

LA OPTIMIZACION DE LA CARGA ANIMAL EN LA INVERNADA VACUNA

R. G. Frank (1)

Recibido: 24/10/83
Aceptado: 14/12/83

RESUMEN

Se presenta un modelo que permite calcular la carga animal óptima en un planteo de invernada. Los datos requeridos por el modelo son el incremento diario de peso en función de la carga, los pesos de compra y venta de los animales, los respectivos precios de compra y venta, la tasa de interés del capital invertido y los restantes costos variables. El modelo supone que la duración de la invernada depende del aumento diario de peso. Por tal razón, su principal aplicación se halla en la determinada de la carga óptima de todo el proceso de invernada y no la de una pastura en particular.

El modelo indica que el costo de la pastura no incide sobre la carga óptima, pero sí lo hacen los precios de compra y venta, así como el peso de compra y venta. La tasa de interés y los costos variables sólo tienen influencia secundaria sobre la carga óptima.

THE ECONOMIC OPTIMUM STOCKING RATE IN CATTLE FATTENING

SUMMARY

A model of economic optimum stocking rate in cattle fattening is discussed. Required data are the relationship between daily gain per animal and the stocking rate, buying and selling weight, buying price, selling price, interest rate of the invested capital and miscellaneous variable costs. A model assumption is that fattening time depends on the daily gain per animal. For this reason, the main use of the model is to find out the optimum stocking rate of the whole fattening process and not the stocking rate on a given pasture.

It is concluded that the optimum stocking rate is not influenced by the pasture costs per ha, being the buying and selling price and buying and selling weight the major factors that determine the economic optimum stocking rate. Interest rate and miscellaneous costs have little influence.

INTRODUCCION

Desde el tantas veces citado trabajo de Mott (1960) en el que se relaciona la carga animal con el incremento de peso por unidad de tiempo por una parte, y con la producción de carne por hectárea por la otra, se ha intentado en numerosos trabajos de cuatifi-

car esta relación y -sobre todo- formular modelos económicos o por lo menos obtener conclusiones prácticas acerca de la carga animal óptima. A este respecto, el enfoque más útil y práctico -a nuestro juicio- es el de Hildreth y Riewe (1963) que no parece haber merecido la atención debida, por lo menos en la bibliografía referente a administración rural.

1) Profesor Titular, Cátedra de Administración Rural, Facultad de Agronomía, Avda. San Martín 4453 - (1417) Buenos Aires, Argentina.

Trabajo presentado en la 13a. Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria, Río Cuarto, 6-9 de octubre de 1982.

En la Argentina, Casaravilla (1966) plantea el problema sin proponer solución concreta. Alais (1978) lo enfoca especialmente desde el punto de vista de la productividad física. Sobre la base de antecedentes extranjeros y nacionales objeta a Mott en lo que se refiere al tipo de función que éste propone para las curvas (el incremento de peso sería una función exponencial de la carga según Mott), inclinándose por una función lineal. Sobre esta base efectúa consideraciones acerca de la producción máxima por unidad de superficie. Viglizzo y Otero (1983) formulan un modelo que simula un establecimiento de 1000 ha en la región tradicional de invernada, efectuando diversos cálculos de rentabilidad en función de la carga.

El objetivo del presente trabajo consiste en presentar un modelo que permita calcular la carga animal óptima y, sobre la base de la información que se ha logrado reunir, obtener conclusiones que permitan efectuar recomendaciones prácticas a los invernadores.

LA CARGA ANIMAL EN LA INVERNADA VACUNA

El incremento de peso en función de la carga

El incremento diario de peso de un animal depende, *ceteris paribus*, de la carga animal. Ya Riewe (1961) señala que "puede esperarse que una regresión lineal describe adecuadamente la relación entre carga animal e incremento de peso del animal, por lo menos hasta el punto de ganancia de peso nula". Esta afirmación es importante para la formulación del modelo, dado que funciones no lineales lo llevan a un grado de mayor complejidad y correlativamente, menor practicidad. Riewe, en el trabajo citado, revisó la relación entre carga animal e incremento de peso de numerosos trabajos realizados en los Estados Unidos de Norteamérica, hallando elevados coeficientes de correlación negativos. A conclusiones similares llegan Conniffe (1975) en Irlanda y Hart (1978).

Dados estos antecedentes, se recopilaron trabajos argentinos en los cuales constara información cuantitativa referente a carga animal e incremento de peso. Sobre la base de esta información se calculó la función.

$$(1) \quad \Delta P = a - b x$$

donde ΔP es el incremento diario de peso (en kg/cab. día) y x la carga animal (en cab/ha o EV/ha). Es importante destacar que la función de incremento diario de peso -ecuación (1)- sólo es válida a partir de la carga con la cual el forraje disponible es menor al requerimiento máximo de la hacienda (o sea el máximo que puede ingerir cada animal con el cual obtiene el máximo incremento de peso por cabeza). Con cargas inferiores, sobra forraje, sin poder aumentarse más el incremento de peso por cabeza; para estos niveles de carga animal, ΔP es una constante y no son relevantes desde el punto de vista económico por ser claramente irracionales.

Christiansen y Seminario (1977) publican cifras de 11 productores miembros del CREA María Teresa (S. Fe) correspondientes a 9 años (aunque no todos los productores registran cifras todos los años, que por otra parte cubren el período 1967-75). Boyle (1982) proporciona datos del CREA Carmen (S. Fe) de 5 productores durante 5 años. Lafontaine (1979), si bien no incluye en su trabajo una tabla que permita calcular una regresión, al dar la función de la producción de carne en función de la carga animal para el ejercicio 1976/77 en el CREA Laprida, proporciona los elementos de juicio necesarios para calcular los valores de a y b . Viglizzo y Otero (1983) dan cifras estimadas sobre la base de información provenientes del sudeste de la provincia de Buenos Aires.

Los datos de los autores reseñados se utilizaron en el cálculo de regresiones de acuerdo con la ecuación (1). Los resultados hallados se dan en el Cuadro 1. Es de hacer notar que los datos del Cuadro 1 no son necesariamente comparables entre sí, si se pretenden establecer diferencias regionales so-

CUADRO 1: Incremento de peso en función de la carga.

Región	Carga	a	b	t	n	\bar{R}^2	F	Observaciones
1. María Teresa (Sta Fe)	cab/ha	0,598	0,120	4,48 **	56	0,26	20,09 **	11 productores, 9 años
2. Carmen (Sta Fe)	cab/ha	0,932	0,175	5,48 **	23	0,57	30,01 **	5 productores, 5 años
3. Laprida (Bs. As)	EV/ha ganado	0,965	0,317	-	11	-	-	11 productores, 1 año
4. Mar y Sierras (Bs. As)	EV/ha	0,512	0,121	-	-	-	-	Sin datos
5. Texas (USA)	cab/ha	1,18	0,206	2,86 *	12	0,39	8,15 **	Ensayos en parcelas, de raigras o festuca

* : Significativo al 5%

** : Significativo al 1%

Fuente: 1. Christiansen y Seminario (1977); 2. Boyle (1982); 3. Lafontaine (1979); 4. Viglizzo y Otero (1983) y 5. Riewe *et al.* (1983).

bre la base de las cifras consignadas. En efecto, la información básica utilizada en el cálculo de las regresiones han sido la carga animal (en cab/ha) y el incremento de peso logrado. Con respecto a la carga animal, se requieren dos datos: la cantidad de cabezas y la superficie ganadera. La cantidad de cabezas se puede calcular de diferentes formas: promedio entre la existencia inicial y la final, promedio anual de las existencias a fin de cada mes, etc. También la superficie ganadera se puede estimar en diversas formas, especialmente cuando la hacienda pastorea cultivos de doble propósito (producción de carne y cosecha de granos) y en el caso de la utilización de los rastrojos. En general los autores no son demasiado explícitos al respecto. De cualquier modo, los valores hallados brindan una orientación general, útil para los cálculos que se mencionarán más adelante.

La producción máxima de carne por hectárea

Si se acepta que el incremento de peso en función de la carga es una función lineal y

si por otra parte la producción de carne por ha (PC) es igual al producto del incremento de peso ΔP por la carga, se tiene que

$$(2) \quad PC = ax - bx^2$$

o sea que la producción de carne es una función cuadrática. El máximo de esta función (dado cuando se anula su derivada) se obtiene cuando la carga animal es

$$(3) \quad x = \frac{a}{2b}$$

o sea que depende de la relación entre los valores (absolutos) de a y b.

El máximo margen bruto por hectárea

La función de margen bruto por hectárea se define sobre la base del margen de carne (diferencia entre ventas y compras) menos los costos directos. Todas las variables relacionadas directamente con la carga se expresan en función de esa variable independiente.

Concretamente, el margen de carne (MC) en \$/ha año es

$$(4) \quad MC = KV \cdot Pr_v \cdot x - KC \cdot Pr_c \cdot x$$

donde

- KV: kg vendidos (por cabeza y por año)
- KC: kg comprados (por cabeza y por año)
- Pr: precio (venta y compra respectivamente)
- x: carga animal (cab/ha)

Excluyendo la mortandad en esta primer aproximación, con la finalidad de obtener una fórmula sencilla, el peso vendido y el peso comprado están dados por

$$(5) \quad KV = \frac{P_v}{D}; \quad KC = \frac{P_c}{D}$$

donde P_v y P_c son los pesos de venta y compra (por cabeza) respectivamente y D la duración (expresada en años). Por otra parte, el peso de venta se puede expresar en función del peso de compra:

$$(6) \quad P_v = P_c + 365 \Delta P D$$

Reemplazando en (4) queda:

$$MC = \frac{P_c}{D} \left[(Pr_v - Pr_c) + 365 \Delta P Pr_v \right] x$$

Si por otra parte

$$(7) \quad D = \frac{P_v - P_c}{365 \Delta P}$$

o sea que la duración depende de los pesos de compra y venta y del ritmo de engorde y reemplazando por otra parte ΔP por su equivalente en función de la carga según (1), el margen de carne resulta

$$(8) \quad MC = 365 \left[\frac{P_c (Pr_v - Pr_c)}{P_v - P_c} + Pr_v \right] ax - 365 \left[\frac{P_c (Pr_v - Pr_c)}{P_v - P_c} + Pr_v \right] bx^2$$

Entre los costos directos se tiene el interés del capital invertido en hacienda, el costo fijo y el costo variable.

Los intereses se calculan sobre la base del capital promedio invertido, o sea el promedio entre el valor de compra y el de venta:

$$(9) \quad I = \left[\frac{P_c Pr_c + P_v Pr_v}{2} \right] r x$$

donde r es la tasa de interés al tanto por uno. Los intereses así obtenidos están dados en pesos por ha y año.

El costo fijo (CF) (en función de la carga) es principalmente el costo anual de las pasturas, que se expresa en pesos por ha y año. Si son pasturas permanentes se entiende que estos costos comprenden los gastos, amortización e intereses de las mismas.

El costo directo variable (CV), dado en pesos por cabeza y año, se debe multiplicar por la carga para ser llevado a pesos por ha año.

De todo lo visto anteriormente resulta que el MB es

$$(10) \quad MB = 365 \left[\frac{P_c (Pr_v - Pr_c)}{P_v - P_c} + Pr_v \right] ax - 365 \left[\frac{P_c (Pr_v - Pr_c)}{P_v - P_c} + Pr_v \right] bx^2 - \left[\frac{P_c Pr_c + P_v Pr_v}{2} \right] r x - CV x - CF$$

Esta función cuadrática es máxima cuando

$$x^0 = \frac{a}{2b} - \frac{\frac{P_c Pr_c + P_v Pr_v}{2} r + CV}{730 b \left[\frac{P_c (Pr_v - Pr_c)}{P_v - P_c} + Pr_v \right]} \quad (11)$$

o sea la fórmula de la carga animal óptima. La unidad en la que está dada la carga óptima es la misma de la carga animal de la función de incremento diario de peso. Como ya se dijera arriba, para ésta se puede utilizar cualquier unidad (cab/ha, EV/ha, etc.) coherente con la información básica utilizada para estimar la función; una vez adoptada la unidad, queda definida para todas las ecuaciones.

DISCUSION

Del análisis de la fórmula de la carga animal óptima se pueden extraer algunas conclusiones interesantes.

En primer lugar, se observa que el primer término del segundo miembro es la producción máxima. Dado que el segundo término es negativo, la carga animal óptima, desde el punto de vista económico, es inferior a la de máxima productividad física, lo que es totalmente coherente con los principios económicos. Aun en la situación corriente, en la cual $Pr_v < Pr_c$ y en consecuencia la expresión $P_c (Pr_v - Pr_c)/(P_v - P_c)$ resulta negativa (es la pérdida del valor del peso inicial, en \$/kg), dados los valores involucrados habitualmente, difícilmente resulta negativa toda la expresión encerrada entre corchetes (lo que haría negativo el segundo término). Concretamente: para que la expresión encerrada entre corchetes resulta negativa el valor de venta ($P_v \cdot Pr_v$) debe ser inferior al valor de compra ($P_c \cdot Pr_c$), lo que conigura una clara situación de pérdida.

En segundo lugar, en la fórmula de la carga animal óptima no aparece el costo fijo (CF), pues desapareció al derivar. Esto signifi-

fica que el costo de la pastura (y los demás costos fijos directos que pudieren originarse) no influyen sobre la carga óptima, lo que no deja de ser una importante conclusión. Pasturas caras o económicas tendrán por consiguiente, *ceteris paribus*, la misma carga óptima. Sin embargo, es importante advertir aquí la implicancia del *ceteris paribus*: también significa iguales valores de *a* y *b* para diferentes pasturas, lo que no necesariamente sucede en la realidad. Empero, puede darse una situación en la cual este aspecto puede ayudar en la toma de decisiones en la práctica: cuando el ganadero arrienda campo para pastaje de su hacienda, debe tener en claro que la carga óptima dependerá de los coeficientes y parámetros incluidos en la fórmula, pero no de lo que él tiene que pagar en concepto de arrendamiento (esta afirmación sólo es válida cuando se paga un arrendamiento estipulado en \$/ha, pero no en un pastaje en \$/cab.).

En tercer lugar, un examen de la fórmula de la carga óptima indica claramente que a medida que se incrementa la tasa de interés, disminuye la carga óptima. La cuantía de esta reducción depende de los restantes parámetros. Sin embargo, los resultados obtenidos de simulaciones efectuadas con parámetros usuales en invernada, usando la fórmula de la carga óptima, indican que esta última es bastante estable ante variaciones de la tasa de interés.

En cuarto lugar, es obvio que un aumento de los costos variables (CV) deprimirán, *ceteris paribus*, la carga óptima. Este rubro está dado en \$/cab. De modo que un aumento de los gastos en sanidad animal o de mano de obra directa harán disminuir la carga óptima. Lo mismo se puede decir con respecto a la suplementación, ya sea con alimentos voluminosos (heno, silaje) o concentrados, si bien en estos casos difícilmente se puede mantener la condición *ceteris paribus*, dado que probablemente varíe la función de incremento diario de peso ΔP . Por otra parte, también se incluyen en estos costos el pastaje estipulado en \$/cab. En consecuencia, pa-

ra el ganadero que da hacienda en pastaje, un precio elevado implicará una carga menor que con un precio bajo. Empero, también aquí el resultado obtenido en las simulaciones efectuadas indica que la carga óptima se mantiene bastante estable ante variaciones de estos costos, *ceteris paribus*.

En quinto lugar, es obvio que a medida que se incrementa el valor absoluto de b disminuye la carga animal de máxima productividad. No aparece tan claro, sin embargo, si sucede otro tanto con la carga animal óptima. Sin embargo si se calcula la elasticidad de b en esta función (o sea el porcentaje en que variará la carga óptima cuando b aumenta un 1 por ciento) se tiene que ésta es -1 . Es decir que un aumento del 1 por ciento en el valor absoluto de b disminuirá la carga óptima también en un 1 por ciento. Con respecto a a no se puede dar una elasticidad precisa, pero en las situaciones corrientes es ligeramente superior a 1, llegando difícilmente a 2.

En sexto lugar, un aumento en el peso de venta acarrea una menor carga óptima, dado que ante esta situación se incrementan los intereses y además se reduce el denominador del segundo término. Sin embargo los resultados de las simulaciones efectuadas (pasando de 420 kg a 550 kg o sea de razas británicas a razas continentales, *ceteris paribus*) arrojan disminuciones muy pequeñas en la carga óptima. Sin embargo, es dudoso que se puede aceptar la condición *ceteris paribus*. Más bien cabe suponer que, dado que un mayor peso de venta implica mantener un rodeo cuyos animales tienen un peso medio más elevado, también cambie la función de incremento de peso, o sea los valores de a y b ; Sin embargo esta conclusión es interesante para el invernador de razas continentales, mucho más flexibles en su peso de terminación que las británicas. Aunque prolongue algo el engorde llegando a pesos superiores, no habrá variaciones sensibles en lo que se refiere a la carga óptima; el margen bruto se incrementa al extenderse la duración.

En séptimo lugar, no resulta fácil predecir, partiendo de la fórmula de la carga ópti-

ma, qué sucederá ante una variación de los precios, dado que los precios de compra y venta influyen en forma directa tanto sobre los intereses como sobre el resultado del denominador del segundo término. Por supuesto que aquí interesan las variaciones relativas entre precios de compra y precios de venta. Mientras la relación entre estos precios se mantenga inalterada (incluyendo la relación de éstos con los CV), la carga óptima no variará aunque se alteren sus respectivos valores absolutos. Los resultados de las simulaciones que se han efectuado variando la relación Pr_v/Pr_c indican que la carga óptima no es muy sensible si esta relación supera el valor de 0,7. En cambio por debajo del mismo, se vuelve cada vez más sensible. Ahora bien, en el tramo estable ($Pr_v/Pr_c > 0,7$) en lo que se refiere a la carga óptima, no deja de ser sensible el MB (en \$/ha), puesto que aumenta notablemente ante incrementos de la relación de precios mencionada.

El aumento de la carga óptima al aumentar la relación Pr_v/Pr_c podría parecer, a priori, un contrasentido. En efecto, el incremento de la carga óptima conlleva una duración creciente de la invernada, debido a la reducción del incremento diario de peso, o sea una rotación más lenta del capital novillos cuando precisamente la relación de precios se va haciendo más favorable al productor. Dicho de otra forma, cuando más desfavorable la relación de precios, mayor resulta la rotación del capital. La explicación de este contrasentido aparente está en que los quebrantes originados en la diferencia entre precios de compra y venta (los primeros generalmente son superiores a los segundos) se ven más que compensados por el margen bruto que crece con la carga.

CONCLUSIONES

La fórmula de la carga óptima se puede aplicar cuando se estudia todo el proceso de

invernada en una explotación, o sea desde que entra el ternero de destete hasta obtener el novillo gordo terminado. Debe quedar en claro que uno de los supuestos del modelo es que la duración depende de los pesos de compra y de venta y del ritmo de engorde. Por consiguiente, esta fórmula no es de aplicación cuando se trata de determinar la carga óptima en una pastura anual que tiene un período de utilización claramente determinado, en cuyo caso la duración es un parámetro predeterminado -o sea un dato- independiente del ritmo de aumento de peso del animal.

Por otra parte, se ha excluído expresamente la mortandad, con la finalidad de obtener una fórmula aceptablemente sencilla. Este aspecto se debe tener en cuenta, puesto que implica que la carga óptima hallado no es rigurosamente exacta.

Desde ya, la aplicación práctica va a tropezar con la dificultad de contar con funciones de incremento diario de peso confiables. Para solucionar este aspecto, los ganaderos y los investigadores deberán hacer un esfuerzo con la finalidad de reunir información acerca de cargas y producción de carne, para poder calcular las regresiones correspondientes. La información básica debe ser muy explícita en lo que se refiere al cálculo de la superficie ganadera (dato necesario para calcular la carga), al tipo de animal y a la cadena forrajera empleada. Es muy probable que las funciones de incremento diario de peso deban recalcularse periódicamente con la finalidad de tomar en cuenta el adelanto tecnológico que continuamente se produce en materia de engorde de ganado.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Alais, A. J., 1978. Carga, ganancia por animal y por hectárea. *Rev. CREA* (B. Aires) 14 (73): 56-60.
- 2) Boyle, E., 1982. Sistema de producción de carne en zona maicera. *CYTA* (S. Fe) (25): 30-36.
- 3) Casaravilla, N. A., 1966. La carga animal y su determinación *Idia* (B. Aires) 228: 47-53.
- 4) Christiansen, P. y E. Seminario, 1977. Balance de producción de carne en el CREA María Teresa *Rev. CREA* (B. Aires) 12 (65): 19-33.
- 5) Conniffe, D., 1975. Production-stocking rate relationship and experimentation. *Irish J. of Agr. Economics and Rural Sociology* (Dublin) 6: 1-7 (citado en *World Agr. Econ. and Rural Soc. Abstr.* 19 (1): 52 Nº 409. 1977).
- 6) Hart, R. H., 1978. Stocking rate theory and its application to grazing on rangelands. Proceeding of the First International Rangeland Congress, Denver, Colorado, August. 14-18, 1978. p. 547-550 (citado en *World Agr. Econ. and Rural Soc. Abstr.* 22 (5): 344 Nº 2723. 1980).
- 7) Hildreth, R. T. and M. E. Riewe, 1963. Grazing production curves. II. Determining the optimum stocking rate. *Agron. Journal* (Madison) 55 (4): 370-372.
- 8) Lafontaine, J., 1979. Invernada en zona mixta. *Rev. CREA* 14 (76): 32-38.
- 9) Mott, G. O., 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. Proc. 8th. Int. Grassland Congr. p. 606-611.
- 10) Riewe, M. E., 1961. Use of relationship of stocking rate to gain of cattle in an experimental design form grazing trials. *Agron. Journal* (Madison) 53: 309-313.
- 11) Riewe, M. R. and J. C. Smith *et al.*, 1963. Grazing production curves: I. Comparison of steer gains on Gulf Ryegrass and Tall Fescue. *Agron. Journal* (Madison) 55 (4): 367-369.
- 12) Viglizzo, E. F. y J. Otero, 1983. Efecto de la carga animal y de la suplementación de pasturas sobre la productividad y rentabilidad del inverte. *Producción Animal* (B. Aires). 10: 493-508.