

MODELO DE SIMULACION DE PRODUCCION DE LECHE. II. MODIFICACIONES Y EXPERIMENTACION¹

Simulation model for milk production. II. Modifications and experimentation

Ernesto Jahn B.², Luis Sáez T.², Mario Silva G.³, Gilberto Gutiérrez R.² e Iván Franco P.²

SUMMARY

Eighty one options for milk production with Holstein cows were simulated. The model considers rotational grazing of a white clover (*Trifolium repens*) – ryegrass (*Lolium perenne*) pasture. Forage supplement (FOSUP) and concentrates (CONC) can be fed at three seasons, in the year. The amount and digestibility of the supplements can be varied. Calving is 60% in April and 40% in August. Factors such as potential milk production, quantity, digestibility and duration of delivery of FOSUP and CONC, and stocking rate were varied. Options were ordered in an incomplete factorial arrangement.

As cows' production potential increased, economic returns increased; also, differences between potential and observed production were enlarged. Prolonging the length of FOSUP delivery (120 to 240 days) caused up to 75% increase in returns/ha. Supplementing during 7 or 8 months did not change milk production and economic returns. Varying FOSUP (8 to 14 kg D.M./cow/day) increased milk production 29%, on the average. When FOSUP digestibility was increased from 55 to 70%, the highest response in milk production was 10.4%. Milk production increased as the amount and digestibility of CONC were augmented. Highest returns/ha and lowest cost/lit of milk were obtained at 0.2 kg CONC/kg milk. The effect of stocking rate was highest at low levels of FOSUP.

INTRODUCCION

La producción animal en general y la de leche en particular, comprenden sistemas en los cuales interactúan diversos factores, siendo posible destacar, entre otros, aquéllos propios del animal, de la pradera y los relacionados con las decisiones que realiza el empresario.

El enfoque de sistemas a través de la modelación, es una alternativa para realizar estudios que permitan simular los resultados de diversas situaciones que se pueden presentar en la realidad, al variar uno o varios de los factores antes mencionados.

El objetivo del presente trabajo fue analizar, desde el punto de vista biológico y económico, diferentes opciones de producción de leche con vacas holandesas, utilizando para ello el modelo elaborado por Silva, Mansilla y Jahn (1987). Con ello, se pretende determinar cuáles factores de producción tienen mayor efecto sobre la productividad y el resultado económico del rubro. Esto permite definir nuevas áreas de investigación y confirmar algunos resultados de otros ensayos, así como usar algunos datos para orientar la transferencia de tecnología. Por estas razones, los factores que se hicieron variar fueron los que se consideran prioritarios para definir los sistemas de producción lechera, en la región centro-sur del país.

MATERIALES Y METODOS

Modificaciones al modelo de simulación de producción de leche

El proceso de construcción de un modelo presenta una estructura cíclica, al poder volver de cualquier

¹ Recepción de originales: 1º de abril de 1987.

² Estación Experimental Quilmapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

³ Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago, Chile.

etapa a otra anterior, ya sea que hayan surgido dudas respecto al valor del modelo para el propósito que se está creando (Silva y Mansilla, 1980), o que se cuente con nueva información experimental sobre un tema dado.

El modelo en que se basa este trabajo no ha quedado libre de modificaciones, refiriéndose las más importantes a aspectos de consumo animal y la necesidad de realizar una evaluación económica de las situaciones simuladas.

Consumo animal

El consumo animal es afectado, entre otros aspectos, por la disponibilidad de forraje y la inclusión de concentrado en la ración. Para cuantificar el primer efecto, se empleó la función obtenida por Abreu (1975), la cual permite calcular un multiplicador del consumo (FDISP), en función de la disponibilidad de m.s./ha de la pradera (DISP).

$$FDISP = 1 - e^{(-0,00166 \times DISP)} \quad (\text{Ec. 1})$$

Respecto a la inclusión de concentrado, se ha observado que el consumo de pradera disminuye al aumentar el consumo de concentrado (Jahn, Klee y Aedo, 1986); esta tasa de sustitución (TS) varía en función de la digestibilidad de la pradera. Para el modelo, se decidió que dicha tasa tomara el mismo valor que la digestibilidad del forraje (DIGP) y que con una tasa de crecimiento diario de la pradera (TC) inferior a 15 kg m.s./ha, no habría sustitución de forraje por concentrado. Esta asociación es válida, ya que bajo situaciones reales de producción, valores de 15 kg m.s./ha o menores, están asociados a condiciones invernales, en las cuales normalmente hay una disponibilidad crítica en el tipo de pradera en que se utilizó el modelo en este trabajo:

$$TS = 0; \text{ si } TC < 15$$

$$TS = DIG; \text{ si } TC \geq 15$$

Evaluación económica

La evaluación económica de las diversas opciones simuladas con el modelo, se basó en un estudio hecho para el valle central de riego (Jahn, Vyhmeister y Franco, 1983), en el cual se analiza la lechería en forma independiente de los restantes rubros que normalmente se explotan en los predios. Esto supone que los insumos, alimentos y factores productivos se compran al resto del fundo o fuera de éste, a su costo de producción o valor normal de comercialización en la zona.

Con la intención de simplificar al máximo el cálculo de los factores económicos, se consideró que un grupo de elementos del costo permanece relativamente constante, para módulos con 100 vacas; sólo se varió lo concerniente a la alimentación y superficie del predio.

Los cálculos fueron hechos para módulos con una producción de 400.000 lt/año, y sólo en algunos casos se determinó costos para producciones de 300.000 y 450.000 lt/año. Debido a esto, los datos presentados deben ser utilizados solamente como patrón de comparación, dentro de los diferentes niveles de producción, y su extrapolación a otros niveles puede inducir a conclusiones erradas. Sin embargo, los posibles errores son pequeños, ya que los factores que más afectan el resultado económico, como son alimentación y superficie del predio, varían en cada opción.

El costo neto total de producción/lt de leche (CNTLL) está compuesto por los costos en alimentación, mano de obra, vaquillas de reemplazo, vacunas, medicamentos, inseminación artificial, equipo de ordeña y otros, construcciones, cercos, energía, gas, derechos de agua, limpia de canales, movilización, contribuciones por bienes raíces, interés del capital invertido en vacas, gastos generales, riesgos, imprevistos, asesoría técnica y renta de la tierra, los cuales quedan expresados en la siguiente ecuación: (Ec. 2)

$$\text{CNTLL} = [\text{CA} + 6.446.000 + (1.960 \times \text{ESPACI}) + 290.000 + (17.500 \times \text{ESPACI}) - 1.860.000] / \text{litros}$$

donde: CA: costos totales de alimentación;

ESPACI: área total de praderas y cultivos forrajeros utilizados (ha)

litros: producción total de leche

Los elementos del CNTLL fueron separados en sus componentes variables y fijos, obteniéndose el costo neto fijo de producción de un litro de leche (CNFLL) y el variable (CNVLL):

$$\text{CNFLL} = [\text{CAFI} + 1.012.000 + (17.500 \times \text{ESPACI})] / \text{litros} \quad (\text{Ec. 3})$$

$$\text{CNVLL} = [\text{CAVA} + 5.434.000 - (1.960 \times \text{ESPACI}) + 290.000 - 1.860.000] / \text{litros} \quad (\text{Ec. 4})$$

CAFI es el costo fijo del alimento, dentro del cual se considera los costos fijos de las praderas (pastoreo y heno) y del proceso de ensilar el excedente de la pradera de pastoreo. Los costos variables de alimentación (CAVA) representan los gastos o egresos en el cultivo de las praderas, la henificación, el ensilaje y la inclusión de concentrado y de suplemento proteico.

Los costos unitarios y los valores para determinar las ecuaciones 2, 3 y 4 se calcularon sobre la base del estudio de Jahn y otros (1983) y fueron actualizados a precios de julio de 1986, fecha en que US 1 = \$190 y UF = \$3.150. El costo del concentrado fue \$20 y del suplemento proteico (afrecho de raps) de \$18/kg m.s.

Para evaluar y comparar las diferentes opciones, se calcularon algunos indicadores económicos, tales como: márgenes brutos por litro y por hectárea, que son las diferencias entre los ingresos medios recibidos y los costos variables medios; las utilidades por litro y por hectárea, expresadas como la diferencia entre los ingresos medios y los costos medios totales; relación beneficio/costo, que es la relación entre los ingresos medios y los costos variables medios.

Opciones estudiadas

Se estudiaron diferentes opciones de producción para vacas que pastorean una pradera de trébol blanco (*Trifolium repens*) y ballica inglesa (*Lolium perenne*), considerando un 60% de los partos en otoño y un 40% en primavera. Los P.V. de las vacas al iniciar la modelación fluctuaron entre 424 y 585 kg, con edades entre 50 y 62 meses. Se incluyeron potenciales de producción desde 3.000 a 8.500 lt/vaca, tiempos de suplementación invernal por 120, 150, 210 y 240 días, a partir del 1º de abril, con 8 ó 14 kg m.s./vaca de forraje suplementario (FOSUP) máximo ofrecido, el cual podría tener una digestibilidad de 65 ó 70%. Las cantidades máximas de concentrado (CONC) fueron 1; 2; 5; 8 y 10 kg m.s./vaca/día, con una digestibilidad (DIG) de 85 ó 70%. Además, se trabajó con cargas animales sobre la pradera de pastoreo, de 1 a 4 animales/ha.

Como dato de entrada al modelo, se consideró un precio de leche igual a \$27/lt, entre abril y agosto, y a \$21, entre septiembre y marzo.

Los factores antes mencionados, se consideraron porque son algunas de las variables que influyen sobre la producción de leche, incluyendo situaciones extremas, para tener rangos más amplios de comparación y poder, a través de ellos, analizar la sensibilidad del modelo.

Se utilizó un diseño factorial incompleto, en el cual se fueron ordenando las diversas opciones, como lo indica la Figura 1. En este caso, el tiempo de suplementación, el FOSUP (Forraje, en la figura) y la cantidad de CONC, son las cantidades máximas permitidas, por lo cual no necesariamente fueron las utilizadas: el valor real fue el determinado por el modelo y fue función de la disponibilidad de la pradera y del nivel de producción.

Es necesario acotar que, dentro de cada procesamiento del modelo, el FOSUP fue entregado a todos los animales en igual cantidad y el CONC varió en función de la producción diaria de leche, para lo cual las vacas se dividieron en cuatro grupos, formados por las que producían menos de 10, entre 10 y 14, entre 14 y 18 y sobre 18 lt/día, entregando a cada grupo la cantidad de concentrado que se indica en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Cantidad de concentrado suministrado a cada vaca de acuerdo a la producción diaria de leche

TABLE 1. Concentrate (kg/day/cow) given, according to daily milk production of each cow

Niveles de producción	Cantidad de concentrado* (kg/día)			
>18 lt/día	2,0	5,0	8,0	10,0
14–18 lt/día	1,5	2,5	2,5	2,5
10–14 lt/día	1,0	1,0	1,0	1,0
<10 lt/día	0,0	0,0	0,0	0,0

*La cantidad de concentrado para niveles de producción sobre 18 lt, corresponde al valor que aparece en el diseño factorial, de la Figura 1.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados se presentan analizando en forma separada cada uno de los factores incluidos en este estudio, para finalmente hacerlo con algunas variables generadas por el modelo. Los principales son presentados para todas las opciones en el Cuadro 2. Normalmente, para comparar los resultados, se utilizó el valor porcentual de la diferencia, en relación a la variable mayor.

Se estudiaron diferentes opciones de producción, variando los factores antes mencionados, notándose en estas condiciones un gran efecto sobre la producción de leche, al realizar cambios en la cantidad de FOSUP entregada y/o consumida/vaca/día. El menor efecto se observó al modificar la DIG del FOSUP y la carga animal.

El ingreso medio, en general, varió poco entre las diferentes opciones, siendo el rango entre \$25,1 y \$21,9/lt (opciones 41 y 69, respectivamente). Al comparar opciones que difieren en un solo factor productivo, la variación del ingreso medio nunca fue mayor de \$1/lt. Esto indica que la relación de producción entre invierno y verano fue similar para la mayoría de las opciones.

Duración de la suplementación

En el Cuadro 3 se presentan algunos resultados obtenidos con el modelo, al variar el tiempo de suplementación. Se observó un aumento en las utilidades/litro y por hectárea, al elevar el nivel de producción de leche/vaca y por hectárea, como efecto de aumentar el período de suplementación de 150 a 210 días y el potencial de producción de 4.500 a 8.500 lt/vaca.

En vacas con un potencial de 4.500 lt/vaca, se obtuvo en promedio un 75,6% de aumento en las utilidades/ha, al elevar el nivel de suplementación de 150 a 210 días. En un período de suplementación de 210 días, el elevar el nivel potencial de producción de 4.500 a 8.500 lt/vaca, significó en promedio un 63,1% más de utilidades por hectárea. Debe destacarse que para un potencial de 4.500 lt/vaca la producción total fue equivalente al 93% de dicho potencial, y en el caso de 8.500 lt/vaca sólo se logró producir un 69% del potencial.

Para vacas con un potencial de 8.500 lt/vaca, suplementadas por 240 días con 14 kg de FOSUP y 8 de CONC, las utilidades por hectárea aumentaron en un 0,74% y disminuyeron un 1,2% por litro, respecto a hacerlo por 210 días (Cuadro 3). Todo esto parece indicar que la suplementación por 210 días estaría cerca del tiempo máximo que se debería suplementar, bajo estas condiciones.

La producción de leche por vaca aumentó en promedio un 15,6%, con un rango entre 11 y 22%, al suplementar por 210 en lugar de 150 días (Cuadro 2). Para este mismo caso, considerando un potencial de producción de 8.500 lt/vaca, con 14 kg de FOSUP y 5 de CONC, las utilidades por hectárea y por litro aumentaron en un 34,8 y 23,6%, respectivamente (Cuadro 2, opciones 50 y 51).

Cuando el cambio en la suplementación fue de 210 a 240 días, se produjo un aumento en la producción de leche del 2%. Este pequeño cambio, al parecer sería debido a que en el último mes el porcentaje de vacas en leche es bajo y, además, la tasa de crecimiento de la pradera soporta mayores niveles de producción de leche.

Cantidad de forraje suplementario

Con el fin de conocer qué sucede al variar la cantidad de FOSUP suministrado, se procesó el modelo en diferentes situaciones, considerando 8 y 14 kg de m.s. de FOSUP/vaca/día. Se observó que el mayor aporte de ensilaje provoca, en promedio, un aumento del 29% en la producción de leche, variando entre 26 y 32% (cuadros 2 y 4). También se presentó un efecto positivo sobre las utilidades obtenidas/litro de leche y

por hectárea, dado que el ingreso medio recibido/litro se mantiene constante y todos los costos presentan una disminución.

La producción de leche/vaca aumentó al incrementar la cantidad de FOSUP suministrado, lográndose un máximo con alrededor de 1.000 kg m.s. de FOSUP/vaca. Cantidades mayores de FOSUP hacen disminuir la producción/vaca (Figura 2).

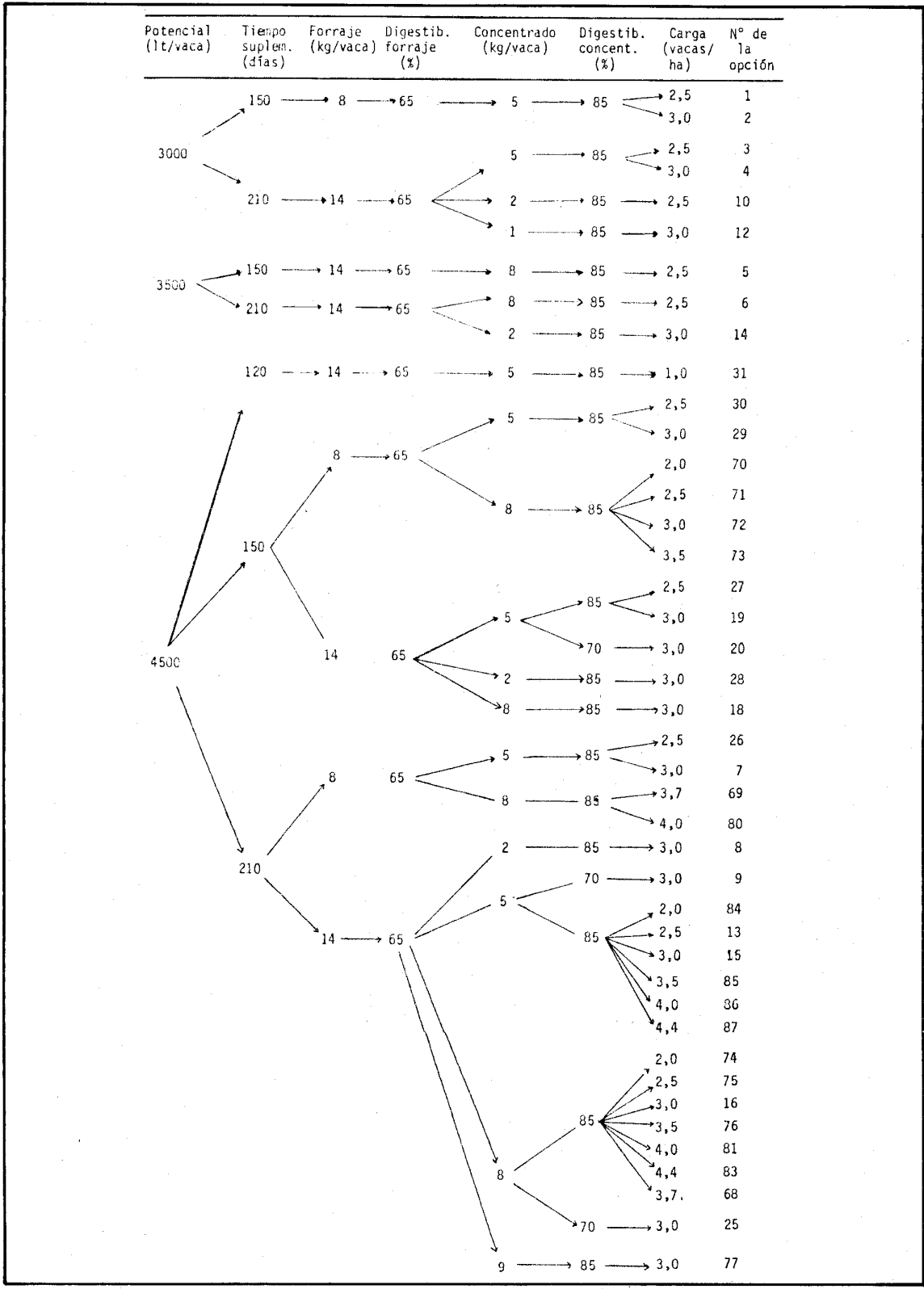
Digestibilidad del forraje suplementario

Para analizar este aspecto, se consideraron ensilajes con 55, 65 y 70% de digestibilidad, supuestamente producidos al mismo costo. La producción/vaca aumentó en 13%, al variar la digestibilidad del FOSUP entre 55 y 70%, para animales que consumían como máximo 5 kg de CONC (Cuadro 5). El mayor efecto se obtuvo cuando la ración contenía menor cantidad de CONC, ya que en esta situación el ensilaje tiene mayor participación en ella y, por lo tanto, afecta en mayor grado la digestibilidad promedio del material consumido por el animal. Al respecto, los costos totales aumentaron en 3,6%, al disminuir la digestibilidad del forraje de 70 a 65% y cuando se proporcionaron 5 kg de concentrado como máximo, y sólo en 0,9%, cuando se suministraron 8 kg de concentrado como máximo. El aumento de productividad al mantener el costo del forraje igual, produjo un incremento de utilidades de 30,9% (Cuadro 5).

Cantidad de concentrado

La producción de leche aumentó entre 3 y 11%, con un promedio de 6,7%, al incluir 8 kg de CONC, en vez de 5, como máximo en la ración. Este efecto fue más notorio al comparar 2 con 5 kg de CONC en la ración, situación en que el cambio promedio en la producción fue 12,7%, variando entre 9,8 y 18% (Cuadro 2). Los indicadores económicos presentaron una tendencia similar, notándose aumentos en las utilidades/litro y por hectárea, así como en la relación beneficio/costo, al aumentar el suministro de CONC; esto es así debido a la mayor producción de leche (Cuadro 6), a pesar que el ingreso medio se mantiene relativamente constante y que los costos en alimentación se elevan. El efecto del CONC, en animales con un potencial de 4.500 lt/vaca suplementados por 210 días con 14 kg de FOSUP/vaca, sobre las utilidades/ha y los costos totales, se puede observar en el Cuadro 6, observándose el máximo de utilidad con una relación de 0,2 kg de concentrado por litro de leche (Figura 3).

Al comparar los promedios anuales de producción de leche para módulos con animales que potencialmente pueden producir 6.500 lt/vaca, se observó un aumento en la producción de leche al incrementar el CONC total consumido/vaca (Figura 4).



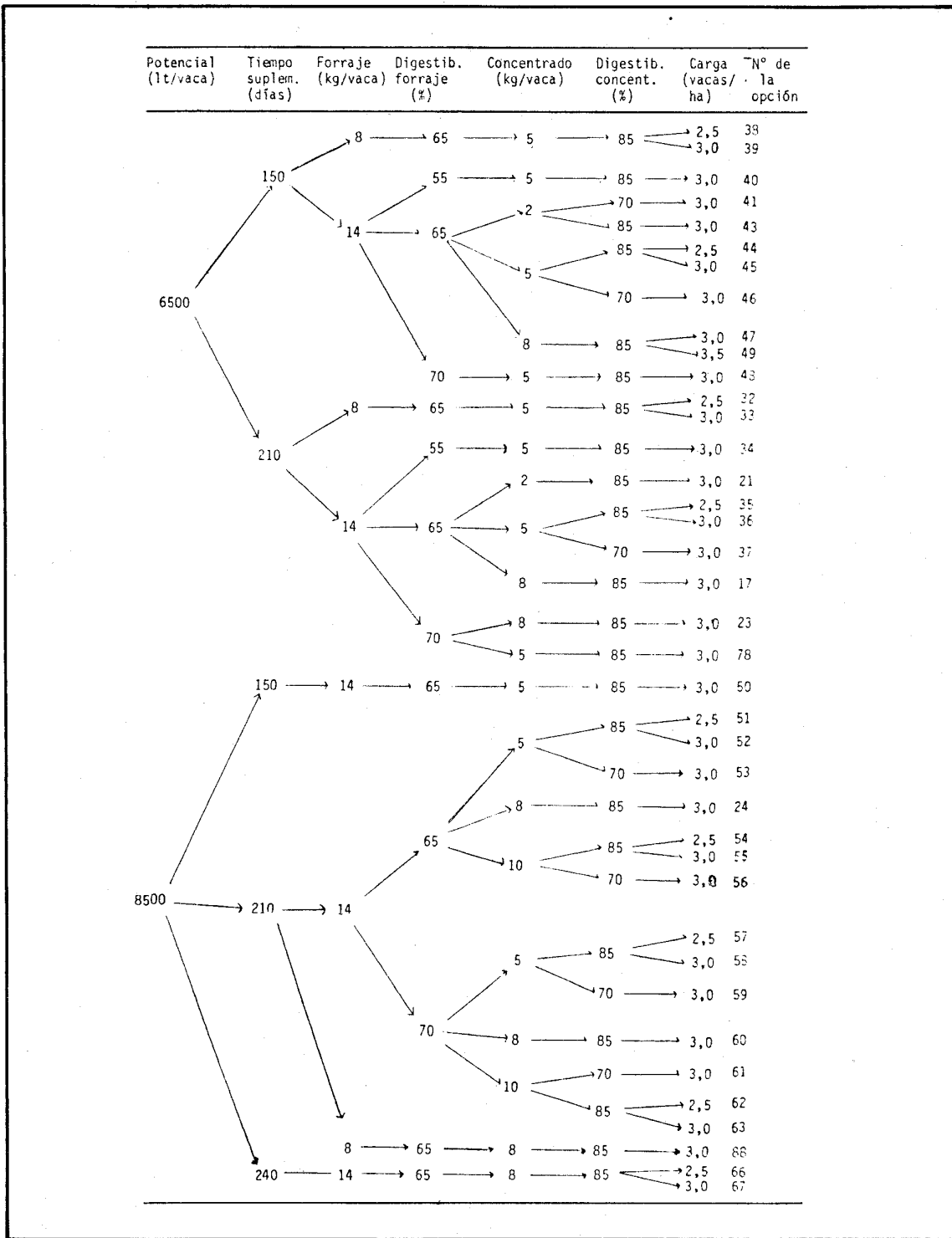


FIGURA 1. Factorial incompleto mediante el cual se ordenaron las diferentes opciones simuladas.

FIGURE 1. Simulated options, arranged in an incomplete factorial.

CUADRO 2. Principales resultados obtenidos en todas las situaciones simuladas con el modelo (el No de la opción de este cuadro es equivalente al de la Figura 1)

TABLE 2. Main results in all the simulated options with the model (the number of each option in this table is the same in Figure 1)

Opción No	Sup. 100 vacas ha	Pradera o/o	Carga vacas/ha	Consumo real (kg/vaca)		Producción leche		Pradera cosechada Kg/ha	Costo alim. \$/lt	Variables	Costos netos (\$/lt)		Utilidades		Benef./costo
				CONC	FOSUP	lt/vaca	lt/ha				Fijos	Totales	\$/lt	\$/ha	
1	40,8	98	2,45	101	752	1757	4306	1406	9,2	30,8	10,7	31,4	-	-72290	0,80
2	34,7	95	2,88	91	789	1628	4691	702	9,1	32,4	10,8	42,2	-	-86780	0,76
3	40,6	98	2,46	221	1008	2600	6404	1406	7,5	22,0	7,3	29,3	-5,13	-32830	1,10
4	36,3	91	2,76	221	1110	2610	7190	703	7,6	22,1	6,8	28,9	-4,78	-34390	1,09
5	40,6	98	2,46	436	888	2731	6726	1264	7,5	21,3	6,9	28,2	-3,72	-25000	1,15
6	40,6	98	2,46	436	959	3090	7610	1041	7,6	19,8	6,1	25,9	-1,82	-13900	1,22
7	36,8	90	2,72	306	869	2745	7459	469	7,5	21,4	6,5	27,8	-3,94	-29480	1,12
8	38,9	85	2,57	222	1326	4383	8954	475	6,4	17,4	5,2	22,6	-3,94	-29480	1,12
9	38,0	87	2,63	488	1156	3379	8892	470	7,6	18,9	5,3	24,2	0,11	1060	1,29
10	40,7	98	2,46	144	1070	2531	6219	1406	7,2	22,1	7,5	29,6	-5,42	-33740	1,09
12	36,8	90	2,72	107	1203	2510	6821	702	7,3	22,4	7,1	29,5	-5,32	-35330	1,08
13	40,9	97	2,44	521	1003	3923	9592	1142	6,5	16,1	4,9	20,9	-3,08	-29590	1,49
14	37,6	88	2,66	175	1226	2951	7849	591	6,8	19,7	6,1	25,8	-1,65	-12970	1,22
15	37,9	87	2,64	481	1132	3930	10369	469	6,6	16,3	4,6	20,8	-3,16	-32810	1,47
16	36,0	92	2,78	794	912	4185	11625	584	7,1	16,2	4,2	20,4	-3,49	-40660	1,48
17	37,4	89	2,68	1103	901	5317	14218	352	6,8	14,0	3,3	17,4	-6,62	-94300	1,71
18	36,8	90	2,71	569	847	3475	9443	349	7,3	18,4	5,1	23,4	1,04	9830	1,33
19	37,8	91	2,64	375	1019	3311	8759	357	7,0	18,6	5,4	24,0	0,62	5430	1,32
20	38,1	87	2,63	331	1056	2932	7696	355	7,7	20,8	6,1	26,9	-2,09	-16110	1,19
21	41,0	81	2,44	262	1437	3864	9423	238	6,5	16,4	4,8	21,1	-3,34	-31510	1,49
23	36,7	90	2,73	1118	888	5350	14578	474	6,8	13,9	3,3	17,2	-6,80	-99260	1,73
24	38,4	86	2,61	1280	975	5716	14885	233	7,1	13,8	3,1	17,0	-7,34	-109330	1,76
25	37,1	89	2,70	680	1003	3470	9354	479	8,2	19,2	5,1	24,3	-0,09	-910	1,26
26	41,1	97	2,43	328	818	2863	6967	1146	7,3	20,5	6,6	27,2	-3,13	-21840	1,17
27	40,9	97	2,45	375	931	3370	8241	1005	6,6	17,8	5,6	23,4	-1,07	-8900	1,38
28	38,9	85	2,57	160	1206	2985	7675	348	6,9	19,7	6,0	25,8	-0,99	-7630	1,26
29	36,2	92	2,76	186	762	2122	5861	470	8,2	26,1	8,3	34,5	-9,73	-57100	0,95
30	41,1	97	2,43	208	731	2296	5587	992	8,0	24,5	8,2	32,7	-7,91	-44220	1,01
31	100,0	100	1,00	310	215	2928	2928	7144	11,0	24,3	10,0	34,3	-9,56	-28000	1,02
32	41,4	96	2,42	396	842	3483	8414	839	6,5	17,3	5,5	22,8	-1,19	-10030	1,38
33	38,3	86	2,61	354	901	3265	8524	233	6,9	18,7	5,5	24,1	-0,37	-3230	1,27
34	39,9	83	2,51	621	1250	4368	10946	232	6,9	15,7	4,1	19,9	-4,39	-48040	1,54
35	43,2	92	2,32	677	1100	4707	10896	708	6,4	14,5	4,1	18,6	-5,65	-61690	1,67
36	39,7	83	2,52	678	1213	4739	11936	235	6,6	14,7	3,8	18,5	-5,73	-68570	1,65
37	39,9	83	2,51	614	1246	4053	10158	236	7,4	16,9	4,5	21,4	-3,10	-31530	1,45
38	41,4	96	2,41	276	730	2778	6709	720	7,1	20,8	6,8	27,6	-2,83	-18990	1,19
39	37,6	88	2,66	234	763	2457	6535	234	7,8	23,4	7,2	30,6	-5,96	-38980	1,05
40	39,9	83	2,51	478	1126	3638	9198	118	7,4	18,0	5,0	22,9	-1,98	-18110	1,39
41	40,8	81	2,45	202	1271	3146	7710	122	7,3	19,5	5,8	25,3	-0,16	-1260	1,29
43	40,8	81	2,45	207	1273	3285	8053	122	7,0	18,7	5,5	24,2	-0,86	-6930	1,34
44	42,8	93	2,34	503	1018	4050	9462	698	6,5	15,9	4,7	20,6	-4,16	-39400	1,56
45	39,7	83	2,52	503	1110	3971	10002	116	6,9	16,7	4,5	21,1	-3,73	-37330	1,50
46	39,9	83	2,51	473	1125	3523	8830	116	7,6	18,5	5,1	23,7	-1,34	-11840	1,35
47	38,4	86	2,61	793	855	4403	11466	118	7,0	15,7	4,0	19,8	-4,86	-58630	1,56
48	39,7	83	2,52	511	1105	4135	10416	115	6,6	15,9	4,3	20,3	-4,49	-46820	1,55

Continuación Cuadro 2. Principales resultados obtenidos en todas las situaciones simuladas con el modelo (el No de la opción

Opción No	Sup. 100 vacas ha	Pradera o/o	Carga vacas/ha	Consumo real (kg/vaca)		Producción leche		Pradera cosechada Kg/ha	Costo alm. \$/lt	Costos netos (\$/lt)		Utilidades		Benef./costo
				CONC	FOSUP	lt/vaca	lt/ha			Figos	Totales	\$/lt	\$/ha	
49	34,7	82	2,88	793	920	4297	12382	0	7,1	16,1	3,9	20,0	4,68	1,54
50	41,0	81	2,44	592	1215	4360	10634	0	6,9	15,8	4,2	19,9	5,14	1,59
51	44,7	89	2,24	758	1231	5119	11453	561	6,5	14,0	3,8	17,7	6,74	1,75
52	41,1	81	2,44	757	1351	5119	12455	115	6,7	14,2	3,6	17,7	6,73	1,73
53	41,2	80	2,43	704	1380	4533	11002	117	7,3	15,8	4,0	19,9	4,77	1,56
54	41,0	97	2,44	1161	632	6058	14776	838	7,5	13,8	2,9	16,9	7,31	1,75
55	36,3	91	2,75	1665	724	6090	16778	362	7,5	13,8	2,9	16,7	7,52	1,76
56	37,5	88	2,66	1420	826	4766	12710	235	8,9	16,9	3,7	20,6	3,96	1,45
57	44,6	89	2,25	786	1216	5300	11884	567	6,4	13,6	3,6	17,2	7,25	1,80
58	41,0	81	2,44	789	1333	5341	13026	117	6,5	13,7	3,4	17,1	7,35	1,79
59	41,1	80	2,43	730	1364	4711	11462	116	7,1	15,3	3,9	19,2	5,44	1,61
60	38,3	86	2,61	1313	964	5854	15285	234	7,1	13,6	3,0	16,7	7,63	1,78
61	38,1	87	2,63	1439	813	4810	12624	124	8,9	16,9	3,7	20,6	4,01	1,45
62	41,0	97	2,44	1676	630	6094	14863	717	7,5	13,8	3,1	16,8	7,36	1,76
63	36,3	91	2,76	1690	719	6175	17011	359	7,5	13,7	2,8	16,5	7,67	1,77
66	41,9	95	2,38	1380	885	5810	13866	718	7,2	13,8	3,3	17,0	7,21	1,76
67	38,5	86	2,60	1383	989	5835	15156	233	7,3	13,9	3,1	17,0	7,25	1,74
68	33,1	80	3,02	523	1258	3981	12027	283	6,7	16,3	4,2	20,6	1,50	1,35
69	31,1	85	3,22	542	846	4132	13287	281	5,8	15,0	4,0	19,1	2,88	1,46
70	50,5	99	1,98	557	560	3464	6858	1952	7,6	18,6	5,9	24,5	-0,08	1,31
71	40,8	97	2,45	548	621	3320	8137	989	7,3	18,7	5,6	24,3	0,16	1,31
72	35,9	92	2,79	547	671	3175	8843	356	7,5	19,5	5,5	25,0	-0,42	1,26
73	33,3	85	3,00	540	698	3010	9040	0	7,9	20,1	5,5	26,3	-1,52	1,19
74	50,5	99	1,98	790	691	4155	8277	2134	7,6	16,7	4,9	21,7	2,24	1,43
75	40,7	98	2,46	793	816	4179	10268	1138	7,1	16,2	4,5	20,7	3,22	1,48
76	33,7	84	2,97	794	991	4195	12448	207	7,2	16,4	4,0	20,4	3,47	1,46
77	35,4	94	2,82	923	859	4216	11910	588	7,5	16,5	4,2	20,7	3,21	1,45
78	39,6	84	2,53	704	1197	4934	12458	234	6,4	14,2	3,7	17,8	6,35	1,71
80	30,2	82	3,31	741	837	3673	12162	85	7,5	18,0	4,4	22,4	1,61	1,33
81	31,2	80	3,21	798	1054	4207	13483	84	7,2	16,4	3,9	20,3	3,60	1,46
83	22,7	100	4,41	797	1103	4095	18040	0	6,9	16,3	3,6	19,9	4,02	1,47
84	50,6	98	1,98	517	874	3883	7674	1950	7,0	16,7	5,3	22,1	1,95	1,44
85	34,9	81	2,87	523	1184	3959	11343	198	6,8	16,5	4,3	20,8	3,21	1,46
86	32,9	75	3,04	523	1257	3958	12030	0	6,8	16,6	4,2	20,8	3,21	1,45
87	22,5	100	4,44	524	1312	3863	17169	0	6,3	16,2	3,8	20,0	4,05	1,49
88	38,2	87	2,62	1095	778	6096	15958	116	5,9	12,2	2,9	15,2	9,26	1,99

CUADRO 3. Resultados del modelo al variar el potencial de producción/vaca y el tiempo de suplementación, manteniendo fijos: 8 kg concentrado (85% digest.), 14 kg forraje suplementario (65% digest.) y 3 vacas/ha

TABLE 3. Model's results, when varying potential production/cow and length of supplementation, and fixing concentrate (8 kg, 85% digestibility) supplemental forage (14 kg, 65% digestibility) and 3 cows/ha.

Opción Nº	Potencial lt/vaca	Tiempo suplem. días	Consumo real (kg/vaca)		Carga del sistema vacas/ha	Produc. leche		Costo alim. \$/lt	Costos netos (\$/lt)		Utilidades		Benef./ costo
			FOSUP	CONC		lt/vaca	lt/ha		Variables	Totales	\$/lt	\$/ha	
18	4500	150	570	847	2,71	3475	9430	7,34	18,37	23,43	1,04	9930	1,33
16	4500	210	794	913	2,78	4185	11638	7,07	16,17	20,39	3,49	40660	1,48
24	8500	210	1281	976	2,61	5715	14889	7,13	13,84	16,76	7,34	109330	1,76
67	8500	240	1384	990	2,60	5835	15172	7,34	13,92	16,98	7,25	110140	1,74

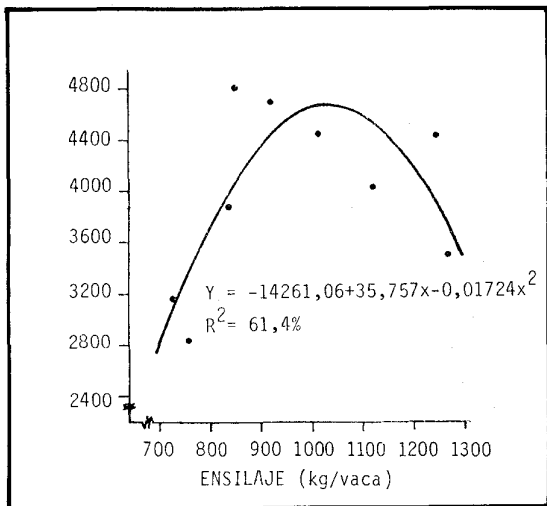


FIGURA 2. Efecto de la cantidad de forraje suplementario (FOSUP) sobre la producción de leche.
FIGURE 2. Effect of the amount of the supplementary forage (FOSUP) on milk production.

Digestibilidad del concentrado

Al aumentar la digestibilidad del concentrado, se observó aumentos entre 4,3 a 27,7% en la producción de leche y una disminución promedio en los costos de alimentación del 10,9% (cuadros 2 y 7). Las diferencias más notorias se advirtieron cuando la dieta contenía más concentrado/vaca, ya que el efecto sobre la digestibilidad total de la dieta fue mayor.

Para evaluar las variables económicas, debe considerarse que los precios de los CONC utilizados fueron similares para las diferentes digestibilidades, lo cual no siempre es así.

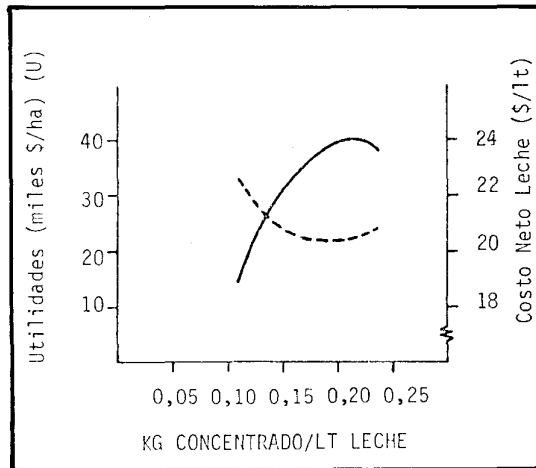


FIGURA 3. Utilidades/hectárea (—) y costo neto total/lt de leche (---), según concentrado consumido/lt de leche.
FIGURE 3. Profit/ha (—) and total net cost/lt of milk (---), according to concentrate consumption/lt of milk.

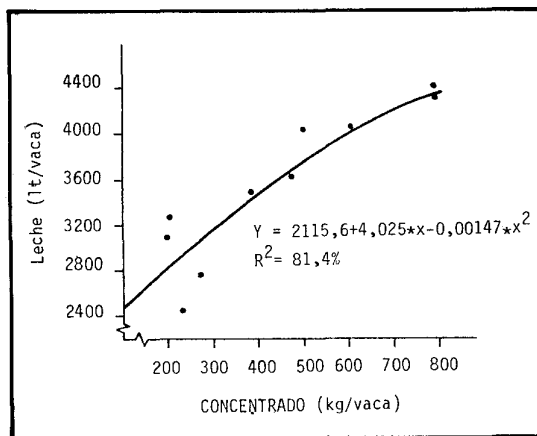


FIGURA 4. Efecto de la cantidad de concentrado consumido sobre la producción de leche (lt/vaca).
FIGURE 4. Effect of the amount of concentrate consumed (D.M./cow) on milk production (lt/cow).

CUADRO 4. Resultados del modelo al variar el potencial de producción/vaca, el tiempo de suplementación y cantidad de forraje suplementario/vaca (650/o digestibilidad), manteniendo fijos 5 kg concentrado/vaca (850/o digestibilidad) y 2.5 vacas/ha

TABLE 4. Model's results, when varying potential production/cow, length of supplementation, and amount of supplemental forage/cow (650/o digestibility), and fixing 5 kg concentrate/cow (850/o digestibility), and 2.5 cows/ha

Opción No	Potencial It/vaca	Tiempo suplem. días	FOSUP kg/vaca	Consumo real (kg/vaca)		Carga del sistema vacas/ha	Produc. leche		Costo alim. \$/lt	Costos netos \$/lt		Utilidades		Benef. costo
				CONC	FOSUP		It/vaca	lt/ha		Variables	Totales	\$/lt	\$/ha	
26	4500	210	8	329	819	2.43	2863	6964	7.32	20.53	27.15	-3.1	-21840	1.17
42	4500	210	14	521	1003	2.45	3923	9595	6.47	16.08	20.93	3.08	29590	1.49
38	6500	150	8	276	731	2.41	2777	6703	7.12	20.75	27.57	-2.8	-18990	1.19
44	6500	150	14	503	1019	2.34	4049	9469	6.49	15.86	20.58	4.16	39400	1.56
32	6500	210	8	396	843	2.42	3483	8416	6.48	17.32	22.79	1.19	10030	1.38
35	6500	210	14	678	1100	2.32	4707	10908	6.42	14.49	18.57	5.65	6169	1.67
30	4500	150	8	209	731	2.43	2296	5584	7.95	24.46	32.67	-7.9	-4422	1.01
27	4500	150	14	375	931	2.45	3370	8243	6.60	17.81	23.42	1.07	890	1.38

CUADRO 5. Resultados del modelo al variar la digestibilidad del forraje suplementario y cantidad máxima de concentrado/vaca. Potencial 6.500 lt/lactancia, suplementación 210 días y 3 vacas/ha

TABLE 5. Model's results, when varying supplemental forage digestibility and concentrate/cow. Potential 6.500 lt/cow, 210 days supplementation, and 3 cows/ha

Opción No	Consumo real kg/vaca		FOSUP máximo kg/vaca	Digestib. forraje o/o	Concent. máximo kg/vaca	Digestib. concentr. o/o	Carga del sistema vacas/ha	Produc. leche		Costo alim. \$/lt	Costos netos \$/lt		Utilidades		Benef. costo
	CONC	FOSUP						It/vaca	lt/ha		Variables	Totales	\$/lt	\$/ha	
34	621	1250	14	55	5	85	2.51	4367	10941	6.69	15.72	19.87	4.39	48040	1.54
36	679	1213	14	65	5	85	2.52	4739	11951	6.34	14.65	18.47	5.73	68570	1.65
78	704	1197	14	70	5	85	2.53	4933	12458	6.16	14.15	17.81	6.35	79180	1.71
17	1103	901	14	65	8	85	2.68	5317	14233	6.84	14.03	17.37	6.62	94300	1.71
23	1119	889	14	70	8	85	2.73	5350	14598	6.76	13.89	17.21	6.80	99260	1.73

CUADRO 6. Resultados del modelo al variar el potencial de producción, el tiempo de suplementación y la cantidad máxima de concentrado/vaca.
3 vacas/ha, 14 kg de forraje suplementario (650/o digestibilidad)

TABLE 6. Model's results, varying production potential/cow, length of supplementation and amount of concentrate/cow. 3 cows/ha, 14 kg supplemental forage/cow maximum (650/o digestibility)

Opción No	Potencial lt/vaca	Tiempo suplem. días	Consumo real		CONC kg/vaca	Digestib. concentr. o/o	Carga del sistema vacas/ha	Produc. leche		Costo alim. \$/lt	Costos netos \$/lt		Utilidades		Benef./ costo
			kg/vaca	FOSUP				lt/vaca	Lt/ha		Variables	Totales	\$/lt	\$/ha	
8	4500	210	222	1327	2	85	2,57	3483	8956	6,40	17,37	22,57	1,65	14830	1,39
15	4500	210	482	1133	5	85	2,64	3929	10375	6,56	17,28	20,84	3,16	32810	1,47
16	4500	210	794	913	8	85	2,78	4185	11638	7,07	16,17	20,39	3,49	40660	1,48
43	6500	150	208	1274	2	85	2,45	3285	8059	6,98	18,69	24,23	0,86	6930	1,34
45	6500	150	504	1110	5	85	2,52	3970	9992	6,86	16,56	21,09	3,73	37330	1,50
47	6500	150	793	855	8	85	2,61	4403	11481	6,99	15,73	19,76	4,86	55830	1,56

CUADRO 7. Resultados del modelo al variar el potencial de producción, el tiempo de suplementación, la cantidad y digestibilidad del concentrado.
Consumo máximo de 14 kg de forraje suplementario (650/o de digestibilidad) y carga 3 vacas/ha

TABLE 7. Model's results, when varying potential production/cow, length of supplementation, and amount and digestibility of the concentrate. Maximum 14 kg/cow of supplemental forage (650/o digestibility) and 3 cows/ha

Opción No	Potencial lt/vaca	Tiempo suplem. días	Consumo real		Concent. máximo kg/vaca	Digestib. concentr. o/o	Carga del sistema vacas/ha	Produc. leche		Costo alim. \$/lt	Costos Netos \$/lt		Utilidades		Benef./ costo
			kg/vaca	FOSUP				lt/vaca	lt/ha		Variables	Totales	\$/lt	\$/ha	
41	6500	150	203	1272	2	70	2,45	3145	7712	7,26	19,5	25,28	-0,16	-1260	1,29
43	6500	150	208	1274	2	85	2,45	3285	8059	6,98	18,7	24,23	0,86	6930	1,34
37	6500	210	614	1247	5	70	2,51	4053	10163	7,42	16,9	21,37	3,1	31530	1,45
36	6500	210	679	1213	5	85	2,52	4738	11951	6,55	14,7	18,47	5,7	68570	1,65
56	8500	210	1420	827	10	70	2,66	4766	12799	8,85	16,91	20,62	3,96	5036	1,45
55	8500	210	1665	724	10	85	2,75	6090	16774	7,50	13,78	16,67	7,52	12621	1,76

Carga Animal

Los cambios en la carga animal provocaron un efecto positivo o negativo, dependiendo de los valores asignados a los otros factores de producción, especialmente respecto a FOSUP (kg/día) o duración de esta suplementación. Es así como, al variar la carga animal de 2 a 3,5 vacas/ha, se mantuvo la producción/vaca, cuando la suplementación se hizo con 14 kg como máximo por 210 días, pero ocurrió lo contrario, al suplementar con 8 kg por 150 días (Figura 5 y Cuadro 8). El bajo efecto sobre la producción/vaca, observado en el primer caso, se debe a que la suplementación encubre la falta de m.s. de la pradera.

La producción/ha, en cambio, aumentó en un 54%, al cambiar la carga animal de 2,0 a 4,4 vacas/ha; las utilidades por litro se elevaron en 44%; las por hectárea lo hicieron en un 74%; y la relación beneficio/costo sólo aumentó un 2,7% (Cuadro 8). En general, los incrementos en la carga animal provocaron una disminución de los costos fijos y de la relación beneficio/costo, aumentando los costos variables (Cuadro 8).

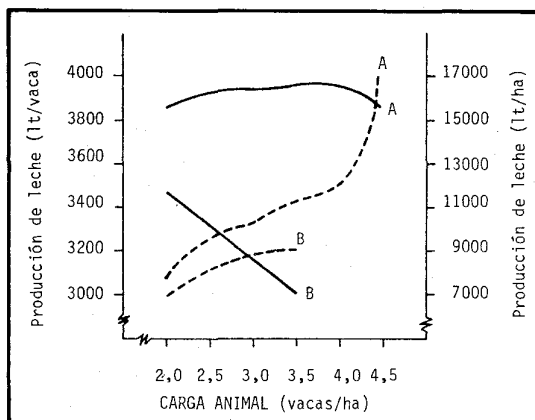


FIGURA 5. Carga animal vs. producción leche/ha (-----) y por vaca (-----). Potencial 4500 lt/lactancia. Suplementos: 210 días, 14 kg ensilaje/vaca + concentrado (A); 150 días, 8 kg/vaca ensilaje + concentrado (B).

FIGURE 5. Stocking rate vs. milk production/ha (-----) and per cow (-----). Potential 4,500 lt/lactation. Supplementation: 210 days, 14 kg silage/cow + concentrate (A); 150 days, 8 kg silage/cow + concentrate (B).

CUADRO 8. Resultados del modelo al variar el tiempo de suplementación, la cantidad máxima de forraje suplementario y la carga animal. Potencial 4.500 lt/lactancia, forraje 65% digestibilidad y máximo 8 kg de concentrado (85% digestibilidad)

TABLE 8. Model's results, when varying length of supplementation, amount of supplemental forage/cow and stocking rate. Potential 4,500 lt/cow, supplemental forage 65% digestibility, and maximum 8 kg/cow concentrate (85% digestibility)

Opción N°	Tiempo suplem. días	FOSUP máximo kg/vaca	Carga del sistema vacas/ha	Carga vacas/ha	Produc. leche		Costo alim. \$/lt	Costos netos \$/lt			Utilidades		Benef./costo
					lt/vaca	lt/ha		Variables	Fijos	Totales	\$/lt	\$/ha	
74	210	14	1,98	2,0	4155	8227	7,56	16,73	4,93	21,66	2,24	18490	1,43
75	210	14	2,46	2,5	4179	10268	7,10	16,17	4,49	20,66	3,22	33120	1,48
16	210	14	2,78	3,0	4185	11625	7,07	16,17	4,22	20,39	3,49	40660	1,48
76	210	14	2,97	3,5	4195	12448	7,22	16,38	4,02	20,40	3,47	43310	1,46
81	210	14	3,21	4,0	4206	13483	7,23	16,39	3,88	20,27	3,60	48590	1,46
83	210	14	4,41	4,4	4095	18040	6,94	16,34	3,59	19,93	4,02	72600	1,47
70	150	8	1,98	2,0	3464	6858	7,59	18,63	5,88	24,50	-0,08	-590	1,31
71	150	8	2,45	2,5	3320	8137	7,26	18,72	5,61	24,34	0,16	1360	1,31
72	150	8	2,79	3,0	3175	8843	7,47	19,53	5,50	25,04	-0,42	-3790	1,26
73	150	8	3,00	3,5	3010	9040	7,91	20,73	5,53	26,26	-1,52	-13780	1,19

Suplemento proteico

Aunque en el modelo no se consideró un efecto de la proteína sobre la producción, cuando fue necesario se realizó un ajuste de la ración, suministrando un suplemento proteico, lo cual se considera en el cálculo económico.

Al analizar diferentes opciones de producción con animales que poseen un potencial productivo de 6.500 lt/vaca, se observó que mientras mayor era la

cantidad de ensilaje utilizado/vaca, se necesitaba incluir más suplemento proteico en la ración. Esta relación fue lineal, siendo de 0,15 kg de afrecho de raps/kg de m.s. de FOSUP.

Producción de leche, variación del peso vivo y consumo animal

Con los valores mensuales de producción promedio/vaca, se construyó una curva de lactancia, que presentó la mayor producción entre mayo y junio, coinci-

diendo con la menor disponibilidad de m.s. en la pradera. Esto determinó que al agrupar el 60% de los partos en otoño y el 40% en primavera, la mayor cantidad de concentrado y ensilaje se incorpora a la ración entre estos meses. Desde la mitad de agosto, el consumo de pradera fue más importante, siguiendo una relación directa con la disponibilidad de m.s. (figuras 6 y 7).

Tomando al azar una de las vacas, se simuló la producción de leche al variar el potencial de producción, observándose que mientras menor era el potencial, la lactancia tenía mayor persistencia y una producción total inferior. Cuando el potencial fue 8.500 lt/vaca, se llegó al final del año con un P.V., incluyendo tejidos fetales y anexos, de 722 kg y cuando el potencial fue 4.500 lt/vaca, el P.V. final alcanzó 642 kg, partiendo en ambos casos con 517 kg. Considerando que luego del parto, los animales pueden bajar cerca de 80 kg, se obtiene un cambio total en el año, aproximadamente, de 125 y 45 kg, respectivamente.

Producción de leche y época de parición

El grado de las diferencias observadas en la producción de leche en vacas con diferentes épocas de parto, varió en función del nivel de suplementación que reciben. En vacas con un nivel bajo de suplementación (promedio del rebaño 306 y 870 kg de CONC y

FOSUP/vaca, respectivamente), la diferencia en producción fue aproximadamente un 64,5%, favorable para los partos en agosto (Figura 8) y con un nivel mayor (promedio del rebaño 794 y 913 kg de CONC y FOSUP/vaca, respectivamente), esta diferencia fue sólo de 8,3% (Figura 9).

Cosecha de forraje

Debido a la producción estacional de la pradera, es posible que en algunos períodos del año se produzcan excedentes de forraje, los cuales deben ser cosechados. Esta cosecha se hizo en cada potrero, cuando había una disponibilidad superior a los 3.000 kg y se dejó con 900 kg de m.s./ha.

La cantidad cosechada fue aproximadamente 2.100 kg/ha y se realizó, según la opción, entre la segunda quincena de octubre y enero, lo que coincide con la alta disponibilidad de forraje en la pradera de trébol blanco y ballica inglesa.

La carga animal mostró una estrecha relación con el excedente total de pradera, llegando para una carga de 2,4 vacas/ha, a 1.882 kg/ha, con un rango de 1.747 a 2.099 kg. Cuando la carga fue de 3 vacas/ha, la cosecha alcanzó un valor de 476 kg/ha, variando entre 354 y 709. En uno de los casos, se consideró una carga animal de 3,5 vacas/ha, oportunidad en que no hubo excedente en ningún potrero (opción 49; Cuadro 2).

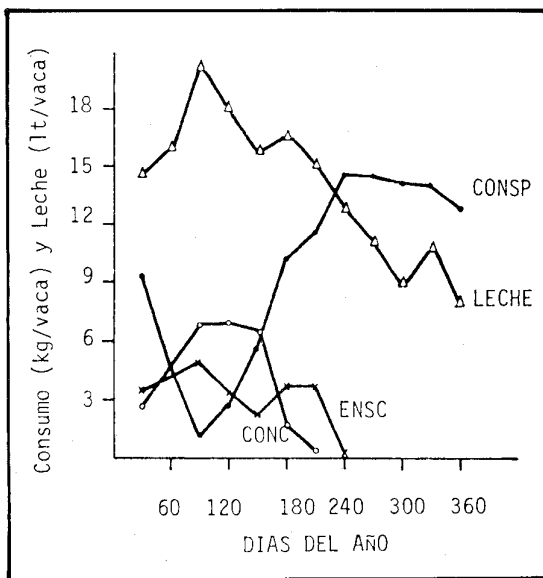


FIGURA 6. Producción leche/día/vaca (LECHE) y consumo pradera (CONSP), concentrado (CONC) y ensilaje (ENSC), durante el año.

FIGURE 6. Milk production/day/cow (LECHE) and consumption of pasture (CONSP), concentrate (CONC) and silage (ENSC), during the year.

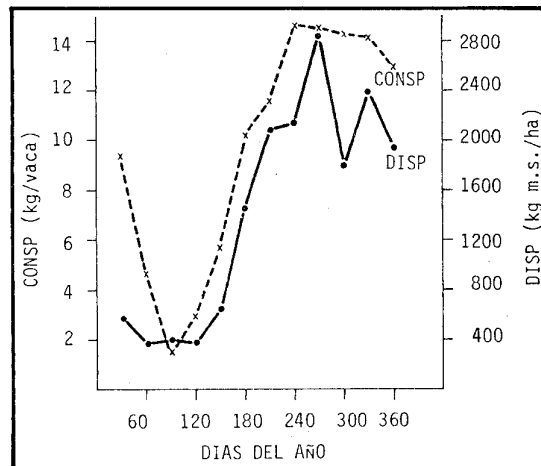


FIGURA 7. Consumo de pradera (CONSP) y disponibilidad de m.s./ha (DISP), a través del año.

FIGURE 7. Pasture consumption (CONSP) and D.M. availability/ha (DISP), through the year.

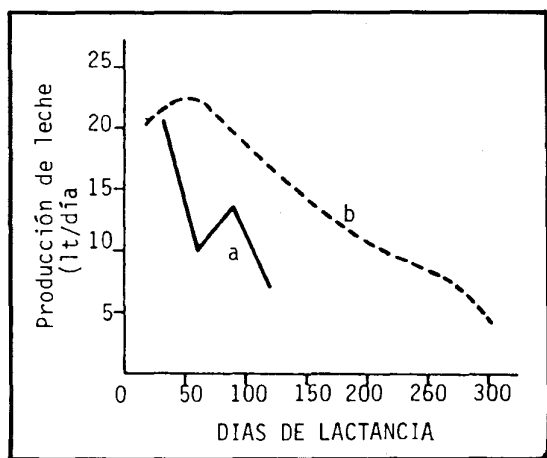


FIGURA 8. Producción leche. Potencial: 4500 lt/vaca. Suplemento: 210 días, a/c 1º abril, máximo 8 kg forraje + 5 kg concentrado: a) parto abril, vaca 1, opción 7; b) parto agosto, vaca 7, opción 7.

FIGURE 8. Milk production. Potential: 4,500 lt/cow. Supplementation: 210 days, from April 1, maximum 8 kg forage + 5 kg concentrate: a) April parturition, cow 1, option 7; b) August parturition, cow 7, option 7.

CONCLUSIONES

El modelo en su forma actual predice bastante bien la respuesta animal (aumento de P.V., conversión de alimentos, producción de leche, consumo, etc) frente a cambios en los diferentes factores de producción.

Después de analizar detalladamente el comportamiento de animales individuales sometidos a diferentes niveles de alimentación, se tiene mucha confianza que los resultados obtenidos son correctos. Este análisis del funcionamiento interno del modelo es fundamen-

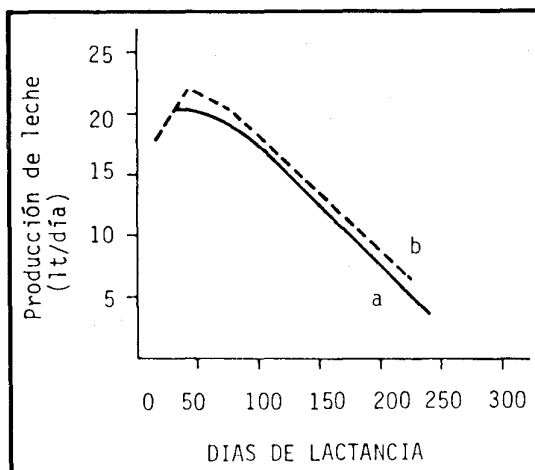


FIGURA 9. Producción leche. Potencial: 4500 lt/vaca, suplemento: 210 días, a/c 1º abril, máximo 14 kg forraje + 5 kg concentrado: a) parto abril, vaca 1, opción 15; b) parto agosto, vaca 7, opción 15.

FIGURE 9. Milk production. Potential 4,500 lt/cow. Supplementation: 210 days, from April 1, maximum 14 kg forage + 5 kg concentrate: a) April parturition, cow 1, option 15; b) August parturition, cow 7, option 15.

tal, antes de poder confiar en los resultados. El no realizarlo puede conducir a serias equivocaciones, por las compensaciones de errores que se producen en un modelo de esta envergadura.

La metodología utilizada en este trabajo se considera de gran valor para determinar posibles prioridades de investigación y también puede ser muy útil para algunas aplicaciones en transferencia tecnológica. También se puede utilizar para determinar efectos de cambios en las relaciones de precios sobre los resultados económicos de la empresa.

RESUMEN

Se simularon 81 opciones de producción con vacas holandesas. El modelo considera pastoreo en forma rotativa, en una pradera de trébol blanco (*Trifolium repens*) y ballica inglesa (*Lolium perenne*). El forraje suplementario (FOSUP) y el concentrado (CONC) se pueden proporcionar en tres épocas diferentes del año, en cantidad y calidad variables. La parición se distribuye en un 60% en abril y un 40% en agosto.

Se variaron uno o varios factores, tales como potencial productivo de las vacas, duración, cantidad y digestibilidad del FOSUP y del CONC y carga animal. Las opciones se ordenaron en un arreglo factorial incompleto.

Al aumentar el potencial productivo de las vacas, mejoraron los indicadores económicos; también, las di-

ferencias entre el potencial y el nivel de producción obtenido aumentaron. La prolongación de la duración de la entrega de FOSUP (120 a 240 días) provocó, en algunos casos un 75% de aumento en las utilidades/ha; suplementar por 7 u 8 meses, no tuvo efecto en la producción ni en las utilidades. El variar el FOSUP entre 8 y 14 kg de m.s., produjo un aumento promedio del 29% en la producción de leche. El ma-

yor efecto, al mejorar la digestibilidad del FOSUP entre 55 y 70%, fue de 10,4%. La cantidad y calidad del CONC suministrado incrementó la producción, calculándose la mayor utilidad/ha y el menor costo/lit con 0,2 kg de CONC/lit de leche. El efecto de la carga animal fue más notorio en niveles bajos de suplementación.

LITERATURA CITADA

ABREU P., M. 1975. Simulación de crecimiento y performance reproductivo en vaquillonas de primer y segundo entore. En: Sistema de Producción Pecuaria, Principios y Aplicación en Investigación y Extensión. (Ed.) Caballero D., H. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas-OEA.

JAHN B., ERNESTO, VYHMEISTER B., HUGO y FRANCO P., IVAN. 1983. Sistemas de producción de leche para el valle central de riego. Análisis técnico-económico. Estación Experimental Quilamapu (INIA). 23 p.

JAHN B., ERNESTO, KLEE G., GERMAN y AEDO M., NORA. 1986. Suplementación proteica y energética para vacas lecheras a pastoreo. Agricultura Técnica 46 (3): 335-340.

SILVA G., MARIO y MANSILLA M., ALBERTO. 1980. Enfoque de sistemas de la investigación ganadera. Santiago, Universidad de Chile, Fac. de Agronomía-INIA-IICA.

SILVA G., MARIO, MANSILLA M., ALBERTO y JAHN B., ERNESTO. 1987. Modelo de simulación de producción de leche. I. Estructura y calibración. Agricultura Técnica (Chile) 47 (4): 390-399.