método para optimizar económicamente la edad de venta de novillos de engorde

Róger Castellón*

RESUMEN

Se define el problema y la importancia de optimizar económicamente la edad de venta de los novillos de engorde. Se plantea para esto un método fundamentado en la teoría de producción y se ejemplifica su aplicación para una empresa específica.

La función de producción obtenida fue: Peso = $36{,}10t^{0{,}7521}$ para t = meses, con R^2= 98,58°/o, PROB. F = 0,0001 y CV = 1,42°/o. El modelo generado para el beneficio fue: $\pi = 306{,}85\ t^{0{,}7521} - 108{,}47t$. La edad de óptimo económico[1] determinada fue 21 meses.

(R^2 = coeficiente de determinación, Prob. F = indicador de probabilidad, CV = coeficiente de variación).

INTRODUCCION

Siempre que se busca la eficiencia técnica, ésta necesariamente debe ir acompañada de la eficiencia económica, que permita obtener aquellas producciones físicas que maximicen el beneficio de las explotaciones. Es bien sabido que el óptimo económico de una actividad siempre está antes del óptimo técnico o máximo físico que es posible obtener. Lo anterior implica que en el caso de la ganadería vacuna en nuestro país, conforme se aplican nuevas técnicas de manejo, alimentación, sanidad, etc., éstas deben ser evaluadas además, financiera y económicamente, buscando así la eficiencia económica que maximice los beneficios para cada empresa agropecuaria y por ende, los beneficios del país.

* Funcionario del Centro de Gestión Agropecuaria. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

(1) Edad que maximiza las ganancias de las fincas.

Una de las principales interrogantes que se plantean los ganaderos, es la edad óptima a la cual se debe vender el ganado, de manera que se maximicen los beneficios por este concepto. Lógicamente, la respuesta a esta pregunta dependerá directamente de condiciones particulares, de los costos, del nivel de tecnología empleada, etc., es decir, la respuesta es específica para cada finca.

Según Esminger (1973), la pregunta anterior se plantea sobre la base de que las ganancias diarias de peso y la conversión alimenticia según la edad, no se comporta en forma lineal, sino que experimentan variaciones, siendo esa conversión mayor en las primeras etapas de crecimiento que en la etapa de animal adulto. Williams (1976) sugiere que los animales de menor edad requieren de menor cantidad de alimento que los adultos para aumentar un kilo de peso, siendo entonces su ganancia de peso mayor. El comportamiento anterior, fundamentalmente se debe a que:

a. El aumento de peso del ganado adulto es debido en gran parte a la acumulación de grasa altamente energética, mientras que el aumento de peso de los animales jóvenes es causado en primer lugar por el crecimiento de los músculos, huesos, tendones y órganos internos.

b. Los terneros consumen más alimento en relación con su peso total, que el ganado adulto.

c. Los terneros mastican y digieren el alimento mucho mejor que el ganado adulto.

ch. Los animales de menor edad depositan los minerales en el esqueleto o una cantidad mayor se retiene en las células del organismo.

De todo lo anterior se deduce que la edad del ganado influye en la cantidad de kilos de aumento de peso. Cuanto más joven es el ganado, mayor será la eficiencia alimenticia. Por otra parte, el animal joven, como alimento, generalmente cuesta más por cada 100 kilos que el ganado adulto y también se vende a un precio más alto por kilo terminado.

Debe quedar claro entonces que no hay una edad ideal para el engorde del ganado en cualesquiera y todas las condiciones. Más bien, cada situación requiere un estudio individual y todos los factores deben ser considerados y balanceados.

MARCO METODOLOGICO

De acuerdo con el problema planteado anteriormente, el autor ha desarrollado un método fundamentado en la teoría de la producción. Dicho método tiene como punto de partida la hipótesis de que es posible optimizar económicamente el peso y la edad de venta de novillos considerando el tiempo como un insumo variable.

En efecto, los cultivos y la producción animal, en sus procesos de resultados, nunca son instantáneos y con frecuencia el tiempo no es un insumo fijo, por lo que debe ser considerado explícitamente. Realmente la influencia del tiempo en la eficiencia de resultados es mucho más incisiva y compleja que la influencia de los insumos fijos o tangibles. No solo el tiempo afecta directamente el proceso físico de resultados, sino que también éstos pueden ser influenciados por los efectos del tiempo y precios en la función objetivo de producción. Adicionalmente, en el tiempo, los usos alternativos de los insumos son abandonados, y se genera entonces el costo de oportunidad de los mismos.

Para buscar la optimización económica del peso y la edad de los novillos, se debe buscar una función de producción o un modelo matemático, que describa en términos físicos el problema planteado.

Para la actividad ganado de carne en una finca específica, se presentan una serie de interacciones y particularidades que es necesario considerar a la hora de generar el modelo. Un modelo totalmente realista sería casi imposible de lograr, y además, podría resultar demasiado complejo para sacar conclusiones de él. Sin embargo, resulta factible hacer las siguientes consideraciones:

Si denotamos:

X = Cantidad de ganado que existe en la finca (unidades animales)
T = Edad por cabeza de ganado (meses)
Peso = Peso en vivo de una cabeza de ganado (Kg)
CA = Conversión alimenticia. Cantidad de pasto consumido que es aprovechado por cada cabeza de ganado (Kg)
G = Ganancia diaria de peso por cada cabeza de ganado (Kg)
H = Factores genéticos que afectan el crecimiento del ganado de carne.
A = Factores ambientales que afectan el crecimiento del ganado de carne (incidencia de plagas, enfermedades, condiciones climáticas, etc.)
Y = Cantidad total de producto animal (Kg)
P = Cantidad de pasto disponible en la finca (Kg)
D = Cantidad de pasto perdido por deterioro (Kg)
C = Cantidad de pasto consumido por cada cabeza de ganado (Kg)
R = Tamaño de la finca
M = Disponibilidad de dinero
F = Función

Se pueden entonces establecer las siguientes relaciones:

$$PESO = F_1 \ (C, CA, G, H, A, T);$$

Además, la relación que refleja la capacidad de decisión del ganado sobre la cantidad de pasto que consume es:

$$C = F_2 \ (P, X, Peso, T);$$

A la vez, la cantidad de pasto disponible en la finca, si no existe en ella fertilización de potreros, puede ser especificado así:

$$P = F_3 \ (R, X, Peso, D, T).$$

Por otra parte la ecuación para la cantidad de ganado que existe en la finca es:

$$X = F_4 \ (R, M, P, T).$$

Si se deseara estimar la proporción de pasto deteriorado en la finca, la relación que habría que buscar sería:

$D = F_5$ (T, X, Peso).

Se debe notar también que:

$CA = F_6$ (C, H, A, T); y

$G = F_7$ (C, CA, Peso, H, A, T).

La cantidad de producto animal que existe en la finca está determinada por la función:

$Y = F_8$ (X, Peso, T).

En el proceso de relaciones descritas por las ecuaciones anteriores se aprecia que el modelo Peso = F (t) lleva implícito una serie de funciones de producción. Algunas de estas de difícil estimación, pero que como se comprueba, sí afectan dicha relación.

La estimación del modelo anterior se hace mediante el análisis de regresión utilizando la técnica de "mínimos cuadrados". Se aprueban diferentes modelos y se selecciona el más apropiado de acuerdo con criterios como el coeficiente de determinación (R^2), la probabilidad de F, el coeficiente de variación (CV) y el análisis de varianza. Adicionalmente, el modelo es validado de acuerdo con su capacidad predictiva de la realidad.

Dicho modelo posteriormente deberá ser complementado con los datos correspondientes a precios de productos y costos de insumos, lo que permite transformar la función de producción en una función de beneficio. Lógicamente la función de beneficio tendrá también como parte integral una función de costo referido a los insumos utilizados en la obtención del producto.

Las condiciones necesarias para la maximización del beneficio pueden ser expresadas en términos de ingreso marginal y costo marginal. Como el costo marginal es igual a la pendiente de la curva de costo total, y el ingreso marginal es igual a la pendiente de la curva de ingreso total, los beneficios se maximizan para la producción cuyo costo marginal es igual al ingreso marginal, es decir:

Q = producción
P_Q = precio del producto
CV = costo variable
CF = costo fijo
d = derivada
IM_g = ingreso marginal
cM_g = costo marginal
π = Beneficio
It = Ingreso total
Ct = Costo total

$$\pi = It - Ct$$

$$\pi = P_Q Q - CV - CF$$

Las condiciones necesarias para maximizar el beneficio son:

$$\frac{d\ \pi}{d\ Q} = P_Q - \frac{d\ CV}{d\ Q} = o$$

$$ó : P_Q = \frac{d\ CV}{d\ Q}$$

o sea: IMg = cMg

El máximo beneficio exige adicionalmente que el costo marginal corte al ingreso marginal en un tramo con pendiente positiva del primero.

Entonces, si se define la condición suficiente para un máximo como:

$$\frac{d^2\ \pi}{d^2\ Q} < 0$$

se aprecia que:

$$\frac{d\ (PQ - F^1)\ (a))}{dQ} = -F^2\ (Q), < 0 \text{ o lo que es lo mismo } F^2\ (Q) > 0 \text{ Siendo}$$

F^2 (Q) la pendiente del costo marginal, se pone en evidencia un máximo de ganancia. Por otra parte la segunda derivada del beneficio al ser menor que cero, garantiza que éste decrece a medida que se aumenta cada insumo en forma independiente, o lo que es lo mismo, se cumple con el principio de los rendimientos decrecientes.

El mismo principio de igualdad de ingreso marginal y costo marginal deberá prevalecer para la maximización del beneficio a través del tiempo. La única diferencia es que el costo marginal a través del tiempo debe permitir el costo de oportunidad y los efectos preferenciales en el tiempo, así como el costo marginal directo de los insumos.

Por otra parte, dado que se trabaja el tiempo como un insumo variable, se debe buscar la maximización del beneficio por cada unidad de tiempo (π / t). Para esto se puede denotar la función de beneficio por unidad de tiempo como π^* y el costo de los insumos fijos o los costos fijos por período de respuesta como F, teniendo así la función:

$$\pi^* = \frac{(P_Q Q - P_i X_i - F)}{t}$$

Mientras el costo del insumo F es fijo para cada serie del proceso de resultado, la proporción F/t no es constante para t variable.

Lo anterior se debe tener presente dado que si se maximiza el beneficio total ($\overline{\pi}$), se maximiza el beneficio de un único período de resultado y como es lógico, el beneficio marginal por unidad de tiempo es menor que el beneficio promedio máximo por unidad de tiempo, que puede ser obtenido usando estos insumos en el próximo período de resultado.

RESULTADOS Y DISCUSION

El método descrito anteriormente fue probado y aplicado por el autor durante el primer semestre del año 1980 en una finca ganadera, ubicada en el distrito Cairo, del Cantón Siquirres de la Provincia de Limón.

Para dicho efecto se trabajó mediante muestreo y validación estadística los lotes de novillos de la finca, de acuerdo con procesos interactivos entre los pesos reales y los rendimientos máximos logrados. Estos datos fueron procesados por computador mediante el paquete S.A.S. (Sistema de Análisis Estadístico). Se probaron varios modelos de tipo lineal, cuadrático, cúbico y logarítmico. La elección del modelo que se iba a usar se hizo con base en su capacidad predictiva según el coeficiente de determinación (R^2), el coeficiente de variación, la probabilidad del valor de F y su ajuste al nivel tecnológico de la finca. El modelo seleccionado fue de tipo Cobb — Douglas, su comportamiento aparece en la figura No. 1. De acuerdo con este modelo se calculó la función de productividad promedio (PP $= 36{,}10/t^{0{,}25}$) y la productividad marginal (PM_g $= 27{,}15/t^{0{,}25}$). La primera indica el peso promedio que se tiene en la finca para distintas edades del ganado de carne y la segunda, el cambio o incremento que hay en el peso del ganado al cambiar la edad de éste en un mes. Los datos correspondientes aparecen en el cuadro No.1.

CUADRO No.1. Valores de peso total, peso promedio y peso marginal para diferentes edades del ganado de carne.

EDAD (MESES)	PESO TOTAL (KG)	PESO PROMEDIO (KG)	PESO MARGINAL (KG)
1	36,10	36,10	27,15
2	60,80	30,40	24,70
3	82,48	27,49	21,68
4	102,40	25,60	19,92
5	121,11	24,22	18,71
6	138,91	23,15	17,80
7	155,99	22,28	17,08
8	172,47	21,55	16,48
9	188,44	20,94	15,97
10	203,98	20,39	15,54
11	219,15	19,92	15,17
12	233,96	19,49	14,81
13	248,48	19,11	14,52
14	262,73	18,76	14,25
15	276,72	18,44	13,99
16	290,48	18,15	13,76
17	304,03	17,88	13,55
18	317,39	17,63	13,36
19	330,56	17,39	13,17
20	343,56	17,18	13,00
21	356,40	16,97	12,84
22	369,10	16,77	12,70
23	381,64	16,59	12,54
24	394,06	16,42	12,42
25	406,34	16,25	12,28
26	418,51	16,09	12,17
27	430,56	15,94	12,05
28	442,50	15,80	11,94
29	454,33	15,66	11,83
30	466,07	15,53	11,74
31	477,70	15,41	11,63
32	489,25	15,28	11,55
33	500,70	15,17	11,45
34	512,07	15,06	11,37
35	523,36	14,95	11,29
36	534,56	14,85	11,20

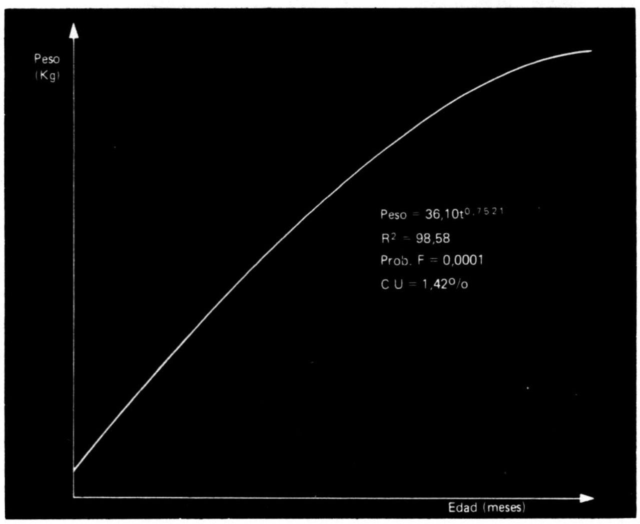

FIGURA No. 1. Curva de comportamiento del Modelo Peso = F(t)

De acuerdo con la relación de las funciones anteriores se obtuvo una elasticidad peso del ganado de 0,75 lo que indica que el peso del ganado cambia en un 0,75% ante un cambio de un 1% del tiempo como insumo.

Con base en los datos del cuadro No. 1 y el comportamiento de la elasticidad peso, se detectaron las etapas o zonas de producción del modelo (Ver figura No. 2). Se aprecia en dicha figura que para el modelo en estudio, existe una única zona de producción: la zona II o zona racionalmente económica.

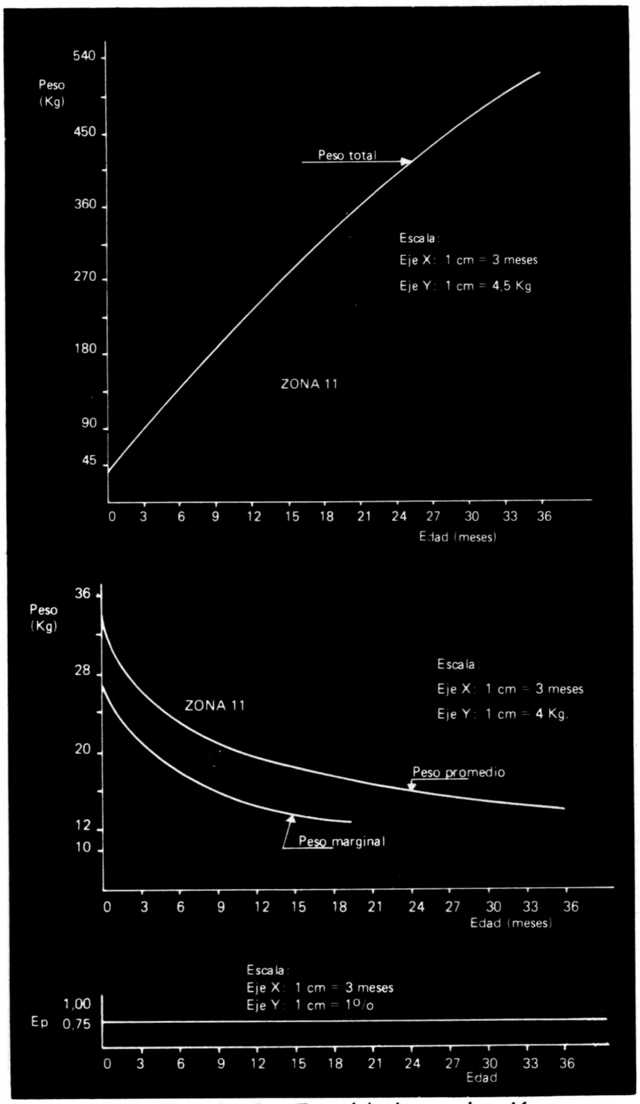

FIGURA No. 2. Zona(s) de producción: Modelo Peso = 36,10 $t^{0,7521}$

Lo anterior se comprueba dado que, según el modelo, el peso posee rendimientos decrecientes en toda su extensión (la elasticidad peso es menor que 1). Esto implica que por cada unidad de insumo que se agrega, la producción crece menos que proporcional con respecto a la unidad anterior, o lo que es lo mismo, que conforme aumenta la edad del ganado, disminuye la eficiencia del tiempo como insumo.

De la discusión anterior se deduce que es posible buscar un óptimo económico para el uso del tiempo como insumo que afecta el peso del ganado. Esto por cuanto el máximo beneficio, siempre se encuentra en la zona II, cuando los rendimientos son decrecientes y el producto marginal aún no es igual a cero.

Para buscar este óptimo se obtuvo primero la función de ingreso total multiplicando la función de producción por el precio de cada Kg de carne a la fecha del estudio (₡8,50). Con base en esto se calculó luego el ingreso marginal y el ingreso promedio.

Los costos se estimaron en función del tiempo y relativos a una cabeza de ganado. La función de costo total obtenida fue:

$C = 108{,}47\ t$; donde C = Costo total y t = tiempo en meses

La función de costo medio y costo marginal se obtuvo por los procedimientos normales, siendo este último una constante (₡108,47).

El cuadro No.2 recoge los datos comparativos de ingresos y costos y sus comportamientos aparecen en la figura No. 3.

Se aprecia en la figura mencionada que el ingreso total siempre es mayor que el costo total y a medida que aumenta la edad del animal, la diferencia entre ambos es mayor. Por su parte, el ingreso marginal empieza siendo mayor que el costo marginal, sin embargo, al aumentar la edad del animal, el primero va decreciendo mientras que el segundo permanece constante. Se observa además que existe un punto de intersección entre ambos, que es el punto óptimo económico.

Para encontrar matemáticamente el punto donde el ingreso marginal es igual al costo marginal, se planteó la función de beneficio:

$$\pi = 306{,}85\ t^{0{,}7521} - 108{,}47\ t.$$

CUADRO No. 2. Comparación de ingresos y costos para una cabeza de ganado de carne a diferentes edades

EDAD (MESES)	INGRESO TOTAL (₡)	COSTO TOTAL (₡)	INGRESO MEDIO (₡)	COSTO MEDIO POR KG. (₡)	INGRESO MARGINAL (₡)	COSTO MARGINAL (₡)
1	306,85	108,47	306,85	3,00	230,78	108,47
2	516,80	216,94	258,03	3,56	209,95	108,47
3	701,08	325,41	233,69	3,94	184,28	108,47
4	870,43	433,88	217,60	4,23	169,35	108,47
5	1 029,48	542,35	205,89	4,47	159,05	108,47
6	1 180,49	650,82	196,79	4,68	150,31	108,47
7	1 325,94	759,29	189,42	4,86	145,15	108,47
8	1 466,02	867,76	183,25	5,03	140,08	108,47
9	1 601,81	976,23	177,97	5,18	135,79	108,47
10	1 733,90	1 084,70	173,39	5,31	132,09	108,47
11	1 862,76	1 193,17	169,34	5,44	128,86	108,47
12	1 988,74	1 301,64	165,72	5,56	125,98	108,47
13	2 112,14	1 410,11	162,47	5,67	123,40	108,47
14	2 233,20	1 518,58	159,51	5,78	121,06	108,47
15	2 352,15	1 627,05	156,81	5,88	118,95	108,47
16	2 469,13	1 735,52	154,32	5,97	116,98	108,47
17	2 583,32	1 843,99	152,02	6,06	115,19	108,47
18	2 697,84	1 952,46	149,88	6,15	113,52	108,47
19	2 809,80	2 060,93	147,88	6,23	111,96	108,47
20	2 920,32	2 169,40	146,01	6,31	110,52	108,47
21	3 029,47	2 277,87	144,26	6,39	109,15	108,47
22	3 137,35	2 386,34	142,60	6,46	107,88	108,47
23	3 244,00	2 494,81	141,04	6,53	106,65	108,47
24	3 349,52	2 603,28	139,56	6,60	105,52	108,47
25	3 453,95	2 711,75	138,15	6,67	104,43	108,47
26	3 557,35	2 820,22	136,82	6,73	103,40	108,47
27	3 659,77	2 928,65	135,54	6,80	102,42	108,47
28	3 761,26	3 037,16	134,33	6,86	101,49	108,47
29	3 861,85	3 145,63	133,16	6,92	100,59	108,47
30	3 961,58	3 254,10	132,05	6,98	99,73	108,47
31	4 060,49	3 362,57	130,98	7,04	98,91	108,47
32	4 158,62	3 471,04	129,95	7,09	98,13	108,47
33	4 255,98	3 579,51	128,96	7,15	97,36	108,47
34	4 352,62	3 687,98	128,01	7,20	96,64	108,47
35	4 448,56	3 796,45	127,10	7,25	95,94	108,47
36	4 534,82	3 904,92	126,23	7,30	95,26	108,47

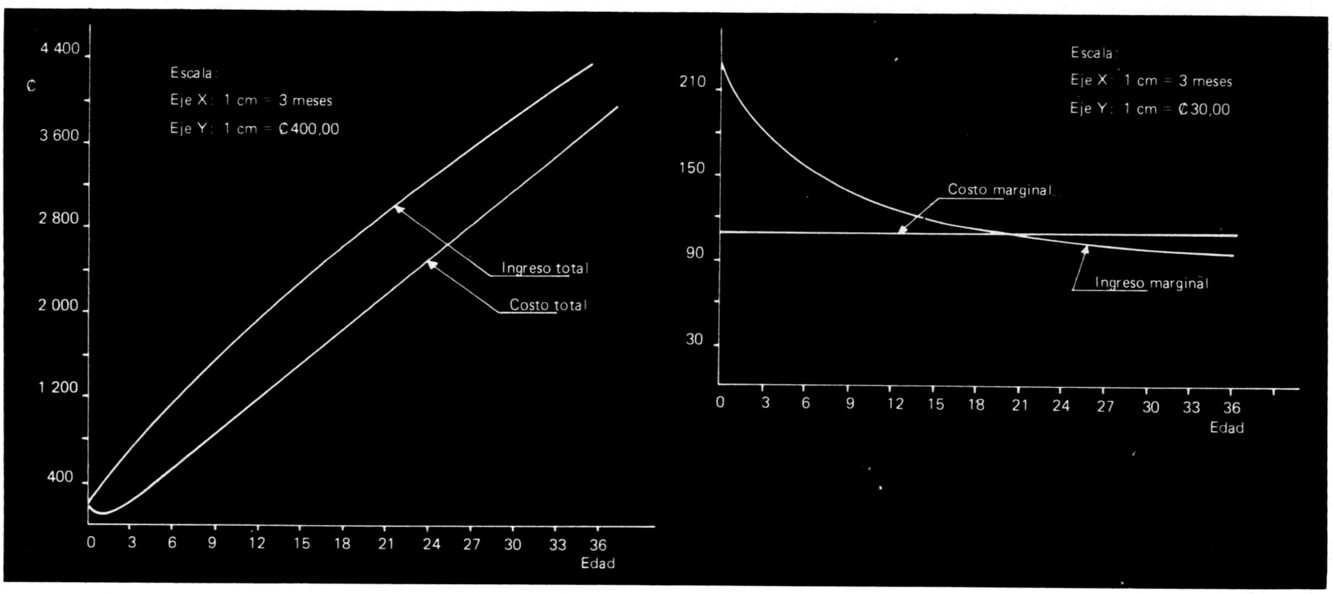

FIGURA No. 3. Comportamiento del ingreso total, ingreso marginal, costo total y costo marginal según la edad del ganado.

Se obtuvieron de ésta el beneficio promedio y el beneficio marginal, cuyo comportamiento al igual que el del beneficio total se muestra en la figura No. 4.

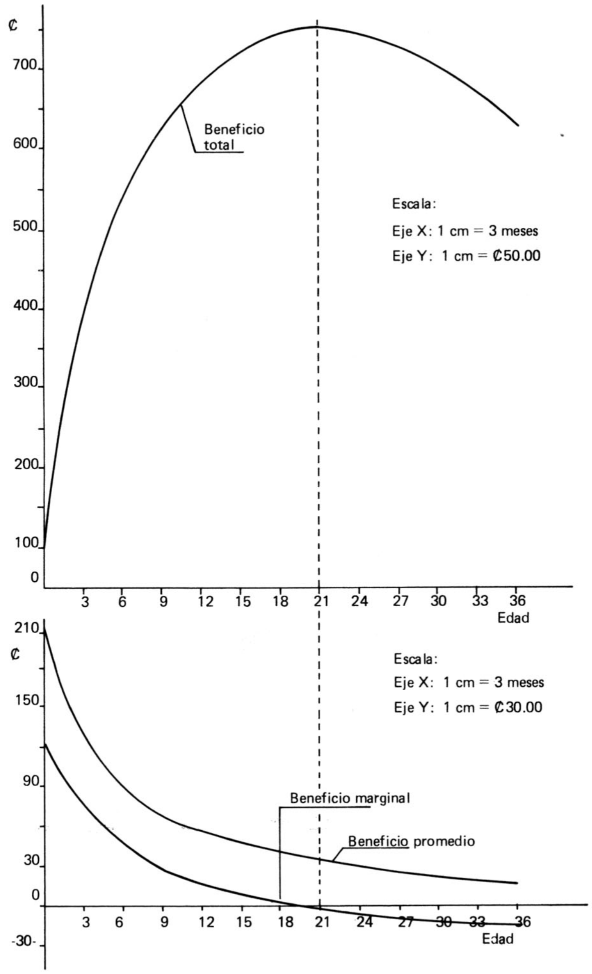

FIGURA No. 4. Beneficio total, beneficio promedio y beneficio marginal versus Edad del ganado.

Mediante despeje matemático se obtuvo el valor de t que cumpliera con las condiciones necesarias y suficientes para maximizar el beneficio total. Dicho valor fue el de $t = 21{,}02$ meses*, es decir, cuando el novillo cumple 21 meses es la edad ideal en que la empresa debe vender cada cabeza de ganado para lograr un óptimo económico.

LITERATURA CONSULTADA

1. Castañeda, José. **Lecciones de teoría económica.** Madrid: Aguilar, 1976.
2. Castellón, Róger. **Modelo matemático para determinar la edad óptima para venta de novillos en Hacienda Agropecuaria Milwaukee S.A. Práctica de Especialidad.** Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica. División de Carreras Agrícolas, 1980.
3. Cordonier, Pierre; Carles, Roland y Marsal, Pierre, **Economía de la empresa agraria.** Madrid: Mundi-Prensa, 1973.
4. Dease, Tom. "Aumentos de pesos lucrativos con implantes subcutáneos". **Agricultura de las Américas.** 27(10) Octubre, 1978.
5. Esminger. M.E. **Producción bovina para carne.** Buenos Aires: El Ateneo, 1973.
6. Ferguson, C.E. **The neoclassical theory of production and distribution.** Londres: Cambridge University Printing House, 1975.
7. Gallardo, J.L. **Dos modelos matemáticos para explicar el comportamiento de la producción de papa (Solanum tuberosum) en la provincia de Cartago.** Tesis Ingeniero Agrónomo. San José: Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1977.
8. Williams, D.W. **Ganado vacuno para carne.** México: Limusa, 1976.
9. Ya, Lun-Chou. **Análisis estadístico.** México: Interamericanas S.A., 1977.

* Resultado específico para la empresa en mención.