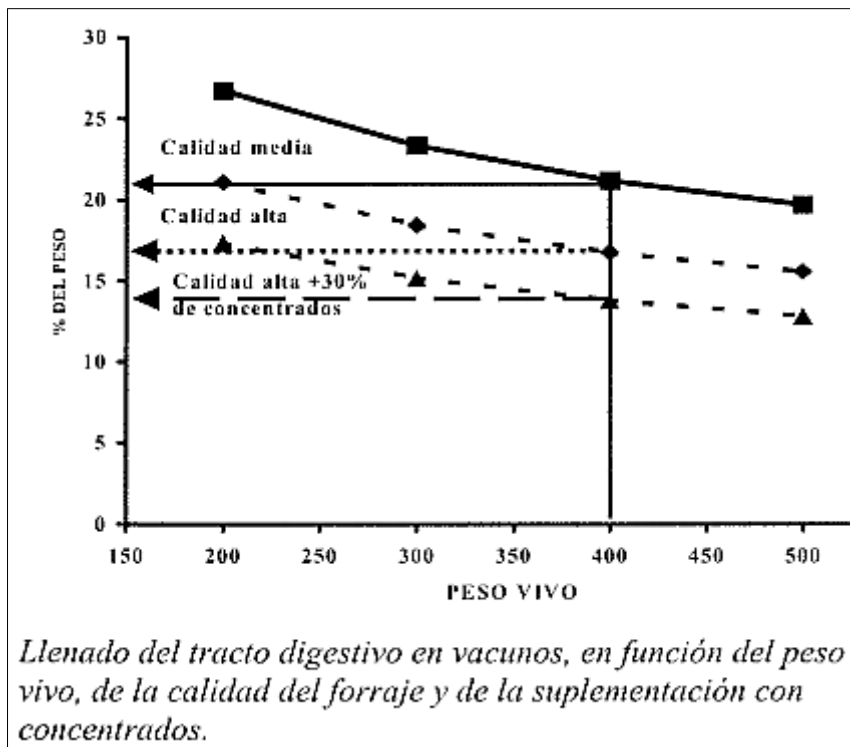
El peso tomado en la balanza tiene el contenido del tracto gastro-intestinal (CTGI). Este material es una masa acuosa con 12 a 15 % de MS, que contiene alimento en distintos estados de digestión y residuos indigeribles que se agrupan bajo el nombre de digesta y puede representar entre un 15 a 30 % el peso vivo del cual un 80 a 85 % se encuentra en el retículo-rumen. Para estimar el peso vacío, que es el peso de los tejidos hay que descontar el "llenado".

## LLENADO Y DESBASTE

El **llenado** se calcula después de la faena antes y después de vaciarlo. El llenado disminuye al aumentar el peso vivo, con la calidad del forraje y al suplementar con concentrados. Por ejemplo, el llenado de un vacuno de 400 kg es del 21 % en una dieta de mediana calidad (65 % de FDN), disminuye al 17 % en una pastura de buena calidad (50 % de FDN) y a 14 % cuando se suplementa con 30 % de concentrados en una pastura de buena calidad.

El **desbaste** es la pérdida de peso que ocurre en un animal durante un período de tiempo en que el animal se encuentra sin comer, con o sin disponibilidad de agua, debido principalmente a la excreción fecal y urinaria. Por lo general un animal pierde en 24 h de ayuno la mitad del peso del llenado.

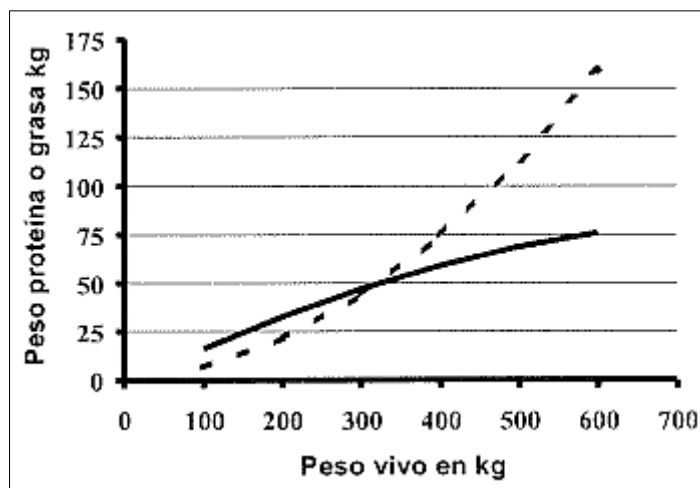
Las pérdidas por desbaste dependen de la longitud y condiciones durante el período de ayuno, como además de la calidad de la dieta y del nivel de consumo. Algorta y otros (1978) midieron una pérdida de peso del 6.7 % durante un encierro de 20 horas en un corral sin comida. Fumagalli y otros (1989) registraron una pérdida de peso del 6.9 % durante un transporte de 400 km, llegando el desbaste al 10.5 % en animales previamente restringidos y realimentados. Josifovich (1995) reporta pérdidas por desbaste de 5 a 7 % en un envío de 230 km, de 7.5 % en 399 km y de 7.9 % en 730 km. Lo cual indica que las pérdidas por desbaste pueden variar durante el transporte entre 5 a 6 % en 200 km, 7 a 8 % en 400 a 700 km.



### COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PESO VACÍO

Desde un punto de vista productivo los principales componentes del peso vacío de un animal son los huesos, el músculo, las vísceras y la grasa. El animal gana peso por la acumulación de dichos tejidos, respetando cierto patrón de prioridades. Esto es, primero crecen intensamente los órganos y vísceras, le sigue el tejido óseo, luego el muscular y finalmente el tejido adiposo o grasa (Black, 1988). Todos los tejidos mencionados están formados por cantidades variables de agua, grasa, proteína y cenizas (minerales), al igual que la ganancia de peso del animal. La suma de la proteína, grasa, agua y cenizas totalizan el peso vacío de un animal.

En cuanto a producción de carne se refiere, la relación entre proteína y grasa es la más importante y la más estudiada. En la figura siguiente se muestran dichas variaciones en base a datos de Fox y Black (1984) y de Owens y otros (1995).



Como puede observarse la proteína crece casi en forma lineal hasta llegar a un plateau y la grasa crece exponencialmente con el peso.

Por ejemplo un novillo de 400 kg de peso y 340 de peso vacío tendría 63 kg de proteínas y 75 de grasa, los cuales también están en el rango de valores mostrados previamente. La diferencia de 202 kg para completar el peso vacío de 340 kg corresponde al agua y en menor cantidad a los minerales. La cantidad de proteína mencionada, a su vez, representa 252 kg de tejido magro, ya que el mismo contiene 75 % de agua. Por su parte los 75 kg de grasa equivalen a 92 kg de tejido adiposo, debido a que dicho tejido tiene en promedio 15 % de agua y 4 % de proteínas.

## COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA GANANCIA DE PESO

La ganancia de peso también está compuesta por cantidades variables de de grasa, sin embargo existen algunas diferencias de interpretación con respecto a los patrones de acumulación de ambos componentes. Por ejemplo, según Byers (1982) la proteína crece a rendimientos decrecientes hasta llegar a un plateau y la grasa crece exponencialmente. Los datos de la figura corresponden a novillos Hereford alimentados con una mezcla de forraje y granos. Según puede observarse, a los de 250 kg de peso el animal retiene 115 g/d de proteína y 500 g de grasa cuando gana 1 kg/d. En cambio con una ganancia de 400 g/d el animal acumula por día 60 g de proteína y 120 g de grasa. Es decir que al disminuir la tasa de ganancia de peso la retención de grasa es más afectada que la de proteína y en consecuencia el porcentaje proteico aumenta.

Al aumentar el tamaño estructural, aumenta la retención de proteínas y disminuye la de grasa, y al aumentar el peso vivo la ganancia de peso se realiza a expensas de una mayor acumulación de grasa, al punto que novillos de razas Británicas tradicionales después de los 550 kg, prácticamente no retienen tejido proteico cuando ganan peso.

## DEMANDA ENERGÉTICA EN DISTINTOS TEJIDOS

Las vísceras y órganos que llevan a cabo diferentes funciones de servicio para el resto del organismo, reciben una alta proporción del flujo sanguíneo y tienen mayor demanda energética que el músculo, por lo cual reciben el nombre de tejidos de alta intensidad metabólica. En estos tejidos las tasas de síntesis y degradación de proteínas y el gasto energético en transporte de iones son mayores que en el resto. Por ejemplo, el hígado, corazón, riñones y TGI representan menos del 10 % del peso del animal, reciben el 75 % del flujo sanguíneo y contribuyen con el 46.5 % del gasto basal de energía. En cambio el músculo que representa el 41 % del peso, solamente contribuye con el 23 % del gasto de energía.

Distribución de la síntesis proteica, el flujo sanguíneo y la producción de calor en el animal  
(Tomado de Webster, 1981).

Tejido	Flujo Sanguíneo %	Síntesis proteica %	Producción de calor %
Vísceras	48	50	40
Músculo	15	20	
Cuero	11	17	60
Otros	26	13	

## CARACTERÍSTICAS DEL ANIMAL

DiCostanzo y otros (1991) encontraron grandes diferencias en el costo de mantenimiento de vacas adultas. Este varió de 135 a 180 Kcal/Kg<sup>0.75</sup> por día, y el mayor costo energético estuvo asociado a un mayor peso del hígado y mayor contenido de proteínas.

Sin embargo en numerosos experimentos no se han encontrado diferencias entre razas o grupos genéticos en el peso del hígado o en el resto de los tejidos viscerales. Ferrell y Jenkins (1998) encontraron que el peso del hígado aumentaba en forma diferencial con el nivel de alimentación en distintas razas.

Características de vacunos adultos del mismo rodeo, agrupados por categorías de eficiencia energética

Parámetros	Eficiencia		
	Baja	Alta	Diferencia %
Peso corporal	515	536	—
Requerimientos de mantenimiento Kcal/Kg <sup>0.75</sup> /d	180	135	33
Consumo voluntario diario de energía Mcal/Kg <sup>0.75</sup>	317	253	25
Ganancia diaria (g/d)			
Proteínas	138	46	300
Grasa	328	450	-73
Peso hígado (kg)	8.6	7.7	12

## EFICIENCIA DE LA RETENCIÓN DE TEJIDOS

En rumiantes la eficiencia de la retención de tejidos, expresada en términos de kcal de tejido/kcal de EM de alimento, es del 20 % cuando el animal retiene proteínas y del 75 % cuando retiene grasas (Geay, 1984). No obstante, cuando la eficiencia se expresa en términos de peso de tejido magro y grasa (g de tejido/kcal EM), las efi-

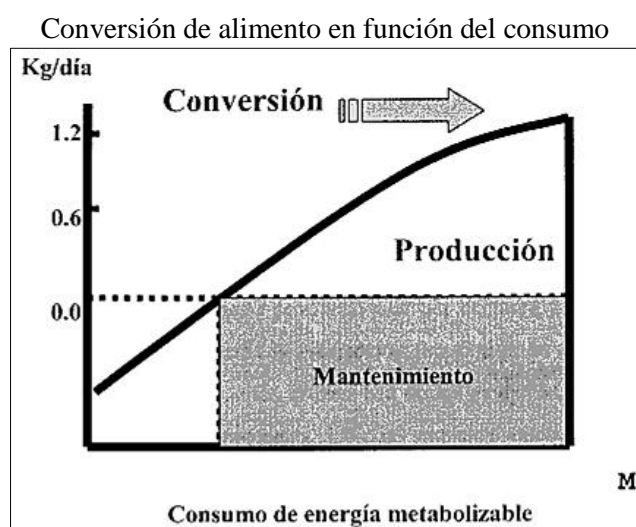
ciencias tienden a ser similares debido a que el primer tejido contiene un 75 % de agua y el segundo entre 5 a 20 %.

No hay que confundir la eficiencia de la retención de tejidos con el costo energético para retener proteínas y grasas, como se mencionó anteriormente. Es decir, mientras la eficiencia para retener una unidad de tejido adiposo o magro no difieren tanto, las respectivas demandas de energía son de 8.0 y 1.4 kcal/g. Esto surge de considerar que la grasa y la proteína tienen un valor calórico de 9.4 y 5.7 kcal/g, respectivamente y que, en promedio, hay un 85 % de grasa en el tejido adiposo y un 25 % de proteína en el tejido magro. En ambos tejidos el resto es agua.

### EFICIENCIA ALIMENTICIA O CONVERSIÓN DEL ALIMENTO

Se refiere a la cantidad de materia seca de alimento requerida por unidad de peso ganado. Es la más importante desde un punto de vista productivo. Depende fundamentalmente del costo de mantenimiento, del nivel de consumo y del tipo de tejido retenido.

A mayor consumo mayor eficiencia de conversión porque se diluye el costo de mantenimiento. Lo cual no significa que los animales sean energéticamente más eficientes. La conversión depende de todas las variables que afectan al mantenimiento y al consumo de alimento.



### EFICIENCIA ENTRE DESTETE Y FAENA

Eficiencia de novillos de distintos grupos genéticos

Grupo genético	Eficiencia en Mcal EM/kg		
	A 217 d	240-470 kg	5 % grasa *
Hereford o Angus	21.1	23.0	20.8
Cruzas británicas	21.7	22.1	20.7
Limousine	20.9	21.2	23.3
Charolaise	20.6	19.5	21.6
Simmental	21.4	20.6	22.1

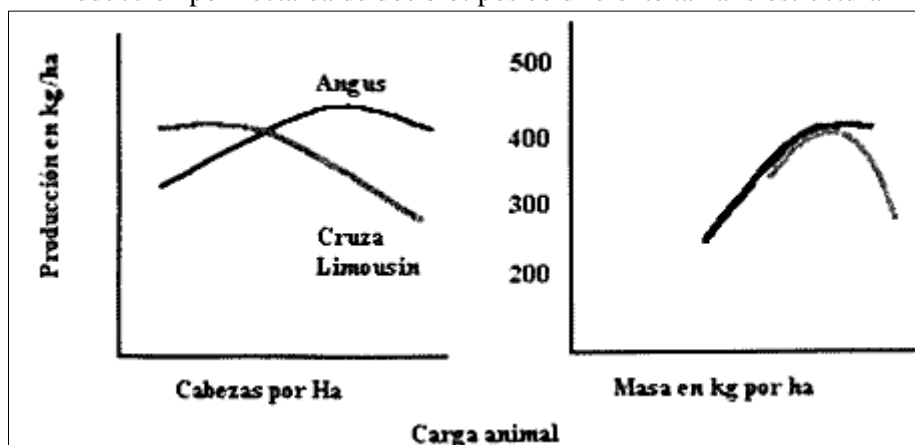
\* Grasa en músculo longissimus dorsi

En la tabla se muestra la eficiencia de novillos descendientes de madres Hereford y Angus cruzadas con toros de las mismas razas y de razas de mayor tamaño estructural como Limousine, Charolais y Simmental. Como puede observarse la eficiencia es similar entre biotipos. Por ejemplo los Angus y Hereford y sus cruzas requirieron 21 Mcal por Kg de peso de faena. Los Charolais no se diferenciaron de los anteriores (22 Mcal/kg) y en las demás las diferencias fueron pequeñas (22 a 23 Mcal/kg). En cambio las comparaciones a peso y edad constante favorecieron a los animales de mayor potencial de crecimiento.

### PRODUCCIÓN POR HECTÁREA Y TAMAÑO ESTRUCTURAL

Los animales de mayor tamaño producen más por hectárea que los de menor tamaño en baja carga. En una carga intermedia la producción fue similar en ambos biotipos y en alta carga los Angus produjeron más que los cruza. Sin embargo dichas diferencias desaparecen cuando la carga se ajusta a un mismo peso. Lo cual significa que 100 kg de masa corporal produce lo mismo por unidad de superficie independientemente del tamaño estructural, al menos entre grupos genéticos que difieren en no más de 2 unidades de frame.

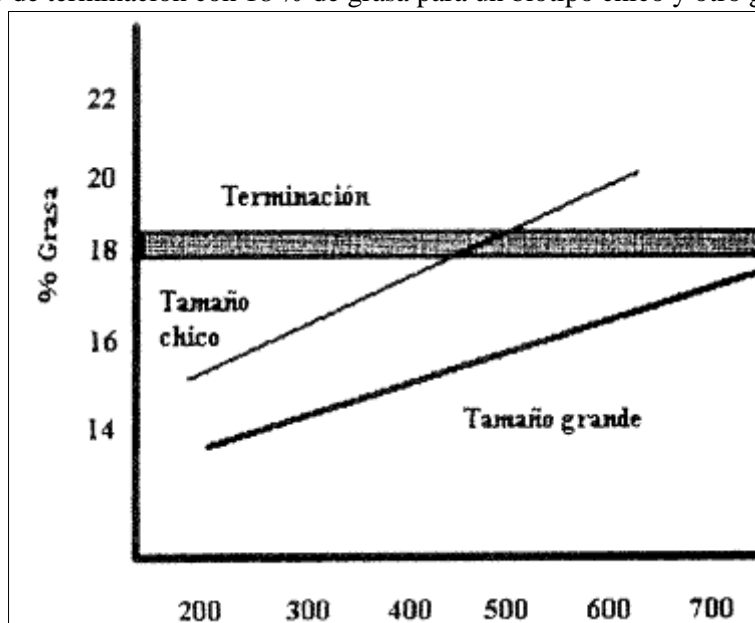
Producción por hectárea de dos biotipos de diferente tamaño estructural



### TERMINACIÓN Y TAMAÑO ESTRUCTURAL

La figura muestra el peso teórico que tienen que alcanzar dos biotipos de frame chico y grande para lograr un contenido de 18 % de grasa, en condiciones de pastoreo con ganancias de peso de 500 g/d. Obsérvese que el biotipo chico alcanza dicho nivel de grasa aproximadamente a los 400 kg y el grande a más de 600 kg.

Peso de terminación con 18 % de grasa para un biotipo chico y otro grande



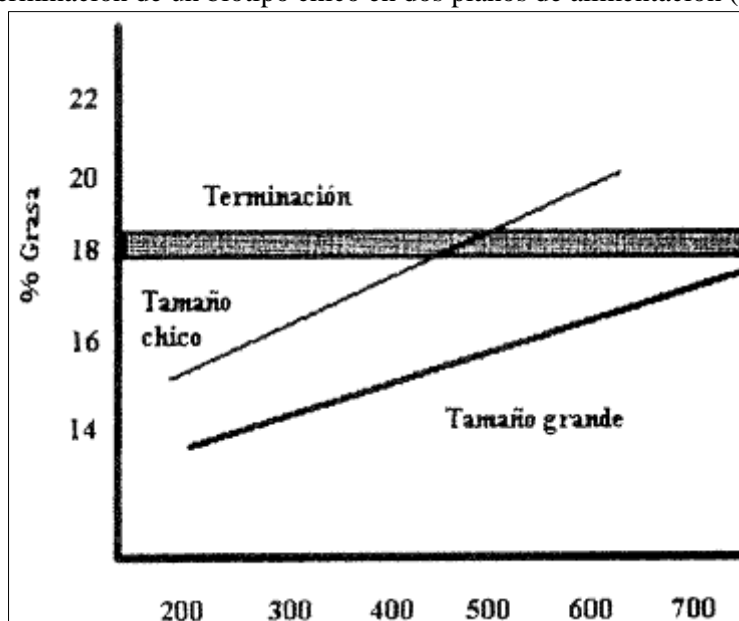
Los animales de alto potencial de crecimiento son más jóvenes a un mismo peso y en consecuencia depositan más proteínas que grasa cuando aumentan de peso. En condiciones en que los animales ganan peso por debajo de su potencial sin alcanzar a depositar grasa de cobertura, se ven menos terminados que los de menor tamaño estructural. Ello es debido a que estos animales fueron seleccionados para ganar peso a tasa máxima en sistemas intensivos, donde expresan su potencial de producción sin producir un exceso de grasa. En virtud de lo cual tienen alta conversión alimenticia y menor costo de producción por unidad de carne magra producida. En la selección de estos animales se puso énfasis sobre la obtención de altas tasas de ganancia de carne magra (proteínas), lo cual significa al mismo tiempo menor capacidad de engrasamiento y por lo tanto menor facilidad de terminación.

### PESO DE TERMINACIÓN Y NIVEL DE ALIMENTACIÓN

El peso de terminación no solamente depende del tamaño del animal sino del plano de alimentación. Como regla general se puede decir que en la medida que la ganancia de peso aumenta, lo cual ocurre al mejorar el plano de alimentación, es menor el peso corporal necesario para terminar el animal debido a que se dan las condiciones para que el animal acumule grasa a edad más temprana. Esto ocurre independientemente del biotipo. A modo de ejemplo, un biotipo chico se puede terminar a los 300-320 kilos con buena alimentación, o a los 450 kg o más cuando el consumo del animal esta limitado por una baja disponibilidad y/o calidad del forraje o por una alta car-

ga animal. El peso de faena y grado de terminación que un animal puede alcanzar en una condición de alimentación, depende del tamaño estructural del mismo y categoría.

Peso de terminación de un biotipo chico en dos planos de alimentación (alto y bajo)



Como regla general se puede decir que los animales de mayor facilidad de terminación son los de tamaño estructural o frame pequeño. También los de mayor edad y las hembras. Los animales de mayor frame, al igual que los terneros recién destetados, son de menor facilidad de terminación. Ello es debido a que tienen una mayor proteína objetivo que alcanzar. Los animales de mayor tamaño y los jóvenes tienen que engordarse con alimentación de alta concentración energética. En estos casos los biotipos grandes ganan más peso, son más eficientes para convertir el alimento a carne, y obtienen un buen grado de terminación y rendimiento de res. Los animales de fácil terminación tienen menos de 1 m de altura a los 6 meses y provienen de madres que pesan entre 420-440 kg en otoño y toros de alrededor de 600 kg a los dos años de edad. Con vientres de mayor tamaño se obtienen animales de mayor potencial de ganancia de peso, que requerirían especial atención de la alimentación para asegurarse una buena terminación sin que se alargue la duración del engorde.

Nivel de alimentación	Diferencias
Bajo	El biotipo chico pierde menos peso y estado o incluso se mantiene cuando el grande pierde peso.
Bajo a mediano	Igual ganancia de peso, pero mejor estado en el biotipo chico. Las hembras mejor que los machos.
Mediano	Ganancia de peso levemente superior en el biotipo grande, dificultad de engorde en pastoreo. Buena respuesta a la suplementación energética.
Alto	Mayor ganancia en el biotipo grande con buen estado corporal. Exceso de grasa en el biotipo chico. Mejor índice de conversión y rendimiento de res en el biotipo grande.

Para terminar un animal se requiere de 16 a 20 % de grasa en el peso, con lo cual se logra cierta cantidad de grasa subcutánea de veteado. La primera determina el aspecto del animal terminado y permite que la res sea conservada en frío sin oscurecimiento o endurecimiento de la carne; la segunda influye en la calidad de la carne. Ambos tipos de grasa dependen de la acumulación total de grasa o nivel de gordura, por lo cual la terminación implica producir, además de esta grasa, el resto que no se destina al consumo y que tiene bajo valor de venta.

#### BIBLIOGRAFÍA

Algorta, D. et al. 1978. Prod. Animal (Argentina) 6: 530  
 Baile, C.A. and C.L. McLaughlin 1987. J. Anim. Sci 64: 915.  
 Black, J.L. 1988. J. Arum. Sci. (Supp. 3): 1.  
 Berg, R.T. and R.M. Butterfield. 1976. Sidney Univ. Press (eds). 240 p.  
 BIF (Beef Improvement Federation). 1986. Guidelines for Uniform beef improvement programs. 5th ed. North Carolina State University, Raleigh, U.S.A.

- Brown and Dinkel 1982. *J. Anim. Sci.* 69: 583.
- Byers, R.T. 1982. In: Protein Requirement for cattle. Symp. Oklahoma State Univ. Nov. 19-21, 1980. pp. 141 - 165.
- DiCostanzo, A. et al. 1990. *J. Anim. Sci.* 68:2156 DiCostanzo, A. et al. 1991. *J. Anim. Sci.* 69: 1337. Di Marco, O.N. et al. 1987. *J. Ailirri. Sej.* 65: 150.
- Ferrell, C.L. 1989. *J. Anim. Sci (Suppl.3)*: 23.
- Fox, D.G. and J.R. Black. 1984. *J. Anim. Sej.* 53: 91.
- Fumagalli, A. et al. 1989. *J. Ariliri. Sel.* 67: 3397.
- Fortin, A. et al. 1980. *J. Arilin. Sci.* 51: 1288.
- Josifovich, J. A. 1995. Invernada en el norte de la provincia de Buenos Aires. Ed. Hemisferio Sur. 281 p.
- Lawrence, T. L. J. and V. R. Fowler. 1997. *Growth of Farm Animals.* CAB Int. 330 p.
- Lobley, G.E. et al. 1985a. *Br. J. Nutr.* 53: 491.
- Lobley, G.E. et al. 1985b. *Br. J. Nutr.* 54: 681.
- Lobley, G.G. and J.C. MacRae. 1985. *ELir. Ass. Anim. Prod.* 32. pp -38-41.
- McBride, B.W. and R.J. Early. 1989. *Br. J. Nutr.* 62: 673.
- McBride, B.W. and J. M. Kelly. 1990. A review. *J. Anim. Sci.* 68:2997.
- Mezzadra y otros (199 1). *Anim. Prod.* 55: 65.
- Milligan, L.P. 1971. *Fed. Proc.* 30: 1454.
- Milligan, L.P. and B.W. McBride. 1985. *J. Nutr.* 115: 1374.
- M111ward, D.J. et al. 1975. *Blochem. J.* 150: 235.
- Owens, F. N. et. al. 1995. *J. Arum. Sci.* 73:' ) 152.
- Recds, P.J. and M.F. Fuller. 1983. *Proc. NLIt. Soc.* 42:463
- Recds, P.J. and G.E. Lobley. 19180. *Proc. Nutr. Soc.* 39: 43.
- Reeds, P.J. 1987, *Anim. Prod.* 45: 149.
- Smith et al. (1976). *J. Anim. SeL* 43: 37. Thonney, M.L. et al. 1981. *J. Anim. Sci.* 53: 354.
- Trenkle, A. 1989. *J. Nutr* 119: 128.
- Trenkle, A. and D.N. Marple. 1983. *J. Anim. Sci.* 57 (Suppl 2): 273,
- Taylor, St C. S. 1965. *Anim. Prod.* 203-220
- Villarreal, E. 1995. In: *Genética Zootécnica de Vacunos para Carne.* (Ed. H. Molinuevo). INTA, Balcarce. pp 164.
- Webster, A.J.F. 1981. *Procc. Nutr. Soc.* 40: 121.
- Webster, A.J.F. 1986. *Proce. Nutr. Soc.* 45: 45.
- Webster, A.J.F. 1989. *Anim. Prod.* 48: 249.
- Whittemore, CT. 1986. *J. Anim. Sci.* 57: 1601.
- Williams, C. B. et. al 1992. *J. Anim. Seí.* 70: 3215.
- Zinn, S.A. et al. 1988. *J. Ai-ilm. Sci.* 66:21

Volver a: [Exterior, crecimiento y desarrollo](#)