

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRARIAS

**MAXIMIZACION DEL MARGEN SOBRE LA
ALIMENTACION EN EL GANADO VACUNO
LECHERO**

VALERIO GOMEZ MARTINEZ

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA Y SOCIOLOGIA

CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACION Y DESARROLLO AGRARIO DEL EBRO
(CRIDA - 03) ZARAGOZA, 1976



MAXIMIZACION DEL MARGEN SOBRE LA ALIMENTACION EN EL GANADO
VACUNO LECHERO

Valerio GOMEZ MARTINEZ
Ingeniero Agrónomo

Departamento de Economía y Sociología

Depósito Legal: Z-220-76

Centro Regional de Investigación y Desarrollo
Ctra. Montañana, 177. Zaragoza. 1.976

Introducción

Presentamos a continuación un modelo lineal que permite calcular la alimentación mas adecuada para el vacuno lechero, teniendo en cuenta los alimentos disponibles en la explotación, los sistemas de precios y los niveles de producción de leche.

Se ha considerado una vaca lechera de 500 Kg de peso vivo y se han aplicado las normas de alimentación aconsejadas por el National Research Council.

Función objetivo

La función a maximizar es la obtenida por diferencia entre los ingresos lecheros diarios: Kg de leche 4% de materia grasa por el precio medio de la leche - de estas características, menos el valor de la alimentación diaria.

$$F = 13,000 X_1 - \sum_{i=1}^{15} p_i X_i$$

donde p_i son los precios de mercado de los alimentos disponibles en la explotación.

Linearización de la función de producción

El punto esencial para la aplicación de este programa es el conocimiento de la función de producción a utilizar. Es preciso y propósito nuestro el probar a través de unas encuestas el tipo de función a introducir en el modelo y comparar los resultados reales de las explotaciones con los obtenidos a través del programa lineal modelizado.

Se ha utilizado una función teórica que expresa los Kg de leche en función de la energía digestible ingerida por el animal. Se ha descompuesto la función en cuatro tramos lineales. El primer tramo se aplica a las producciones desde 0-12 Kg,

el segundo de 12,01-20,00; el tercero de 20,01-24,00 y el cuarto de 24,01-26,00 Kg. Las necesidades por Kg de leche para la energía digestible y para la proteína digestible junto con las necesidades de mantenimiento para una vaca de 500 Kg de peso vivo configuran las dos ecuaciones siguientes:

Ecuación que regula la energía digestible:

$$3,483 X_1 + 3,086 X_2 + \dots + 0,884 X_{11} \geq 15,2 + 1,350 X_{12} + 1,875 X_{13} + 2,850 X_{14} + 3,750 X_{15}$$

Ecuación que regula la proteína digestible:

$$0,069 X_1 + 0,070 X_2 + \dots + 0,012 X_{11} \geq 0,300 + 0,049 X_{12} + 0,055 X_{13} + 0,058 X_{14} + 0,063 X_{15}$$

Restricciones alimenticias

Para la modelización de estas restricciones se han tenido en cuenta las normas de alimentación para el ganado vacuno lechero aconsejadas por la National Academy of Sciences N.R.C. y referidas al peso de la ración expresado en materia seca al 90%. Como los silos de guisantes y de maíz tienen un contenido en materia seca del orden del 23% y del 29%, un Kg de estos ensilados suponen respectivamente 0,2555 Kg y 0,3222 Kg de materia seca al 90% de humedad.

- Calcio $\geq 4\%$ en peso de la ración
- Fósforo $\geq 3,5\%$ en peso de la ración
- Proteína bruta $\geq 15\%$ en peso de la ración
- Fibra bruta $\geq 13\%$ en peso de la ración
- Nitrógeno no proteico $\leq 0,45\%$ en peso de la ración
- Cloruro sódico $\geq 0,45\%$ en peso de la ración

A continuación, y como ejemplo, formulamos la ecuación correspondiente a la proteína bruta.

$$0,087 X_1 + 0,092 X_2 + 0,089 X_3 + 0,130 X_4 + 0,160 X_5 + 0,458 X_6 + 0,032 X_7 + 0,152 X_8 + 0,048 X_9 + 0,030 X_{10} + 0,023 X_{11} + 2,625 X_{12} \geq 0,1500 (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + 0,2555 X_{10} + 0,3222 X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15}),$$

donde los coeficientes del primer miembro son los contenidos en proteína bruta de cada Kg de

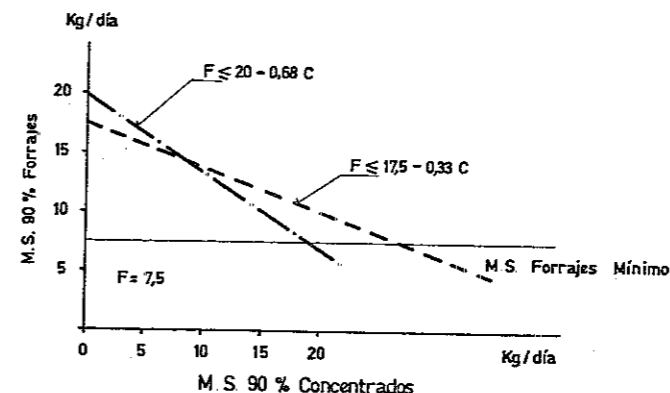
alimento.

Capacidad de ingestión

Para asegurar un alto nivel de materia grasa y una buena transformación lechera es aconsejable suministrar un mínimo de elementos forrajeros, este mínimo no debe ser inferior al 1,5% del peso vivo del animal, en nuestro caso 7,5 Kg del total de la materia seca del 90% de humedad.

La alternativa de suministrar el resto de la materia seca, hasta saturar la capacidad de ingestión del animal, con concentrados o forrajes es otro de los problemas que habrá que investigar.

EARL O. HEADY y otros han tratado de averiguar la forma de las curvas de ingestión de materia seca según sea suministrada por forrajes o por concentrados - manteniendo un mismo nivel de producción.



El máximo consumo forrajero de un excelente forraje expresado en materia seca del 90% es del 3,5% del peso vivo del animal, en nuestro caso 17,5Kg. Cuanto peor calidad menos cantidad de forraje consumirá el animal para lo que tenemos que averiguar los coeficientes entre la alfalfa y el resto de los alimentos forrajeros. Consideraremos en este trabajo que un Kg de alfalfa equivale a 1,4 Kg de cualquier otro forraje en lo que respecta a la máxima capacidad de ingestión.

Ecuaciones utilizadas para limitar la ingestión mínima y máxima de materia seca.

$$1,000 X_7 + 1,000 X_8 + 1,000 X_9 + 0,2555 X_{10} + 0,3222 X_{11} \geq 7,5$$

$$F \leq 17,5 - 0,33c$$

$$F \leq 20,0 - 0,68C$$

$$x_8 + 1,4 (x_7 + x_9 + 0,2555 x_{10} + 0,3222 x_{11}) \leq 17,5 - 0,33 (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15})$$

$$x_8 + 1,4 (x_7 + x_9 + 0,2555 x_{10} + 0,3222 x_{11}) \leq 20,0 - 0,68(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15})$$

Utilización del modelo

Se ha pasado el modelo por un IBM-1130, obteniéndose la solución óptima. A continuación hemos procedido a parametrizar la producción lechera y ver la evolución del margen y la composición de la ración.

Para la solución óptima se dan los precios de oportunidad de aquellos componentes que no han entrado en la solución y cuyo significado económico es que si descendiesen por debajo de esos niveles aparecerían en la solución sustituyendo a los anteriores.

	Solución óptima	25	20	15	10	5
Cebada	10,645	10,069	4,477	1,717	-	-
Soja harina	2,858	2,779	2,006	1,548	1,164	0,890
Guisantes silo	29,354	30,539	42,485	45,467	43,546	33,304
Urea	0,036	0,035	0,029	0,025	0,020	0,016
Carbonato cálcico	0,335	0,340	0,386	0,385	0,347	0,265
Sal	0,095	0,093	0,078	0,066	0,065	0,042
Fosfato bicálcico	-	-	-	-	0,012	0,009
Kg leche 4%	25,412	25	20	15	10	5
Pts Kg leche 4%	13	13	13	13	13	13
Ingresos	330,35	325,00	260,00	195,00	130,00	65,00
Gastos alimentación	121,44	116,31	66,16	39,98	21,97	17,00
Margen	208,91	208,69	193,84	155,02	108,03	48,20
M.S.90% concentrado	13,969	13,316	6,976	3,741	1,598	1,222
M.S.90% forrajes	7,499	7,816	10,833	11,616	11,126	8,509
M.S.90% total	21,468	21,132	17,809	15,357	12,724	9,731
Coste/Kg M.S. 90%	5,656	5,503	3,714	2,603	1,726	1,746
Coste/Kg M.S. Concen.	8,378	8,390	8,570	8,633	9,662	9,828

Solución óptima		
Alimentos que no entran en la solución y precios de oportunidad		
	P.	P/O
Salvado	8,070	6,207
Maíz G.	8,600	7,863
Avena	7,300	6,310
Trigo	9,000	8,069
Paja C.	2,000	1,760
Alfalfa H.	6,200	3,015
Paja S.	2,500	-
Maíz S.	1,000	0,538
Fosfato bicálcico	14,000	-



Solución óptima				
Alimentos que entran en la solución e intervalo de precios				
	Kg	P.	P.I.	P.S.
Cebada	10,645	7,550	3,040	7,926
Soja harina	2,858	12,500	6,670	15,237
Guisantes silo	29,354	0,150	0,024	0,496
Urea	0,036	10,580	-	372,602
Carbonato cálcico	0,335	1,000	-	26,140
Sal	0,095	2,500	-	140,410

P precio de mercado; P.I. precio inferior

P.S. precio superior; P/O precio de oportunidad

Bibliografía

LORIN E. HARRIS. Nutrition Research Techniques for Domestic and Wild Animals Utah State University Logan, Utah.

N.R.C. Nutrient Requirements of Dairy Cattle National Academy of Sciences. Washington, D.C. 1966.

C. CRAPLET. La vache laitière. Vigot frères, editores 1960 Paris.

EARL O. HEADY and JOHN L. DILLON. Agricultural Production Functions. Iowa State University Press, Ames, Iowa.

I.B.M. Application Program. 1130 Linear Programming Mathematical Optimization Subroutine System (1130 LP-MOSS) (1130-CO-16X).

BATH, D.L. 1969 Feeding complete rations to dairy cows. Feedstuffs, 41 (24):32

DEAN, C.W., BATH, D.L. and OLAYIDE, S. 1969 Computer program for maximizing income above feed cost from dairy cattle. Journal of Dairy Science, 52:1008

HOWARD, W.T., ALBRICHT, J.L., GUNHINCHAM, N.D., HARRINGTON, R.B., NOLLER, C.H. and TAYLOR, R.W. 1968. Least-cost complete rations for dairy cows Journal of Dairy Science 51:595

BLAXTER, K.L. Energy Metabolism. Academic Press London and New York 1965.

VARIABLE	ENTRIES	SOLUTION	UPPER	LOWER	CURRENT	REDUCED
TYPE		ACTIVITY	BOUND	BOUND	COST	COST
CEBADA	B* 14	10.645	*****	0.000	-7.550	0.000
PRECIO	B* 0	208.907	*****	*****	-1.000	-1.000
ENER.D	LL 0	15.200	*****	15.200	0.000	-3.466
PRO.D	B* 0	1.091	*****	0.300	0.000	0.000
CA.E	LL 0	0.000	*****	0.000	0.000	-18.411
P.F	B* 0	0.012	*****	0.000	0.000	0.000
PRO.RE	LL 0	0.000	*****	0.000	0.000	-15.690
FIB.BE	B* 0	0.087	*****	0.000	0.000	0.000
MAX.F1	B* 0	15.110	17.500	0.000	0.000	0.000
MAX.F2	UL 0	20.000	20.000	0.000	0.000	-5.120
MAX.MNP	EQ 0	0.000	0.000	0.000	0.000	9.435
NCLNA	LL 0	0.000	*****	0.000	0.000	-8.337
GRASA	B* 0	0.462	*****	0.000	0.000	0.000
VIT.A	B* 0	1584.630	*****	0.000	0.000	0.000
CAROT	B* 0	950.035	*****	0.000	0.000	0.000
SOJA.H	B* 14	2.858	*****	0.000	-12.500	0.000
SALVADO	LL 12	0.000	*****	0.000	-8.070	-1.960
MAIZ.G	LL 14	0.000	*****	0.000	-8.600	-0.724
AVENA	LL 11	0.000	*****	0.000	-7.300	-1.044
TRIGO	LL 12	0.000	*****	0.000	-9.000	-8.933
PAJA.C	LL 15	0.000	*****	0.000	-2.000	-3.804
MIN.F	LL 0	7.500	*****	7.500	0.000	-0.683
ALFAL.H	LL 15	0.000	*****	0.000	-6.200	-2.885
PAJA.S	LL 13	0.000	*****	0.000	-10.000	-12.089
GUIS.S	B* 15	29.354	*****	0.000	-0.150	0.000
MAIZ.S	LL 15	0.000	*****	0.000	-1.000	-0.437
NIV.1	B* 4	11.999	*****	0.000	0.000	0.000
P.1	UL 0	12.000	12.000	0.000	0.000	-8.320
VENTA	EQ 0	0.000	0.000	0.000	0.000	13.000
NIV.2	B* 4	7.999	*****	0.000	0.000	0.000
P.2	UL 0	8.000	8.000	0.000	0.000	-6.500
NIV.3	B* 4	4.000	*****	0.000	0.000	0.000
P.3	UL 0	4.000	4.000	0.000	0.000	-3.120
NIV.4	B* 4	1.412	*****	0.000	0.000	0.000
P.4	B* 0	1.412	2.000	0.000	0.000	0.000
LECHE/4	B* 2	25.412	*****	0.000	13.000	0.000
UREA	B* 9	0.036	*****	0.000	-10.580	0.000
FOS.BCA	LL 9	0.000	*****	0.000	-14.000	-15.614
CAR.CA	B* 9	0.335	*****	0.000	-1.000	-0.000
CLNA	B* 9	0.095	*****	0.000	-2.500	0.000

VARIABLE	VARIABLES AT UPPER BOUND OR LOWER BOUND		COST/UNIT		LOWEST COST
	SOLUTION ACTIVITY	UPPER BOUND	INCREASE	DECREASED ACTIVITY	
TYPE	CURRENT COST	LOWER BOUND	COST/UNIT DECREASE	DECREASED ACTIVITY	HIGHEST COST
EMER.D	15.200	*****	3.466	20.498	3.466
LL	0.000	15.200	-3.466	12.998	*****
CA.E	0.000	*****	18.411	0.560	18.411
LL	0.000	0.000	-18.411	-0.125	*****
PRO.BE	0.000	*****	15.690	3.980	15.690
LL	0.000	0.000	-15.690	-0.846	*****
MAX.F2	20.000	20.000	-5.120	20.441	*****
UL	0.000	0.000	5.120	18.938	-5.120
MAX.MNP	0.000	0.000	-9.435	0.871	-9.435
EQ	0.000	0.000	9.435	-0.095	*****
NCLNA	0.000	*****	8.337	1.508	8.337
LL	0.000	0.000	-8.337	-0.095	*****
SALVADO	0.000	*****	1.960	7.614	-6.109
LL	-8.070	0.000	-1.960	-1.716	*****
MAIZ.G	0.000	*****	0.724	2.921	-7.875
LL	-8.600	0.000	-0.724	-23.119	*****
AVENA	0.000	*****	1.044	10.796	-6.255
LL	-7.300	0.000	-1.044	-1.630	*****
TRIGO	0.000	*****	0.933	3.069	-8.066
LL	-9.000	0.000	-0.933	-0.283	*****
PAJA.C	0.000	*****	3.804	6.944	1.804
LL	-2.000	0.000	-3.804	-0.978	*****
MIN.F	7.500	*****	0.683	8.583	0.683
LL	0.000	7.500	-0.683	7.219	*****
ALFAL.H	0.000	*****	2.885	1.026	-3.314
LL	-6.200	0.000	-2.885	-2.471	*****
PAJA.S	0.000	*****	12.089	5.663	2.089
LL	-10.000	0.000	-12.089	-0.834	*****
MAIZ.S	0.000	*****	0.437	3.046	-0.562
LL	-1.000	0.000	-0.437	-30.021	*****
P.1	12.000	12.000	-8.320	15.924	*****
UL	0.000	0.000	8.320	10.369	-8.320
VENTA	0.000	0.000	-13.000	*****	-13.000
EQ	0.000	0.000	13.000	-25.412	*****
P.2	8.000	8.000	-6.500	10.825	*****
UL	0.000	0.000	6.500	6.825	-6.500
P.3	4.000	4.000	-3.120	5.859	*****
UL	0.000	0.000	3.120	3.227	-3.120
FOS.BCA	0.000	*****	15.614	0.540	1.614
LL	-14.000	0.000	-15.614	-0.068	*****



VARIABLE	SOLUTION		VARIABLES AT INTERMEDIATE LEVEL		LOWEST COST
	ACTIVITY	UPPER BOUND	COST/UNIT INCREASE	INCREASED ACTIVITY	
TYPE	CURRENT COST	LOWER BOUND	COST/UNIT DECREASE	DECREASED ACTIVITY	HIGHEST COST
CEBADA	10.645	*****	4.509	11.302	-3.040
E*	-7.550	0.000	0.376	8.676	-7.926
PRECIO	208.907	*****	*****	208.907	*****
B*	-1.000	*****	*****	208.907	*****
PRO.D	1.091	*****	16.776	4.814	16.776
E*	0.000	0.300	9.034	1.009	-9.034
P.E	0.012	*****	21.959	0.142	21.959
E*	0.000	0.000	274.337	0.009	-274.337
FIB.BE	0.087	*****	2.182	0.427	2.182
E*	0.000	0.000	15.139	-0.272	-15.139
MAX.F1	15.110	17.500	0.949	15.890	0.949
B*	0.000	0.000	10.551	14.594	-10.551
GRASA	0.462	*****	36.195	0.521	36.195
E*	0.000	0.000	125.015	0.456	-125.015
VIT.A	1584.630	*****	0.003	1810.814	0.003
E*	0.000	0.000	0.008	1427.658	-0.008
CAROT	950.035	*****	0.005	1085.694	0.005
B*	0.000	0.000	0.014	855.872	-0.014
SOJA.H	2.858	*****	5.829	13.572	-6.670
B*	-12.500	0.000	2.737	2.587	-15.237
GUIS.S	29.354	*****	0.174	33.593	0.024
B*	-0.150	0.000	0.346	25.512	-0.496
NIV.1	11.999	*****	*****	11.999	*****
B*	0.000	0.000	8.320	10.369	-8.320
NIV.2	7.999	*****	*****	7.999	*****
B*	0.000	0.000	6.500	6.825	-6.500
NIV.3	4.000	*****	*****	4.000	*****
B*	0.000	0.000	3.120	3.227	-3.120
NIV.4	1.412	*****	4.105	1.999	4.105
B*	0.000	0.000	0.524	0.000	-0.524
P.4	1.412	2.000	4.105	4.452	4.105
B*	0.000	0.000	0.524	0.000	-0.524
LECHE/4	25.412	*****	5.047	26.000	18.047
B*	13.000	0.000	0.524	24.000	12.475
UREA	0.036	*****	2665.113	0.037	2654.533
B*	-10.580	0.000	362.022	0.034	-372.602
CAR.CA	0.335	*****	6.899	1.830	5.899
B*	-1.000	0.000	25.140	-2.114	-26.140
CLNA	0.095	*****	8.337	1.603	5.837
B*	-2.500	0.000	137.913	0.089	-140.413

