

ESTUDIO DE CORRELACIÓN Y FORMA FUNCIONAL DEL COSTO DE ALIMENTACIÓN EN GANADERÍA

Marianela De Batista*
Gabriela Pesce**
Verónica Piñeiro***

RESUMEN: El trabajo aborda la problemática de conocer el comportamiento del costo de alimentación, uno de los componentes más relevantes de los costos de la actividad ganadera bovina. Para ello se estudia la variabilidad y la forma funcional del mismo en la cría y la invernada, analizando la proporción del componente variable y fijo y su conducta ante diferentes niveles de actividad. Metodológicamente se trabaja con un modelo teórico para entender el comportamiento de la función de producción, el componente físico y el monetario del costo de alimentación; y luego se plantea un análisis empírico simulando casos tipo para cría e invernada. El estudio permite demostrar, con fundamentos cuantitativos y gráficos, que el costo de alimentación de la cría presenta un comportamiento predominantemente fijo, mientras que el del rodeo de invernada es íntegramente variable.

PALABRAS-CLAVE: Costo de alimentación; Ganadería; Variabilidad; Correlación; Forma funcional.

CO-RELATIONSHIP AND FUNCTIONAL FORM OF FOOD COSTS FOR LIVESTOCK

ABSTRACT: Current research investigates behavior of food costs, one of the most relevant components in livestock management. Its variability and functional forms are studied during pregnancy and finishing periods by analyzing the proportion of the variable and fixed component and behavior within different activity levels. A theoretical model is employed to understand the behavior of production, the physical and financial components of food costs. Consequently, an empirical analysis is elaborated by simulating cases featuring pregnancy and finishing periods. Current analysis demonstrates, through quantitative bases and graphs, that food costs for calves are fixed, whilst in the finishing phase they are integrally variable.

KEY WORDS: Food costs; Livestock; Variability; Co-relationship; Functional form.

* Doctora en Ciencias de la Administración (UNS); Profesora en el Departamento de Ciencias de la Administración de la Universidad Nacional del Sur, Argentina. E-mail: marianela.debatista@uns.edu.ar

** Doctora en Economía (UNS); Profesora del Departamento de Ciencias de la Administración, Universidad Nacional del Sur, Argentina

*** Magister en Economía Agraria y Administración Rural (UNS); Auxiliar de docencia A en el Dpto. de Agronomía y Departamento de Ciencias de la Administración de la Universidad Nacional del Sur, Argentina

INTRODUCCIÓN

Desde el ámbito de la administración existen numerosos estudios que pretenden abordar la problemática de la variabilidad de los costos, es decir, definir la relación funcional existente entre los costos y la unidad de costeo.

En el campo de la nutrición animal se evidencia un número considerable de investigaciones que definen los requerimientos energéticos básicos de diferentes categorías animales a modo de cumplir con sus demandas de productividad.

Sin embargo, en el cuerpo del conocimiento no existen demasiados trabajos que pretendan desde un enfoque multidisciplinario integrar los avances alcanzados por ambas disciplinas.

En este sentido, el presente trabajo procura abordar la problemática de conocer el comportamiento del costo de alimentación, uno de los componentes más relevantes de los costos de la actividad ganadera bovina. Según De Batista (2012), el costo de alimentación en el caso de la actividad cría representa el 68% de sus costos totales, mientras que en el caso de la actividad invernada estos mantienen una participación del 30% sobre los costos totales de dicha actividad. En este sentido, se busca estudiar en ambas actividades, la variabilidad y la forma funcional del costo de alimentación, analizando la proporción del componente variable y fijo.

El trabajo se estructura presentando en la sección II el marco referencial de antecedentes, tanto agronómicos como económicos, en el aparato III se describe la metodología empleada, en la parte IV se presenta el modelo teórico y en la V se discuten los resultados. Se cierra con las conclusiones en la sección VI y las referencias bibliográficas en el apartado VII.

2 MARCO REFERENCIAL DE ANTECEDENTES

2.1 REFERENCIAL AGRONÓMICO DE LA ALIMENTACIÓN Y LA ENERGÍA

Como todo rumiante, los bovinos son animales forrajeros por naturaleza, esto quiere decir que las pasturas o forrajes son los principales alimentos con los

que cubren sus necesidades: mantenimiento, crecimiento, preñez y desarrollo corporal. Estos requieren, diariamente, una gran cantidad de nutrientes básicos, los que aportan la energía necesaria para cumplir con las demandas de productividad.

En alimentación animal se denomina ración al conjunto de alimentos que provee al animal las proporciones y cantidades necesarias de todos los nutrientes básicos que este requiere diariamente. Para formular una ración uno de los elementos más importantes a considerar es la energía que esta contiene (Mc DONALD; GRENHALM, 1995; KELLEMS; CHURCH, 1998). La energía total de un alimento es denominada Energía Bruta (EB). De esta no toda se encuentra disponible para los animales, ya que se producen pérdidas fecales, urinarias, gaseosas y calóricas. La fracción energética de un alimento que queda disponible luego de dichas pérdidas se denomina Energía Neta (EN), la cual el animal utiliza principalmente para mantenimiento corporal (incremento calórico), producción de leche, aumento de peso y preñez.

Lofgreen e Garrett (1968) desarrollaron un sistema para expresar la composición de la EN, buscando determinar los requerimientos energéticos de los bovinos de acuerdo con sus funciones fisiológicas. Los autores definen dos tipos de EN, una para mantenimiento (EN_m) y una restante para producción o ganancia de peso (EN_g). La EN_m es la necesaria para conservar la vida y sus actividades vitales sin modificar su situación fisiológica o su peso vivo, mientras que la EN_g supone un cambio en las condiciones iniciales del ganado. Una vez cubiertas las necesidades energéticas de mantenimiento, la energía restante (EN_g) se destina a la producción animal deseada (reproducción, lactancia, crecimiento y terminación).

Para elaborar raciones balanceadas se dispone de ecuaciones con parámetros estimados que permiten determinar los requerimientos de cualquier tipo de animal. A partir de dichas ecuaciones se han confeccionado distintas tablas con estimaciones para las categorías de animales bovinos explotadas con mayor frecuencia. Dichos aportes académicos, que se encuentran compilados en el *Nutrient Requirements of Beef Cattle* (NRC; 1984, 2000), son fruto de la labor de investigación en el campo de la nutrición animal.

2.1.1 Determinación de los requerimientos de mantenimiento

Lofgreen y Garrett (1968) y Garrett (1980), desarrollaron la ecuación para estimar la EN_m del ganado bovino a partir del peso corporal vacío (EBW) del animal (GARRETT, 1980), cuyo resultado queda expresado en megacalorías (Mcal.) requeridas por día [Ecuación 1].

$$EN_m = 0,077 \text{ Mcal}/EBW^{0,75} \dots\dots\dots\text{Ecuación (1)}$$

Los requerimientos de energía de mantenimiento varían de acuerdo al peso vivo del animal, la raza o genotipo, el sexo, la edad, la temperatura, el estado fisiológico y la historia nutricional (NRC, 2000). Asimismo, en el caso de las vacas lactantes, el NRC (2000) promediando datos de distintos autores, estima que los requerimientos de EN_m son 20% mayores que en las vacas no lactantes.

2.1.2 Determinación de los requerimientos para producción

2.1.2.1 Crecimiento y terminación

La energía que los animales retienen (RE) para producir carne puede ser estimada mediante la siguiente Ecuación 2 (GARRETT, 1987; NRC, 2000).

$$RE = 0,0635 * EBW^{0,75} * EBG^{1,097} \dots\dots\dots\text{Ecuación (2)}$$

La RE equivalente a EN_g , se obtiene a partir del peso vivo del animal vacío para una ganancia de peso (EBG) dada y se expresa en Mcal. por día. Esta ecuación es usada como una referencia básica para calcular el contenido de energía de ganancia en varios estados de crecimiento y distintas ganancias de peso para todo tipo de ganado bovino (NRC, 2000).

2.1.2.2 Preñez

La Ecuación 3 propuesta por el NRC (2000) permite estimar la energía que la vaca necesita para llevar adelante la gestación, expresada en Mcal. por día.

$$EN_p = km * ptn (0,4504 - 0,000766t)e^{(0,03233 - 0,0000275t)t} \dots\dots\dots\text{Ecuación (3)}$$

Donde:

km es la eficiencia de utilización de la energía metabolizable (EM), destinada para gestación. La evidencia indica que la eficiencia en el uso de la EM para mantenimiento, preñez y lactancia es similar (ROBINSON; MC DONALD; FRAZER; GORDON, 1980). En este sentido, si se supone que las vacas típicamente consumen dietas basadas en forrajes que contienen aproximadamente 2 Mcal. EM kg^{-1} , es esperable que km asuma el valor de 0,576; ptn es el peso del ternero al nacer; t son los días de gestación.

2.1.2.3 Lactancia

Por un lado, la EN_m de la vaca lactante se estima es un 20% mayor que la requerida por la misma vaca en un estado fisiológico base. Además de ese incremento en los requerimientos de mantenimiento se debe considerar la energía necesaria para producir leche. Esta última está determinada por la producción diaria de leche, expresada en $kg. día^{-1}$, y la semana postparto o de lactancia en la que se encuentre la vaca [Ecuación 4].

$$Y_n = \frac{n}{\alpha e^{kn}} * 0,72 \dots\dots\dots\text{Ecuación (4)}$$

Donde:

Y_n es la energía contenida en la producción diaria de leche, expresado en Mcal. por día; n es el número de semana post parto o de lactancia; α es un parámetro de solución que depende de la producción diaria de leche de la

vaca; k es un parámetro de solución, que depende del momento de máxima producción de leche. La evidencia demuestra que los valores máximos se dan en la semana 8,5 con posterioridad al parto, siendo en consecuencia el valor de k igual a 0,1176 (1/8,5).

El valor de la constante 0,72 representa un coeficiente de ajuste que asume un contenido en la leche producida de 0,73 Mcal.kg⁻¹.

2.2 REFERENCIAL DE COSTOS

2.2.1 Concepto de costo y unidad de costeo

Desde el punto de vista económico puede definirse como costo a todo sacrificio económico necesario inherente a una acción con vistas a la creación de valor (BOTTARO; RODRÍGUEZ JÁUREGUI; YARDÍN, 2004 y 2010).

El Instituto Argentino de Profesores Universitarios de Costos (IAPUCO, 1993) se refiere al término unidad de costeo de la siguiente manera:

Es un concepto referido a una unidad definida físicamente (en tanto ocupe un lugar en el espacio), ya sea el resultado de un proceso o un segmento del mismo; o a una unidad abstracta referida generalmente a una función o a un segmento de ella, y en ciertos casos al resultado de un proceso productivo, cuando esto no es una cosa, y con respecto a los cuales se procura acumular o concentrar costos.

El producto principal de la actividad cría bovina son los terneros destetados. Es decir, que partir de un rodeo reproductor la actividad busca procrear y alimentar de manera natural a las crías hasta el destete, momento en el cual los/as terneros/as están en condiciones de auto subsistir. La unidad de costeo puede ser definida en términos de kilogramos de terneros destetados o cantidad de terneros destetados. De esto depende que la expresión del nivel de producción sea en kilogramos destetados o en cabezas destetadas por ciclo productivo, según corresponda (YARDÍN, 2015).

La actividad invernada tiene como objetivo el engorde de los terneros desde su destete hasta que los mismos alcanzan un peso de terminación para luego ser enviados a faena. Es decir, que el fin es convertir el alimento en carne. En este

sentido, la unidad objeto de costeo puede ser expresada en términos de kilogramos obtenidos de una determinada categoría. Por lo tanto, los niveles de producción dependen de los kilogramos engordados por ciclo de engorde.

2.2.2 La variabilidad de los costos

Siguiendo el enfoque de especialistas en costos, los costos mantendrán distintas configuraciones según sean los objetivos de su determinación. Ello significa que no existe una única acepción de costos, sino que habrá tantas como análisis se desean efectuar. Atendiendo a ello los costos pueden ser clasificados teniendo en cuenta diferentes criterios. Al aplicar el criterio de la vinculación con el nivel de actividad, surgen dos categorías de costos, los variables y los fijos.

- Costos variables: como aquellos que en su cuantía total varían conforme a cambios en el nivel real de actividad en el mismo sentido, con prescindencia del tipo de relación o ley que rijan su vinculación con aquel (IAPUCO, 1993; YARDÍN, 2010).
- Costos fijos: son aquellos que en su cuantía total permanecen constantes en el tiempo, por las características de los factores productivos que los generan o bien por razones de planeamiento en términos temporales y a los que no afectan cambios en los volúmenes incurridos o reales de actividad (IAPUCO, 1993; YARDÍN, 2010).

En la consideración de este criterio de clasificación la presencia del principio de causalidad tiene un papel relevante. Un costo puede ser considerado variable cuando la causa de la modificación de su magnitud reside en el cambio del nivel de actividad.

2.2.3 El costo de alimentación bajo el criterio de la variabilidad

En la actividad invernada la variable dependiente son los kilogramos obtenidos en el proceso de engorde. Rudi (2002) entiende que dentro de los costos

proporcionales que se derivan de la decisión de engordar y recategorizar la hacienda se encuentra el costo de alimentación. Este es considerado por el autor como el factor variable de mayor importancia, el cual depende del sistema de engorde (extensivo, semi-extensivo, intensivo) que adopte el productor.

Según Cartier, Rudi y Cartier (2011), la alimentación constituye uno de los recursos de mayor trascendencia y significación económica en el proceso productivo de la ganadería bovina de carne. El comportamiento de este respecto de la variable independiente definida (kilos de carne o leche producida) y la correlación con el nivel de producción, señala su condición de variable o fijo. Siendo el rodeo uno de los factores que acota el análisis de variabilidad, se observa que la cantidad de energía metabolizable (EM) destinada al mantenimiento de las condiciones vitales, así como también la necesaria para el proceso de gestación sería constante, por lo que los autores concluyen que la alimentación que el rodeo destina naturalmente a su mantenimiento cumple la condición de costo fijo. Mientras que la energía metabolizable derivada a producción, una vez cubiertos los requerimientos de mantenimiento y de gestación, tendría una alta correlación entre la cantidad demanda para este fin y el volumen de productos, lo que le daría a esta fracción la condición de costo variable.

Guevara et al. (2008) en su trabajo sobre la sustentabilidad financiera en el caso de una empresa ganadera bovina doble propósito determinaron que dentro de la problemática compleja que enfrentan este tipo de explotaciones se destaca la alimentación del rodeo, que representa el 80% de los costos variables de producción.

Lawrence y Strohbehn (1999) indican que si el productor es propietario del establecimiento o está alquilando una cantidad de hectáreas determinada, el costo de ese forraje tiene un comportamiento constante sin importar el número de cabezas que se encuentran pastoreando. Sin embargo, si el productor arrienda el forraje en función de la cantidad de cabezas por mes, el costo del forraje es variable para el propietario del animal dado que este se modifica con el número de animales. Los autores demuestran en su trabajo que el alimento es el concepto con mayor participación en la estructura de costos de la ganadería, representando más del 50% del costo económico total.

3 METODOLOGÍA

3.1 OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El objetivo del trabajo es estudiar la variabilidad y forma funcional del costo de alimentación en las actividades ganaderas de cría e internada bovina. En particular, se plantean las siguientes hipótesis:

H1) El costo de alimentación en cría presenta un comportamiento fijo en relación al nivel de producción medido en kilogramos de ternero destetado.

H2) El costo de alimentación en la internada tiene un comportamiento variable en relación al nivel de producción medido en kilogramos de carne.

3.2 OBJETO DE ESTUDIO, TIPO DE INVESTIGACIÓN Y MÉTODOS

El objeto de estudio se centra en cómo se vincula la alimentación con el nivel de actividad, dadas las unidades de costeo de la cría y de la internada bovina. Para ello se seleccionan las siguientes variables de estudio: peso vivo diario por cabeza, energía neta de mantenimiento, energía neta de producción o ganancia (desagregando la de preñez y la de lactancia para el caso de la cría), peso vivo por cabeza para el rodeo de internada y de cría y costo de alimentación según la energía requerida por el animal.

Se propone un tratamiento de la temática en el marco de una investigación descriptiva a partir de un estudio de interrelación, en particular, un estudio correlacional y de desarrollo. Para ello se trabaja con un enfoque de base teórico-empírica.

Para el planteamiento del modelo formal se realiza un abordaje teórico del tema, con base principalmente en la información agronómica y de costos académicamente aceptada y difundida. Luego, se simulan diversos casos tipos según los conocimientos teóricos, sobre los cuales se realizan pruebas estadísticas para determinar el componente de variabilidad entre las variables de interés y poder caracterizarlas cuantitativamente (YARDÍN, 2015). Estas pruebas estadísticas se

valen de parámetros como la covarianza, el coeficiente de correlación y análisis matemáticos de formas funcionales.

Para el análisis empírico de la actividad cría, se simula un caso tipo, donde las vacas están en una condición corporal óptima, definida entre 5-7, y un peso de 533 kg.cab⁻¹. La determinación de estas características es clave dado que la nutrición de la vaca y su condición corporal son determinantes para asegurar índices de preñez y producción de leche satisfactorios. En particular, se ha encontrado que estos factores afectan la capacidad productiva de la vaca en los límites de la distribución (NRC, 2000; KELLEMS; CHURCH, 1998). Al alcanzar el rodeo una condición corporal en el rango 5 a 7 en promedio, las vacas presentan más de un 90% de preñez, entrando en una meseta de valores máximos para este índice (WETTEMAN, 2005; SELK; WETTEMANN, LUSBY, OLTJEN; MOBLEY, RASBY; GARMENDIA, 1988; CHAYER; PASCUALINE, 2009). Se supone que su cría nace con 40 kg. cab⁻¹, obteniendo un peso de 180 kg. cab⁻¹ a los 7 meses aproximadamente, cuando se produce el destete. Cuanto más concentrados estén los nacimientos en el primer mes de parición por haberse preñado en el inicio del servicio, mayor será el porcentaje de preñez del rodeo y más pesados serán los terneros al destete. El ternero engorda en promedio 0,70 kg. día⁻¹. Se debe tener en cuenta que aquellos terneros nacidos tempranamente pesarán más que aquellos nacidos al final de la parición, es decir, cada día que se atrase el nacimiento del ternero provocará que el peso al destete sea menor con respecto los que nacieron antes. Las vacas producen leche con un pico de producción de 8 kilos a las 8,5 semanas aproximadamente. Como se indicó anteriormente, esta producción es el resultado de la condición corporal supuesta, además de otros factores como la genética.

Por su parte, para la invernada las pruebas empíricas se realizan sobre tres casos con diferente engorde diario objetivo, partiendo de un peso vivo de 180 kg. cab⁻¹ y logrando un peso de terminación de 480 kg. cab⁻¹. Se asume que el rodeo no presenta problemas sanitarios. Los casos alternativos implican el análisis bajo el supuesto de un engorde diario de i) 0,5 kilogramos diarios; ii) 1 kilogramo diario; iii) 1,5 kilogramos diarios. La magnitud del engorde diario es una decisión de producción que depende, entre otros factores, de la dieta que se establezca para alimentar el rodeo.

4 MODELO TEÓRICO

4.1 FUNCIONES DE PRODUCCIÓN

En cría, se define como unidad de costeo habitualmente el kilogramo de ternero destetado. La función de producción de esta actividad se puede plantear como se expresa en la Ecuación 5:

$$PV_d = (Q_s * \%d * PV_n) * (1 + g_t) * T \dots\dots\dots \text{Ecuación (5)}$$

Donde:

PV_d son los kilogramos de terneros destetados; Q_s es la cantidad de vientres en servicio; $\%d$ es el índice de destete, que depende, entre otras cuestiones, de la condición corporal de la madre y de la satisfacción de sus necesidades de energía para el mantenimiento y la producción; PV_n es el peso vivo al nacimiento de la cría; g_t son los kilogramos engordados en el período t, donde g depende de la raza, los kilogramos o litros de leche que produce la madre, la calidad y cantidad de pasto consumido por el ternero, etc. La variable g_t contempla la satisfacción de los requerimientos energéticos del ternero para su mantenimiento y su crecimiento. Si bien no se encontró ninguna estimación de parámetros para funciones que permitan calcular los requerimientos de energía para mantenimiento y crecimiento para esta categoría animal, se puede afirmar según estudios previos (NRC, 2000) que las mismas son similares a las utilizadas para un novillo cuando el ternero supera los 135 kg. cab^{-1} ; T es la cantidad de períodos t durante la lactancia, habitualmente definido entre 5 y 7 meses.

Por su parte, para la actividad invernada se define como unidad de costeo el kilogramo de peso obtenido durante el período de engorde. De este modo, la función de producción podría determinarse como se expresa en la Ecuación 6:

$$Kg_f = [PV_d + \gamma(EN_m)(Mcal_m - EN_m) + \delta(EN_y) * (Mcal_i - Mcal_m)] * Q_e \dots\dots \text{Ecuación (6)}$$

Donde:

Kg_f son los kilogramos totales de las cabezas terminadas del rodeo; PV_d son los kilogramos del ternero destetado que ingresa al proceso de engorde; γ es la eficiencia del alimento para transformar energías en kilogramos, dados los requerimientos para mantenimiento del peso (EN_m); $Mcal_m$ son las Mcal. ingeridas para el mantenimiento. Tiene una cota superior determinada por la demanda para mantenimiento (EN_m), pero puede suceder que las Mcal. ingeridas sean menores a las demandadas. En este caso se produce un descenso de peso dado que el diferencial ($Mcal_m - EN_m$) es negativo; δ es la eficiencia del alimento para transformar energías en kilogramos, dados los requerimientos para la producción (EN_g); $Mcal_t$ son las Mcal. ingeridas totales, a las cuales se le deducen las utilizadas para el mantenimiento de peso. El animal utilizará este “exceso” de Mcal. para convertir su alimento en un aumento de kilogramos vivos; Q_e es la cantidad de animales engordados

4.2 COMPONENTE FÍSICO: DETERMINACIONES DE LA DEMANDA DE ENERGÍA

La demanda de energía tanto de mantenimiento como de producción es estimada mediante las ecuaciones presentadas en las secciones 2.1.1 y 2.1.2 respectivamente.

Así se pueden determinar las Mcal. necesarias para satisfacer las necesidades de mantenimiento y de producción de cada rodeo. Esto representa el componente físico de la alimentación que debe ser brindada a los animales para cubrir sus requerimientos básicos y de producción, ya sea de crecimiento o terminación, preñez o lactancia.

4.3 COMPONENTE MONETARIO: EL COSTO DE LA ENERGÍA

Las Mcal. son valuadas mediante una función económica del componente monetario [Ecuación 7].

$$FC(\$) = F(Mcal_t) = C_{uf} * Mcal_t \dots\dots\dots \text{Ecuación (7)}$$

Donde:

FC (\$) es la función de costos que determina, en términos monetarios, el costo de alimentación dadas las Mcal. ingeridas totales por el rodeo, ya sea de cría o de invernada; C_{uf} es el costo unitario de una Mcal. de alimento de un forraje determinado. Este costo unitario depende del recurso forrajero por los diferentes costos de implantación y las energías disímiles que aporta cada alimento. A modo de ejemplo se presenta la valuación de una Mcal. aportada por diferentes recursos forrajeros (avena, sorgo, pasto llorón y pastura en base alfalfa y pasto ovillo).

Tabla 1. Componente monetario⁴ de la energía provista por diferentes recursos forrajeros

Recurso forrajero	Avena	Sorgo	Pasto llorón	Pastura
\$ ha ⁻¹	89,16	93,73	114,85	108,28
\$ kg. MS ⁻¹	0,0391	0,0218	0,0031	0,0082
Mcal. kg. MS ⁻¹	2,30	2,43	1,87	2,50
\$ Mcal ⁻¹	0,0170	0,0090	0,0016	0,0033

Fuente: Elaboración propia.

La FC (\$) es una función lineal por estar determinada por una multiplicación entre un componente monetario y un componente físico. Entonces es la correlación entre la unidad de costeo y el componente físico la que determina la correlación entre la unidad de costeo y el costo de alimentación, y por lo tanto, su variabilidad.

5 ANÁLISIS EMPÍRICO Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Partiendo de los supuestos definidos en la sección de metodología, se establece una simulación de la evolución temporal de las variables de interés para las dos actividades bajo estudio.

⁴ Los valores monetarios están estimados en pesos argentinos y re-expresados en dólares americanos, utilizando el tipo de cambio vigente al mes de julio de 2016.

5.1 RESULTADOS PARA LA ACTIVIDAD CRÍA

Para el rodeo de cría se estiman los requerimientos energéticos de la vaca para su mantenimiento y para la producción, desagregando los de preñez y lactancia. Se simula un caso tipo, donde las vacas de cría están en una condición corporal óptima, definida entre 5-7, y un peso de 533 kg. cab⁻¹. Su cría nace con 40 kg. cab⁻¹, obteniendo un peso de 180 kg. cab⁻¹ a los 7 meses aproximadamente, cuando se produce el destete. Para el ternero se supone una función de engorde lineal dado que no se encontró evidencia nutricional precisa sobre la función de ganancia de peso del ternero desde su nacimiento hasta su destete.

En la Tabla 2 se presenta una selección de las observaciones proyectadas (una por mes) durante el período de un año de producción comenzando por el momento del parto, y finalizando con la vaca de cría con 9 meses de preñez.

Tabla 2. Estimación empírica de las energías y los kilogramos del ternero

[1]: t^*	[2]: t^{**}	[3]: PV_v	[4]: EN_{mz}	[5]: EN_p	[6]: EN_t	[7]: EN_g	[8]: EN_T	[9]: PV_t
0	0	533	10,25	0,00	0,00	0,00	10,25	40,0
1	4,3	533	10,25	0,00	4,79	4,79	15,04	60,0
2	8,7	533	10,25	0,00	5,76	5,76	16,01	80,0
3	13,0	533	10,25	0,01	5,19	5,20	15,45	100,0
4	17,3	533	10,25	0,03	4,15	4,18	14,43	120,0
5	21,7	533	10,25	0,07	3,12	3,19	13,44	140,0
6	26,0	533	10,25	0,15	2,25	2,40	12,65	160,0
7	0,0	533	8,54	0,32	0,00	0,32	8,86	180,0
8	0,0	533	8,54	0,63	0,00	0,63	9,17	0,0
9	0,0	533	8,54	1,18	0,00	1,18	9,72	0,0
10	0,0	533	8,54	2,07	0,00	2,07	10,61	0,0
11	0,0	533	8,54	3,43	0,00	3,43	11,97	0,0
12	0,0	533	8,54	5,36	0,00	5,36	13,90	0,0

Fuente: Elaboración propia

Donde:

[1]: t^* mide los meses postparto de la vaca de cría; [2]: t^{**} son las semanas de lactancia del ternero; [3]: PV_v es el peso vivo de la vaca de cría (kg. cab⁻¹); [4]: EN_m es la energía neta de mantenimiento (Mcal. animal día⁻¹) de la vaca de cría; [5]: EN_p es la energía neta de preñez (Mcal. animal día⁻¹) de la vaca de cría; [6]: EN_l es la energía neta de lactancia (Mcal. animal día⁻¹) de la vaca de cría; [7]: EN_g es la energía neta de producción total (Mcal. animal día⁻¹) de la vaca de cría; [8]: EN_T es la energía neta total (Mcal. animal día⁻¹) de la vaca de cría; [9]: PV_t es el peso vivo del ternero (Kg. cab⁻¹).

La información precedente se puede representar de manera gráfica (Ilustración 1), observándose que no existen tendencias claras en las energías netas de mantenimiento y producción ante el aumento del peso del ternero, medidas en un horizonte temporal de un año. Asimismo, se presenta en la Ilustración 2 el comportamiento del componente físico del costo de alimentación de la vaca de cría en relación al nivel de actividad (kilogramos de terneros destetados).

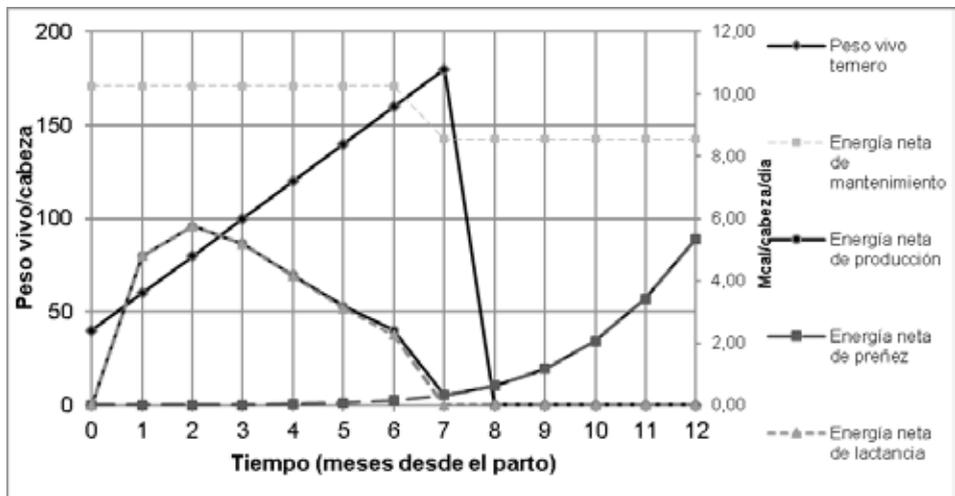


Ilustración 1. Caso de cría, EN_m , EN_p , EN_l y EN_g

Fuente: Elaboración propia

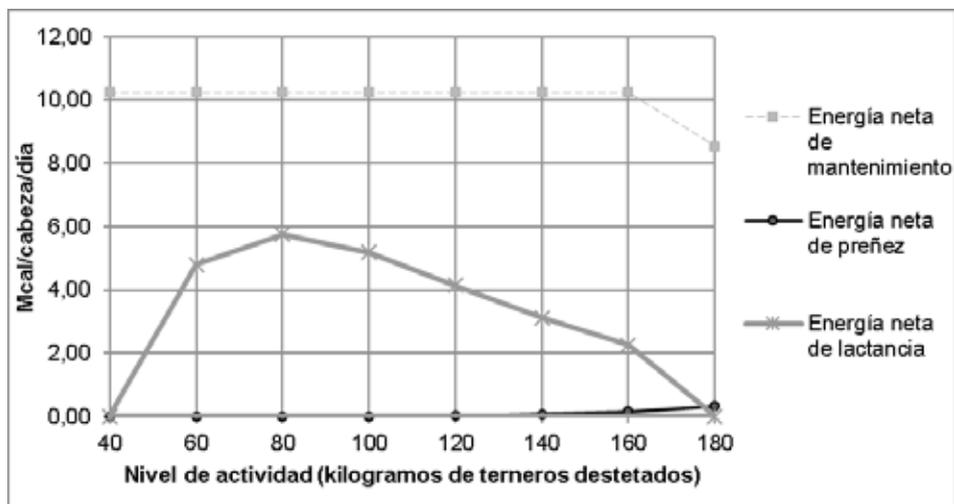


Ilustración 2. Demandas energéticas en función al nivel de actividad. Caso de cría

Fuente: Elaboración propia

Para estudiar la variabilidad de las demandas energéticas de la vaca de cría ante un aumento en el nivel de actividad, medido en kilogramos de ternero destetado, se deben estudiar las correlaciones entre las variables de interés (Tabla 3).

Tabla 3. Tabla de correlaciones (ρ) entre las variables de interés para la cría

	[1]: EN_m	[2]: EN_p	[3]: EN_l	[4]: EN_g	[5]: EN_T	[6]: PV_t
[1]: EN_m	1,0000					
[2]: EN_p	-0,6637	1,0000				
[3]: EN_l	0,7984	-0,5344	1,0000			
[4]: EN_g	0,3801	0,2019	0,7199	1,0000		
[5]: EN_T	0,6626	-0,0720	0,8662	0,9446	1,0000	
[6]: PV_t	0,5413	-0,5976	0,4511	0,0321	0,2180	1,0000

Fuente: Elaboración propia

Observaciones:

Del análisis anterior, pueden desprenderse los siguientes resultados y discusiones para determinar la variabilidad y la forma funcional del costo de alimentación para la actividad de cría bovina:

De los requerimientos energéticos totales de una vaca de cría durante el período de producción, el 76% en promedio corresponden a las Mcal. demandadas para su mantenimiento, rondando esta proporción entre 61% y 96% de acuerdo a la etapa de producción en la que se encuentre (número de semanas de lactancia o de preñez). Este resultado se condice con otras investigaciones nutricionales que encuentran que el 70% aproximadamente de los requerimientos energéticos de una vaca de cría son utilizados para su mantenimiento (NRC, 2000).

En relación a los requerimientos energéticos para producción, el de preñez representa entre 0% y 39% de las demandas totales de Mcal., dependiendo del período del ciclo productivo. En particular, el requerimiento de energía de preñez aumenta al incrementarse los meses desde el servicio, llegando al pico máximo en el noveno mes de gestación. A diferencia de ello, los requerimientos energéticos de lactancia se incrementan hasta el segundo mes postparto, representando en ese momento el 36% de los requerimientos energéticos totales. Luego de ese período (pico de producción de leche) la demanda de energía para lactancia comienza a descender hasta llegar a un valor nulo en el destete, que se produce en el séptimo mes.

La energía de producción total nunca representa más del 39% de los requerimientos energéticos totales para las vacas de cría, con lo cual su importancia relativa es menor en relación a los requerimientos energéticos para el mantenimiento.

Las energías demandadas para preñez presentan una correlación negativa ($\rho = -0,5344$) respecto a la energía requerida para lactancia. Esto se justifica por el desfase temporal de ambas funciones fisiológicas.

El costo de alimentación de las vacas de cría, según los supuestos realizados en la presente investigación, no es un costo variable, dado que el coeficiente de correlación entre la energía total demandada versus unidad de costeo es de solo 0,218, lo que indica una baja relación de covariabilidad.

El costo de alimentación de la cría también contempla el consumo

de raciones de los toros que pertenecen al rodeo. Sin embargo, la relación entre los requerimientos energéticos del toro con la unidad de costeo de la actividad estudiada no presenta relación desde el punto de vista teórico porque las funciones fisiológicas del mismo no se modifican según los kilogramos de terneros que se producen. Asimismo, estudios nutricionales previos han demostrado que los requerimientos para el mantenimiento del mismo representan más del 90% de la energía total demandada (NRC, 2000). Esto provoca que el costo de alimentación de la cría en el caso de los toros presente un comportamiento fijo.

La alimentación del ternero mediante algún recurso forrajero durante su período de lactancia no suele considerarse de manera independiente al consumo de su madre. Sin embargo es dable aclarar que la misma sí debería computarse como un costo variable en caso que pudiese cuantificarse. De todos modos, dicho consumo de raciones en términos relativos no es lo suficientemente substancial para invertir la caracterización del costo de alimentación del rodeo de cría de fijo a variable.

En cuanto a la forma funcional, el componente físico de las energías netas de mantenimiento se aproxima a una función lineal con pendiente nula mientras que la de las energías netas de producción presentan una forma de parábola no simétrica, durante el período de lactancia, lapso en el cual se incrementa el nivel de producción. Por el contrario, las energías netas de producción luego de la lactancia (solo por preñez) presentan una forma exponencial en el tiempo, pero se transforman en una función lineal en la representación gráfica de energías versus nivel de producción. La forma funcional de las energías netas requeridas totales se aproxima de manera agregada a la de una parábola no simétrica (Ilustración 3). Esta misma forma toma la función del costo de alimentación de las vacas de cría, dado que al multiplicar el componente físico por una constante (el componente monetario) solo se provoca una traslación vertical de la función (Ilustración 3). El costo de alimentación se expresa en dólares americanos por cabeza por día al mes de julio de 2016.

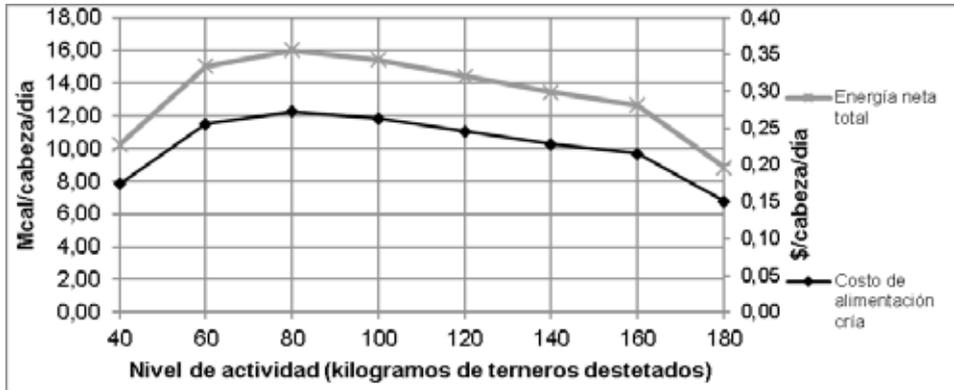


Ilustración 3. Forma funcional del componente físico y del costo de alimentación en la cría
Fuente: Elaboración propia

5.2 RESULTADOS PARA LA ACTIVIDAD INVERNADA

Para la invernada, se estudian empíricamente tres casos con diferente engorde diario objetivo, partiendo de un peso vivo de 180 kg. hasta un peso de terminación de 480 kg. cab⁻¹. Los casos alternativos implican el análisis bajo el supuesto de un engorde diario de i.) 0,5 kg. diarios; ii.) 1 kg. diario; iii.) 1,5 kg. diarios.

Para realizar la simulación, se proyectan datos diarios sobre la evolución de las variables de interés, que en la invernada tienen relación con el peso vivo del animal, el peso ganado que establece el nivel de actividad, su energía para mantenimiento y para producción (ganancia de peso) y los requerimientos energéticos totales.

En la Tabla 4 se presenta una muestra de observaciones mensuales, partiendo del peso inicial del ternero destetado, hasta alcanzar el peso de terminación de 480 kg. cab⁻¹, que en el caso ii se logra a los 10 meses de engorde.

Tabla 4. Estimación empírica de energías y kilogramos ganados de novillo o vaquillona (caso ii)

	[1]: PV_{n-vq}	[2]: PG_{n-vq}	[3]: EN_m	[4]: EN_g	[5]: EN_T
Mes 0	180,00	0,00	3,78	2,64	6,42
Mes 1	210,00	30,00	4,25	2,96	7,21
Mes 2	240,00	60,00	4,70	3,27	7,97
Mes 3	270,00	90,00	5,13	3,58	8,70
Mes 4	300,00	120,00	5,55	3,87	9,42
Mes 5	330,00	150,00	5,96	4,16	10,12
Mes 6	360,00	180,00	6,36	4,44	10,80
Mes 7	390,00	210,00	6,76	4,71	11,47
Mes 8	420,00	240,00	7,14	4,98	12,12
Mes 9	450,00	270,00	7,52	5,24	12,77
Mes 10	480,00	300,00	7,90	5,50	13,40

Fuente: Elaboración propia

Donde:

[1]: PV_{n-vq} es el peso vivo del novillo o vaquillona en engorde (kg. cab⁻¹); [2]: PG_{n-vq} es el peso ganado por el novillo o vaquillona desde su destete (kg. cab⁻¹); [3]: EN_m es la energía neta de mantenimiento (Mcal. animal día⁻¹) del novillo o vaquillona; [4]: EN_g es la energía de producción (Mcal. animal día⁻¹) del novillo o vaquillona; [5]: EN_T es la energía neta total (Mcal. animal día⁻¹) del novillo o vaquillona.

En las Ilustraciones 4, 5 y 6 se presentan gráficamente la evolución del peso vivo del animal y de los requerimientos energéticos para el mantenimiento y la producción, que en la invernada se refiere a la ganancia de peso de los novillos o vaquillonas. También se expone en la Ilustración 7, el comportamiento del componente físico del costo de alimentación del rodeo de invernada en relación al nivel de actividad, medido en kilogramos engordados.

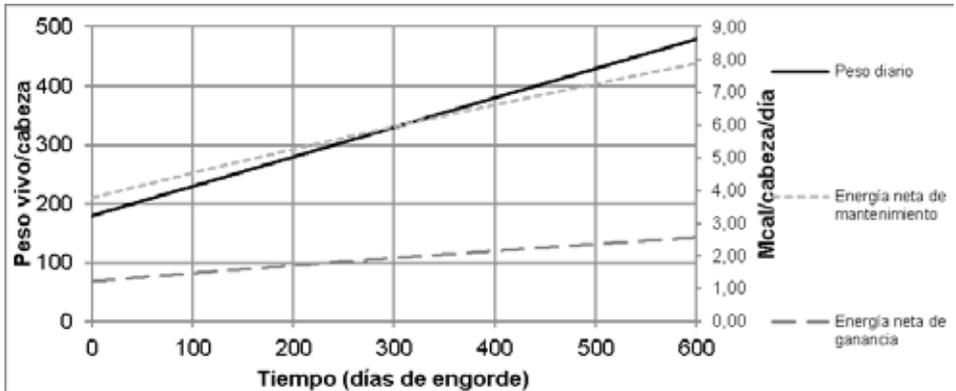


Ilustración 4. Caso de engorde de 0,5 kg. diarios, EN_m y EN_g

Fuente: Elaboración propia

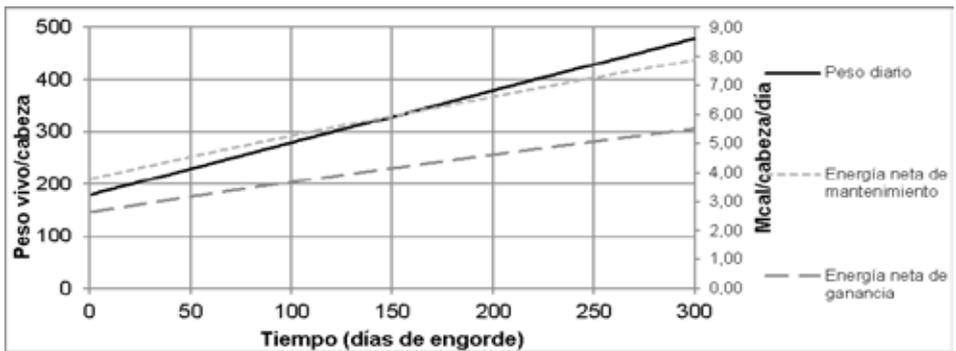


Ilustración 5. Caso de engorde de 1 kg. diario, EN_m y EN_g

Fuente: Elaboración propia

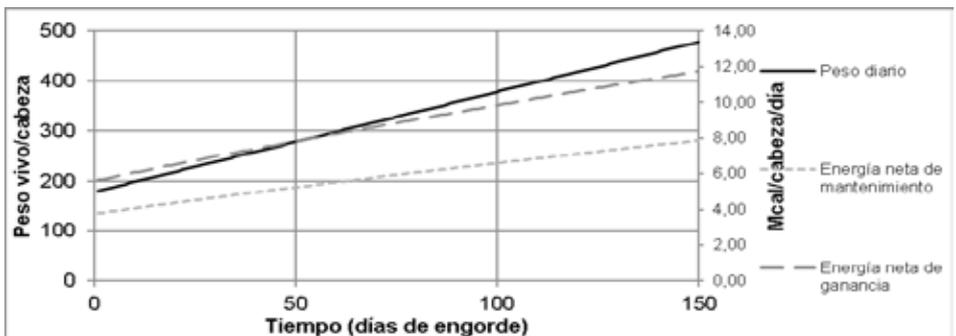


Ilustración 6. Caso de engorde de 1,5 kg. diarios, EN_m y EN_g

Fuente: Elaboración propia

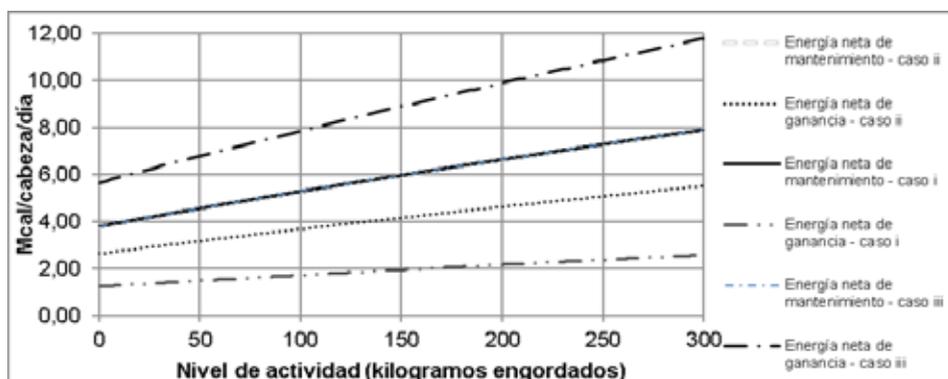


Ilustración 7. Demandas energéticas en función al nivel de actividad. Casos de invernada⁵.

Fuente: Elaboración propia

A los fines de estudiar la variabilidad y la forma funcional, nuevamente se debe realizar un análisis correlacional entre las variables de interés para la invernada. En este caso se estiman los coeficientes de correlación para las proyecciones del caso ii, encontrándose resultados similares bajo los supuestos de engordes alternativos (Tabla 5).

Tabla 5. Tabla de correlaciones (ρ) entre las variables de interés para la invernada

	[1]: PV_{n-vq}	[2]: PG_{n-vq}	[3]: EN_m	[4]: EN_g	[5]: EN_T
[1]: PV_{n-vq}	1,0000				
[2]: PG_{n-vq}	1,0000	1,0000			
[3]: EN_m	0,9995	0,9995	1,0000		
[4]: EN_g	0,9995	0,9995	1,0000	1,0000	
[5]: EN_T	0,9995	0,9995	1,0000	1,0000	1,0000

Fuente: Elaboración propia

⁵ En el entorno gráfico que presenta la Ilustración 7, las funciones de energía neta de mantenimiento de los tres casos estudiados (i, ii y iii) se encuentran superpuestas lo que dificulta su visualización. Esto es lógico desde el punto de vista de que ante el mismo aumento en el nivel de actividad, todos demandan el mismo nivel energético para el mantenimiento de sus funciones vitales por día.

Observaciones:

Teniendo en cuenta los resultados presentados, se encuentran las siguientes características, resultados y discusiones para determinar la variabilidad y la forma funcional de los costos de alimentación para la actividad de invernada bovina:

- El tiempo de engorde hasta alcanzar el peso objetivo (480 kg. cab⁻¹) se reduce de manera perfectamente proporcional al engorde diario del rodeo bovino, siendo de 600 días para el caso i, 300 días para el caso ii y 150 días para el caso iii.
- La correlación es alta y positiva entre el nivel de actividad (kilogramos engordados) y la energía neta de mantenimiento ($\rho = 0,9995$).
- Asimismo se encuentra una relación con el mismo grado de covariabilidad entre el nivel de actividad y la energía neta de ganancia ($\rho = 0,9995$).
- Se observan las mismas relaciones de covariabilidad entre el peso vivo del novillo o vaquillona y la energía neta de mantenimiento o la energía neta de ganancia. Esto se explica en el hecho de que el peso ganado ($P_{G_{n-vq}}$) es una función lineal del peso vivo ($P_{V_{n-vq}}$).
- La relación entre EN_m y EN_g es positiva y perfecta ($\rho = 1$). Esto implica que podemos re-expresar matemáticamente una variable en función de la otra, sin ningún tipo de restricción, porque la proporción de cada energía demandada sobre el total se mantiene constante para todo el período de engorde (siempre que el engorde diario sea constante). Por ejemplo, para el caso de engorde de 1 kilogramo diario se encuentra que:

•

$$\frac{EN_m}{EN_m + EN_g} = 0,59$$

Entonces, despejando se obtiene que:

$$EN_m = \frac{0,59}{(1 - 0,59)} * EN_g$$

O bien:

$$EN_g = \frac{(1 - 0,59)}{0,59} * EN_m$$

• La proporción de cada requerimiento energético (mantenimiento y producción o ganancia) sobre el total varía para los diferentes casos simulados. En particular, para un aumento de peso diario más alto, la proporción de la energía neta de mantenimiento se reduce, incrementándose el ratio de la participación de la energía neta de ganancia. Estos cambios no son proporcionales a la variación del engorde diario objetivo. Específicamente, comparando entre los diferentes casos de engorde propuestos se encuentran las proporciones especificadas en la Tabla 6.

Tabla 6. Tabla de correlaciones entre las variables de interés para la invernada

	% EN_m	% EN_g	% EN_T
Caso engorde i	75%	25%	100%
Caso engorde ii	59%	41%	100%
Caso engorde iii	40%	60%	100%

Fuente: Elaboración propia

Si se analizan los resultados de la Tabla 6 en relación a las participaciones relativas de los requerimientos energéticos para la actividad cría, la proporción media de mantenimiento (76%) es mayor que para la invernada. Es decir, en términos relativos, la cría demanda más energía para mantenerse que la invernada.

Dada la correlación positiva y perfecta entre la energía neta de mantenimiento y la de ganancia, el nivel de actividad y los requerimientos de energía neta total alcanzan un coeficiente de correlación $\rho=0,9995$. Esto indica que el costo de alimentación en invernada presenta un comportamiento variable.

En cuanto a la forma funcional, el componente físico de ambos requerimientos energéticos, los de mantenimiento y los de producción o ganancia

para el caso de la invernada, se aproxima a una función lineal con pendiente positiva evaluado en el entorno gráfico del nivel de producción. Es por ello que la forma de la función de las energías netas requeridas totales se aproxima también de manera agregada a una función lineal (Ilustración 8). Esta misma forma toma la función del costo de alimentación del rodeo de invernada, dado que al multiplicar el componente físico por una constante (el componente monetario) solo se provoca una traslación vertical de la función (Ilustración 8). El costo de alimentación se expresa en dólares americanos por cabeza por día al mes de julio de 2016.

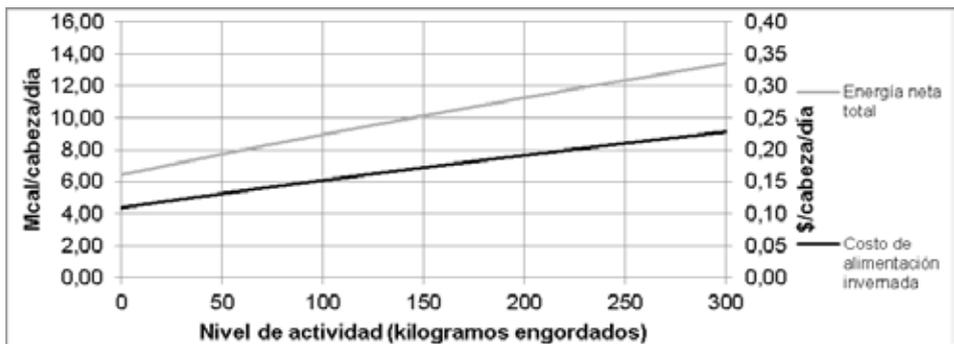


Ilustración 8. Forma funcional del componente físico y costo de alimentación en invernada

Fuente: Elaboración propia

6 CONSIDERACIONES FINALES

El trabajo aborda la problemática de conocer el comportamiento del costo de alimentación, uno de los componentes más relevantes de los costos de la actividad ganadera bovina. Para ello se estudió, la variabilidad y la forma funcional del costo de alimentación de la cría y la invernada, analizando la proporción del componente variable y fijo y su conducta ante diferentes niveles de actividad.

Metodológicamente se trabajó con un modelo teórico para entender el comportamiento de la función de producción, el componente físico y monetario del costo de alimentación; y luego se planteó un análisis empírico simulando casos tipo para cría e invernada.

Los resultados en términos de requerimientos de energías netas tanto

de mantenimiento como de producción y sus proporciones se condicen con los encontrados por otras investigaciones (NRC, 2000). Si bien existen estudios que abordan la temática de los costos en la actividad ganadera bovina, no se han encontrado análisis de las formas funcionales de los costos de alimentación en las actividades de cría e internada específicamente, constituyendo esto un factor de innovación del presente trabajo. A continuación se resumen los principales hallazgos en relación a este objetivo.

Por un lado, en cuanto a las formas funcionales de las variables de interés para la actividad de cría, se encontró que el componente físico de las energías netas de mantenimiento se aproxima a una función lineal con pendiente nula mientras que la de las energías netas de producción presentan una forma de parábola no simétrica, durante el período de lactancia, lapso en el cual se incrementa el nivel de producción. Por el contrario, las energías netas de producción luego de la lactancia (solo por preñez) presentan una forma exponencial en el tiempo, pero se transforman en una función lineal en la representación gráfica de energías versus nivel de producción. De manera agregada, la forma funcional de las energías netas requeridas totales, al igual que los costos de alimentación de las vacas de cría, se aproxima a una parábola no simétrica.

Por otro lado, en cuanto a las formas funcionales de las variables de interés para la actividad de internada, el componente físico de ambos requerimientos energéticos, los de mantenimiento y los de producción o ganancia, se aproxima a una función lineal con pendiente positiva evaluado en función del nivel de producción. Es por ello que la forma de la función de las energías netas requeridas totales, al igual que los costos de alimentación del rodeo de internada, se aproxima también de manera agregada a una función lineal.

El resultado del estudio permite demostrar, con fundamentos cuantitativos y gráficos y bajo los supuestos del análisis efectuado, que el costo de alimentación de la cría presenta un comportamiento predominantemente fijo, mientras que el del rodeo de internada es íntegramente variable.

De todos modos, se debe tener presente que existe una difusa separación entre los niveles de consumo de energía necesarios para mantenimiento y producción dado que el metabolismo de un animal es un “sistema dinámico cerrado” y por

lo tanto indivisible. En el marco de esta reflexión podría considerarse al costo de alimentación como un concepto semi-fijo o semi-variable.

Dado que el productor ganadero es tomador de precios resulta determinante conocer en profundidad el comportamiento de los costos más relevantes correspondientes al proceso productivo. De este modo puede poseer un mayor control sobre la variable costo, y en consecuencia, mejorar su resultado económico.

Se cree que los aportes de este tipo de estudios, de carácter multidisciplinario, permiten a partir de la integración de conceptos desarrollados por distintas ciencias, mejorar la calidad de información disponible para el productor ganadero al momento de llevar adelante la gestión del negocio.

REFERENCIAS

BOTTARO, O.; RODRÍGUEZ JÁUREGUI, H.; YARDIN, A. **El comportamiento de los costos y la gestión de la empresa**. Buenos Aires: La Ley, 2004.

CHAYER, R.; PASQUALINE, C. **Condición corporal como herramienta para el seguimiento del manejo nutricional de los vientres en el rodeo de Cría**. 2009. Disponible en: <http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/cria_condicion_corporal/25-texto.pdf> .

COMISIÓN TÉCNICA DEL IAPUCO. Costos Terminología. **Revista Costos y Gestión**, Buenos Aires, n. 9, p. 84-87, Set. 1993.

CONGRESO ARGENTINO DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 28., 2005, Bahía Blanca. **Influencia de la nutrición sobre la reproducción en vacas para carne**. Bahía Blanca: Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina, 2005.

CONGRESO ARGENTINO DE PROFESORES UNIVERSITARIOS DE COSTOS, 29., 2011, Bahía Blanca. **La variabilidad de los costos por alimentación en ganadería**. Bahía Blanca: Instituto Argentino de Profesores Universitarios de Costos, 2011.

CONGRESO ARGENTINO DE PROFESORES UNIVERSITARIOS DE COSTOS, Buenos Aires, 25., **Resultados por recategorización en ganadería**. Buenos Aires: Instituto

Argentino de Profesores Universitarios de Costos, 2002.

DE BATISTA, M. **Análisis del eslabón primario de la cadena ganadera en el Sudoeste Bonaerense desde una óptica sistémica y multidisciplinaria**. 2012. Disertación (Maestría en Economía Agraria y Administración Rural) - Departamento de Economía, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 2012.

GARRETT, W.N. Energy utilization by growing cattle as determined in 72 comparative slaughter experiments. **Energy and Metab. Proc. Symp.**, v. 26, p. 3-7, 1980.

GUEVARA, C.; HERNÁNDEZ, L.; BELLO, C.; PÉREZ, I. Sustentabilidad financiera: el caso de una empresa ganadera de bovino de doble propósito. **Revista Mexicana de Agronegocios**. Año XII, v. 22, 2008.

KELLEMS, R.; CHURCH, D. **Livestock feed & feeding**. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

LAWRENCE, J. D.; STROHBEHN, D. R.; CENTER, I. B. Understanding and managing costs in beef cow-calf herds. In Integrated Resource Management Committee, National Cattlemen's Beef Association Convention. **White Paper**. Iowa Beef Center, Iowa State University, 1999.

LOFGREEN, G. P.; GARRETT, W. N. A System for Expressing Net Energy Requirements and Feed Values for Growing and Finishing Beef Cattle. **Journal of animal Science**, v. 27, p. 793-806, 1968.

MCDONALD, E.; GREENHALH, M. **Animal Nutrition**. Longman Cientific and Technical, 1995.

Robinson, J.J.; McDonald, I.; Frazer, C.; Gordon, J. G. Studies on reproduction in prolific ewes. 6. The efficiency of energy utilization for conceptus growth. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, 94, p. 331-338, 1980.

SELK, G.E.; WETTEMANN, R.; LUSBY, K.; OLTJEN, J.; MOBLEY, S.; RASBY, R.; GARMENDIA, J. Relationships among weight change, body condition and

reproductive performance of range beef cows. **Journal of Animal Science**, v. 66, p. 3153-3159, 1988.

SUBCOMMITTEE ON BEEF CATTLE NUTRITION; COMMITTEE ON ANIMAL NUTRITION; NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. Washington: National Academy Press, 2000.

SUBCOMMITTEE ON BEEF CATTLE NUTRITION; COMMITTEE ON ANIMAL NUTRITION; NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. Washington: National Academy Press, 1984.

YARDÍN, A. (Coord.). **Gestión de empresas**: sector primario. Buenos Aires: Osmar D. Buyatti, 2015.

YARDIN, A. **El Análisis Marginal**. 2. Edición. Buenos Aires: IAPUCO-BUYATTI, 2010.

Recebido em: 09 de março de 2015

Aceito em: 14 de julho de 2016