

# MODELO DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN CON VACAS LECHERAS. MODIFICACIONES Y NIVEL DE ALFALFA<sup>1</sup>

Simulation model with dairy cows. Changes and level of alfalfa.

Gilberto Gutiérrez R.<sup>2</sup>, Ernesto Jahn B.<sup>3</sup>, Roberto Velasco H.<sup>3</sup> y Mario Silva G.<sup>4</sup>

## ABSTRACT

A milk production simulation model was modified in relation to potential intake equation, substitution rate, second grazing pasture addition, different protein levels in the ration, economic indexes determination and ability of the model to analyze the systems under varying price conditions. These changes allowed the adequate prediction of different production systems with variations in the levels of forage, concentrate, calving dates and potential milk production. Different production systems were evaluated with this improved model; net income per cow, per hectare and margin per liter of milk produced increased as the level of alfalfa in the ration increased. The largest effect upon net income was achieved as the potential milk production increased from 5,000 to 6,500 liters/lactation. When the alfalfa ration was increased from 4 kg to 15 kg the profits increased from 11.1 to 17.6 \$/liter for cows with potential productions of 5,000 liters and from 23.8 to 30.9 \$/liter for cows with potential productions of 6,000 liters/lactation, respectively.

Net income for cows receiving 12 kg of alfalfa was 328 and 617 thousand Chilean \$/ha for production potentials of 5,000 and 6,000 liters/lactation, respectively, whereas net income increased from 220 to 329 thousand Chilean \$/ha when the levels of alfalfa varied between 4 and 15 kg, respectively, for cows producing 5,000 liters.

**Key words:** Simulation model, production systems, milk production, milk production costs.

## INTRODUCCIÓN

Un sistema de producción de leche comprende la interacción compleja de muchos componentes. El estudio tradicional de las interacciones con el uso de animales limita a un número reducido

las alternativas que se pueden analizar, concentrándose en observar sólo algunas variables. Esta limitante se puede superar apoyándose en modelos matemáticos, los que ejecutados con sistemas de computación permiten analizar muchas alternativas en poco tiempo. Esta metodología fue utilizada por Aguilar y Barrera (1997) para evaluar sistemas de producción de pequeños productores de papa y leche, basados en un modelo desarrollado por Barrera y Aguilar (1986).

El objetivo de este trabajo fue adaptar un modelo de simulación de producción de leche para analizar, desde el punto de vista biológico y económico, varias alternativas de producción; con

<sup>1</sup>Recepción de originales: 23 de julio de 1998 (reenviado).

<sup>2</sup>Universidad del Bío Bío, Facultad de Ciencias Empresariales, Casilla 447, Chillán, Chile.

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Casilla 426, Chillán, Chile. E-mail: ejahn@quilamapu.inia.cl

<sup>4</sup>Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Casilla 1004, Santiago, Chile.

vacas con potencial de 5.000 y 6.500 litros de leche por lactancia, a las cuales se les suministró distintos niveles de alfalfa en la ración.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se usó el modelo de simulación de producción de leche desarrollado por Silva *et al.* (1987), modificado por Jahn *et al.* (1988) y Jahn *et al.* (1994), al cual se le realizaron modificaciones e incorporaron nuevas capacidades de análisis. Con el nuevo modelo se estudiaron diferentes opciones de producción de leche, variando los factores de mayor efecto sobre esta variable.

### Principales modificaciones al modelo

Las principales modificaciones realizadas al modelo fueron las siguientes: incorporación de cálculo de varios índices económicos, incorporación de capacidades de sensibilización de precios de insumo y de producto, modificación de la ecuación de consumo potencial, modificación de la tasa de sustitución, inclusión de una segunda pradera de pastoreo, inclusión de un segundo forraje variable, e incorporación de diferentes niveles de proteína en la ración.

### Análisis económico

El cálculo de los costos propuesto en el modelo desarrollado por Jahn *et al.* (1988) presenta varias limitaciones en cuanto a los indicadores económicos calculados y en el nivel de detalle de los ítems componentes del costo.

Las modificaciones incorporadas al modelo para el análisis económico consideran que los insumos, alimentos y otros factores productivos (vacunas, mano de obra, etc.), se compran en el predio o fuera de éste, al valor normal de comercialización de la zona o a su valor de oportunidad sin IVA (Impuesto al Valor Agregado).

En el cálculo no se consideran economías de escala, por lo que un grupo de elementos del costo, fijos y variables, permanece relativamente

constante para un módulo de 150 vacas (Jahn *et al.*, 1983). Se consideraron como costos variables la superficie de praderas, cantidad de concentrado y todos los factores que se evalúan en el modelo. Para el cálculo del ingreso total se consideró el valor promedio mensual del precio de venta de la leche.

La estructura del cálculo del costo neto del litro de leche (CNL) queda expresada por la siguiente ecuación:

$$\text{CNL} = \text{CFL} + \text{CVL} - \text{DED}$$

donde:

CFL = costos fijos por litro de leche.

CVL = costos variables por litro de leche.

DED = deducciones por ventas de terneros, vaquillas y vacas de desecho.

Los CFL consideran renta de la tierra, intereses al capital (animales, construcciones, equipos y maquinarias), campero, contribuciones, uso de vehículos, mantención de construcciones, animales de trabajo, equipos de cosecha de forraje, y otros gastos (luz, teléfono, gas, derechos de agua, etc.).

Los CVL consideran los de alimentación (mantención de praderas, conservación de forrajes, concentrados y suplementos minerales), costos de sanidad (asistencia veterinaria, semen, anti-parasitarios, vacunas, análisis para brucelosis y leucosis, etc.), costos de mano de obra (ordeña, manejo, etc.) y costos de reemplazo (crianza de vaquillas y mortalidad de vacas).

Los costos unitarios y los valores para calcular los distintos costos, se determinaron sobre la base de los precios de febrero de 1994, en que 1 UF = \$ 10.100 y 1 US\$ = \$ 450.

Para evaluar y comparar las distintas opciones se realizó el cálculo de algunos indicadores económicos. Entre estos, se incluyó margen bruto y utilidad (por litro, por vaca y por hectárea, en

ambos casos) y relación beneficio:costo. Los indicadores anteriores se analizaron con y sin el valor de la tierra.

### Sensibilidad a precios de insumos y productos

El modelo propuesto por Jahn *et al.* (1988) no considera análisis de sensibilidad en los precios de los insumos. Esta limitante fue superada por el modelo actual, el que permite estudiar varias alternativas conforme varían los precios. Se estudió el efecto que las variaciones de algunos componentes del costo (precio del concentrado, valor de la tierra, precio de la leche, precio del suplemento proteico), tienen sobre los costos totales y las utilidades. El modelo permite sensibilizar los resultados económicos a diferentes precios de insumos y productos, con rangos que se definen como dato de entrada.

### Consumo potencial

La ecuación del consumo potencial (CONPPL) se corrigió para vacas con producción sobre 15 litros diarios. El factor de corrección fue 1,2. Así, la ecuación del consumo quedó de la siguiente forma:

$$\text{CONPPL} = \text{DPV} \cdot 0,025 \cdot \text{PV} + 0,1 \cdot \text{PL};$$

si  $\text{PL} < 15$  litros

$$\text{CONPPL} = (\text{DPV} \cdot 0,025 \cdot \text{PV} + 0,1 \cdot \text{PL}) \cdot 1,2;$$

si  $\text{PL} \geq 15$  litros

donde:

PL = Producción potencial de leche.

PV = Peso vivo.

DPV = Factor de corrección de acuerdo a la desviación del peso vivo con respecto al peso que debería tener; este factor está relacionado con la condición corporal de la vaca (Silva *et al.*, 1987).

### Tasa de sustitución

La tasa de sustitución (TS) que se utilizó corresponde a la elaborada por Sáez *et al.* (1989) para

las condiciones de la Décima Región, quienes corrigen la tasa de sustitución por el multiplicador de la digestibilidad (FDIG) y de la disponibilidad (FDISP) del modelo original propuesto por Silva *et al.* (1987) de la manera siguiente:

$$\text{TS} = 0,50 \text{ si } \text{FDIG} \geq 0,90 \text{ y } \text{FDISP} \geq 0,90$$

$$\text{TS} = 0,65 \text{ si } \text{FDIG} \geq 0,95 \text{ y } \text{FDISP} \geq 0,95$$

### Inclusión de segunda pradera de pastoreo

El modelo original considera una sola pradera de pastoreo. En este caso se incorporó una segunda pradera, de tal manera que los animales consumen indistintamente una de las dos. El modelo elige aquella con la mayor disponibilidad.

Cada pradera contempla sus respectivas tasas de crecimiento, digestibilidad y porcentaje de proteína total.

### Inclusión de segundo forraje variable

Con el objetivo de ampliar el espectro de alternativas que se pueden estudiar, se incorporó un segundo forraje que se utiliza como suplemento a la pradera con una cantidad máxima de incorporación (kg de MS/vaca/día). El procedimiento en que se suministran los diferentes alimentos es el siguiente:

$$\text{CONSP} = \text{AMAX1} (0, (\text{CONSP} - (\text{TS} \cdot \text{CCONC})))$$

si  $(\text{CONSP} \geq (\text{CONPPL} - \text{CCONC} - \text{FOR1}))$ , entonces

$$\text{CONSP} = \text{AMAX1} (0, (\text{CONPPL} - \text{CCONC} - \text{FOR1}))$$

$$\text{FOR2} = 0,$$

en caso contrario,

$$\text{FOR2} = \text{AMIN1} (\text{FOR2}, (\text{CONPPL} - \text{CCONC} - \text{FOR1} - \text{CONSP}))$$

el consumo de la pradera no cambia.

donde:

$$\text{CONSP} = \text{consumo de pradera.}$$

- AMAX1 (x, y) = función que entrega el máximo entre x e y.  
 CCONC = consumo de concentrado.  
 FOR1 = consumo forraje 1.  
 FOR2 = consumo forraje 2.  
 AMIN1 (x, y) = función que entrega el mínimo entre x e y.

### Diferentes niveles de proteína en la ración

Se incorporaron diferentes niveles de proteína en la ración, de acuerdo a la producción de leche y según los requerimientos del NRC (1988). El modelo calcula las necesidades de proteína y se suplementan a la ración considerando los costos en el análisis económico.

### Opciones estudiadas

Utilizando el nuevo modelo, se estudiaron diferentes opciones de producción para vacas con potencial de 5.000 y 6.500 litros de leche por lactancia, considerando que un 60% de los partos ocurren en otoño-invierno y el resto en primavera. Los pesos vivos de los animales fluctuaron entre 520 y 590 kg, con edades entre 40 y 70 meses. Cada uno de los potenciales se analizó para 4, 8, 12 y 15 kg de MS de alfalfa/vaca/día (Cuadro 1). Estos son los consumos máximos de

**Cuadro 1. Potencial de producción de leche y niveles máximos de alfalfa evaluados con el modelo**

**Table 1. Milk production potential and maximum levels of alfalfa evaluated with the model**

Potencial (L/vaca)	Alfalfa (kg MS/vaca/día)
5.000	4
	8
	12
	15
6.500	4
	8
	12
	15

alfalfa y sólo se alcanzan en caso que el consumo potencial lo permita después de considerar el consumo de concentrado.

La alimentación del ganado considera tres fases, expresadas en días del modelo: 1-150, 151-270 y 271-365. El día 1 corresponde al 1 de abril. La ración es sobre la base de concentrado, un forraje fijo (alfalfa), un forraje variable (ensilaje maíz) y un suplemento proteico. Las características cualitativas del concentrado corresponden a un 76% de digestibilidad y a 16% de proteína. Para el forraje fijo se consideró un 60% de digestibilidad en la primera fase y un 65% en las siguientes; el porcentaje de proteína correspondió a un 18%. Por su parte, para el forraje variable se consideró un 67% de digestibilidad para todo el año y un 8,5% de proteína. El suplemento proteico contiene un 51,5% de proteína bruta.

Las vacas se dividieron en cuatro grupos de acuerdo a su producción. Para aquellas con producción potencial de 5.000 litros, el grupo 1 corresponde a vacas que producen menos de 10 L/día, el grupo 2 producción entre 10 y 15 L/día, grupo 3 entre 15 y 20 L/día y grupo 4 vacas con producción sobre 20 L/día. Para las vacas con producción potencial de 6.500 litros, el grupo 1 corresponde a vacas que producen menos de 10 L/día, el grupo 2 producción entre 10 y 18 L/día, grupo 3 entre 18 y 24 L/día y el grupo 4 lo conforman vacas con producción por sobre los 24 L/día.

El concentrado se ofrece de acuerdo a la producción de las vacas; de esta manera se dan 0, 2, 5 y 8 kg de MS/vaca/día para el grupo 1, 2, 3 y 4, respectivamente, durante todo el año.

Las vacas de 5.000 litros por lactancia reciben 5 kg de MS/vaca/día de forraje fijo durante la primera fase y 4, 8, 12 ó 15 kg de MS/vaca/día en las restantes. Por su parte las vacas de 6.500 litros por lactancia reciben 8 kg de MS/vaca/día en la primera fase y durante las restantes lo mismo que las de 5.000 litros.

El forraje variable contempla un máximo de 10,5 kg de MS/vaca/día.

El rendimiento del forraje fijo (alfalfa) corresponde a 16 t de MS/ha y el del forraje variable (ensilaje de maíz) a 18 t de MS/ha.

El precio de venta del litro de leche se consideró en \$ 96 entre abril y septiembre y a \$ 91 entre octubre y marzo. El valor del kilogramo de concentrado fue de \$ 80 y el del suplemento de \$ 116. La renta de la tierra asciende a \$ 105.000 por hectárea.

La sensibilidad para el precio de la leche, concentrado y suplemento se realizó considerando variaciones entre -20% y 20% con incremento de un 5%. Los mismos rangos de incremento fueron considerados para los rendimientos de los forrajes fijos y variables. La renta de la tierra varió entre \$ 75.000 y \$ 155.000, con incrementos de \$ 10.000 por hectárea.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Principales resultados de una alternativa

Con el objeto de asegurar la correcta operación del modelo se ejecutaron varias opciones y se analizaron las variables más importantes, tales como producción total, consumo de forraje, consumo de concentrado, costos de producción, etc. Las fluctuaciones de las principales variables se indican en la Figura 1 (partos de otoño) y Figura 2 (partos de primavera).

La producción real se mantiene relativamente cercana a la potencial hasta el día 120 del modelo y a medida que disminuye el nivel de concentrado la diferencia entre producción potencial y real aumenta (Figura 1). Las diferencias entre producción de leche potencial (LP) y leche real (LR) son menores en animales con partos de primavera (Figura 2).

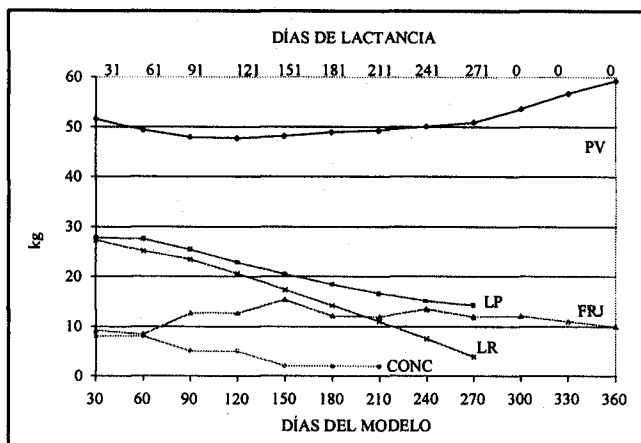


Figura 1. Principales variables descriptivas para una vaca con parto en otoño considerada en la opción 5, para diferentes días del modelo.

PV: peso vivo (kg/10); LP: leche potencial (L/día); FRJ: forraje (kg MS); LR: leche real (L/día); CONC: consumo de concentrado (kg).

Figure 1. Main descriptive variables for a cow with autumn calving in option 5 for different days of the model.

PV: live weight (kg/10); LP: potential milk production (L/day); FRJ: forage (kg DM); LR: actual milk production (L/day); CONC: concentrate (kg).

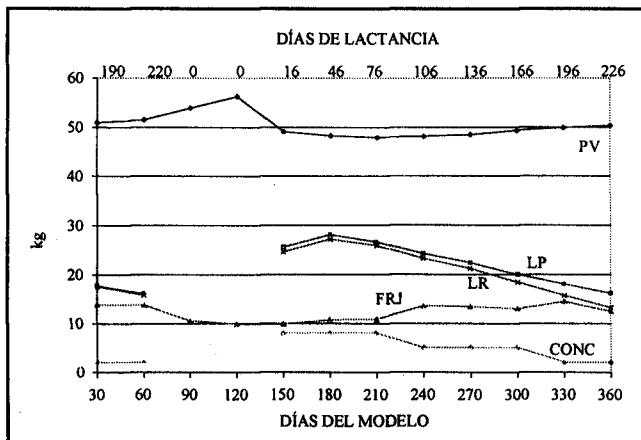


Figura 2. Principales variables descriptivas para una vaca con parto en primavera considerada en la opción 5 y diferentes días del modelo.

PV: peso vivo (kg/10); LP: leche potencial (L/día); FRJ: forraje (kg MS); LR: leche real (L/día); CONC: consumo de concentrado (kg)

Figure 2. Main descriptive variables for a cow with spring calving in option 5 for different days of the model.

PV: live weight (kg/10); LP: potential milk production (L/day); FRJ: forage (kg DM); LR: actual milk production (L/day); CONC: concentrate (kg).

Para cada opción o combinación de factores estudiados se obtiene un resumen anual de las principales variables del sistema (Cuadro 2), tales como número de animales, producción total, producción/ha y cantidad de alimentos utilizados durante el año. De la misma manera se obtiene un resumen anual de los parámetros

**Cuadro 2. Resumen anual de las principales variables del sistema**

**Table 2. Annual summary of the main variables of the system**

Variables	Valor
Número de animales	10
Producción total del rebaño (L)	42.846
Producción por ha (L)	19.697
Ingreso total (\$)	4.028.934
Precio de venta de la leche (\$/L)	94
Forraje fijo (kg MS de alfalfa)	15.860
Forraje variable	
(kg MS ensilaje maíz)	21.312
Superficie forraje fijo (ha de alfalfa)	0,991
Superficie forraje variable	
(ha ensilaje maíz)	1,184
Concentrado utilizado (kg)	11.121
Suplemento proteico utilizado (kg)	663
Variación peso vivo	
(kg/vaca promedio)	5,6
Carga real (animales/ha)	4,6

económicos del sistema (Cuadro 3) como son costo neto total, variable y fijo, utilidad/ha, etc. Estos parámetros se calcularon incluyendo y excluyendo el valor de la tierra.

El modelo realiza, además, una sensibilización o variación en los precios de la leche (Cuadro 4), y variación en los precios de los principales componentes de los costos de producción, como precio de concentrado y valor de la tierra.

Los parámetros económicos se afectan al cambiar los precios de la leche, concentrado y renta de la tierra. Es así que al aumentar el precio de la leche desde 75,2 hasta 112,8 \$/L, la utilidad cambia desde -7,6 hasta 30,0 \$/L (Cuadro 4); cuando el precio de la leche es de \$ 94 la utilidad es de 11,2 \$/L. Algo similar sucede con la utilidad por vaca que cambia desde \$ -32.600 hasta \$ 128.500 al modificarse el precio de la leche en las cantidades señaladas anteriormente. Este análisis de sensibilidad permite evaluar las diferentes alternativas ante cambios en los precios relativos. En el Cuadro 4 se presentan, además, los resultados económicos al variar el precio del concentrado, desde 64 hasta 96 \$/kg, observándose que a medida que sube el precio del concentrado aumentan los costos de producción, y disminuyen los márgenes por litro y por vaca.

**Cuadro 3. Resumen de los principales indicadores económicos con y sin valor de la tierra (\$ febrero de 1994)**

**Table 3. Summary of main economic indicators with and without land value (\$ February 1994)**

Indicador	Incluyendo valor de la tierra	Excluyendo valor de la tierra
Costo neto total por L	82,8	77,5
Costo neto variable por L	54,7	54,8
Costo neto fijo por L	28,1	22,7
Utilidad neta total por L	11,2	16,5
Costo por ha	1.631.839	1.526.839
Utilidad por ha	220.338	325.338
Costo por vaca	354.964	332.124
Utilidad por vaca	47.929	70.769
Relación beneficio:costo	1,14	1,21

**Cuadro 4. Efecto del precio de la leche, concentrado y renta de la tierra sobre algunos indicadores económicos****Table 4. Effects of variation of the price of milk, concentrate and land on some economic variables**

Variables Sensibilizada	Variables respuestas					
	CNTL <sup>1</sup> (\$/L)	Utilidad/L (\$/L)	Costo/vaca (miles de \$)	Utilidad/vaca (miles de \$)	Costo/ha (miles de \$)	Utilidad/ha (miles de \$)
<b>Precio de la leche (\$/L)</b>						
75,2	82,8	-7,6	355	-32,6	1.632	-150
79,9	82,8	-2,9	355	-12,5	1.632	-58
84,6	82,8	1,8	355	7,6	1.632	35
89,3	82,8	6,5	355	27,8	1.632	128
94,0	82,8	11,2	355	47,9	1.632	220
98,7	82,8	15,9	355	68,1	1.632	313
103,4	82,8	20,6	355	88,2	1.632	406
108,1	82,8	25,3	355	108,4	1.632	498
112,8	82,8	30,0	355	128,5	1.632	591
<b>Precio del concentrado (\$/kg)</b>						
64,0	78,7	15,3	337	65,7	1.550	302
68,0	79,7	14,3	342	61,3	1.571	282
72,0	80,8	13,3	346	56,8	1.591	261
76,0	81,8	12,2	351	52,4	1.611	241
80,0	82,8	11,2	355	47,9	1.632	220
84,0	83,9	10,1	359	43,5	1.652	200
88,0	84,9	9,1	364	39,0	1.673	179
92,0	86,0	8,1	368	34,6	1.693	159
96,0	87,0	7,0	373	30,1	1.714	139
<b>Renta de la tierra (\$/ha)</b>						
75.000	81,3	12,7	348	54,5	1.602	250
85.000	81,8	12,2	351	52,3	1.612	240
95.000	82,3	11,7	353	50,1	1.622	230
105.000	82,8	11,2	355	47,9	1.632	220
115.000	83,4	10,7	357	45,8	1.642	210
125.000	83,9	10,2	359	43,6	1.652	200
135.000	84,4	9,7	361	41,4	1.662	190
145.000	84,9	9,2	364	39,2	1.672	180
155.000	85,4	8,6	366	37,1	1.682	170

<sup>1</sup>CNTL = Costo neto del litro de leche.

En este mismo cuadro se indican los efectos económicos al variar la renta de la tierra, lo cual permite definir hasta qué valor es rentable mantener el rubro ante otras alternativas.

Los cambios en el precio de la leche son los que mayor efecto tienen sobre las utilidades por litro, por hectárea y por vaca, en comparación con las variaciones en el precio del concentrado y renta de la tierra (Cuadro 4).

### Análisis de las opciones

A medida que aumenta el máximo de alfalfa desde 4 a 15 kg de MS/vaca/día, la producción total del sistema disminuye desde 19.600 a 18.700 L/ha, para vacas con potencial de 5.000 L, y desde 21.400 a 20.150 L/ha, para vacas con potencial de 6.500 L (Cuadro 5). La producción por vaca se afecta levemente. Con el aumento en la oferta de alfalfa disminuyen los consumos de ensilaje de maíz, sin embargo, entre 12 y 15 kg de alfalfa como máximo, los consumos de alfalfa y maíz se mantienen en un nivel similar para vacas de 5.000 litros.

El aumento en el potencial de producción de 5.000 a 6.500 L/vaca produce un aumento en la producción por vaca y por hectárea, además de producirse un aumento en los consumos de alfalfa, maíz y concentrados (Cuadro 5).

En términos económicos, el costo total y el costo variable por litro de leche disminuye en forma considerable al aumentar la oferta de alfalfa de 4 a 12 kg de MS/vaca/día, no observándose mayor disminución con una oferta de 15 kg de alfalfa (Cuadro 6). Esta tendencia es similar para vacas con potencial de 5.000 y 6.500 L/año, observándose menores costos en las vacas con mayor potencial.

La utilidad por litro de leche aumenta con el incremento del nivel de alfalfa desde 11,1 \$/L, con 4 kg de alfalfa, hasta 17,5 \$/L, con 12 kg de alfalfa, manteniéndose en un nivel similar con 15 kg de alfalfa para vacas con potencial de 5.000 L/lactancia (Cuadro 6). Las utilidades para vacas con potencial de 6.500 L mantienen tendencias similares a las de 5.000 L respecto del nivel de alfalfa, sin embargo, la utilidad por litro de leche aumenta a rangos entre 23,8 y 30,9 \$/L para los niveles de 4 y 15 kg de alfalfa, respectivamente.

**Cuadro 5. Efecto de la inclusión de cuatro niveles de alfalfa sobre producción de leche y consumo de alimentos para vacas de 5.000 y 6.500 L de potencial productivo**

**Table 5. Effect of four levels of alfalfa upon milk production and feed intake for cows with production potential of 5.000 and 6.500 L**

Niveles alfalfa (kg MS alfalfa/vaca/día)	Producción de leche		Consumo		
	L/ha, miles	L/vaca, miles	Alfalfa (kg MS/vaca/año, miles)	Maíz (kg MS/vaca/año, miles)	Concentrado (kg MS/vaca/año, miles)
<b>Vacas de 5.000 L/lactancia</b>					
4	19,6	4,28	1,58	2,13	1,11
8	19,0	4,27	2,42	1,30	1,10
12	18,7	4,27	2,98	0,75	1,10
15	18,7	4,27	3,00	0,73	1,10
<b>Vacas de 6.500 L/lactancia</b>					
4	21,4	5,55	2,03	2,37	1,28
8	20,7	5,54	2,87	1,56	1,28
12	20,2	5,52	3,65	0,79	1,27
15	20,1	5,52	3,86	0,59	1,27



**Cuadro 6. Efecto del potencial de producción y nivel de alfalfa sobre las variables económicas de los sistemas****Table 6. Effect of production potential and alfalfa level on some economic variables of the system**

Niveles alfalfa (kg MS alfalfa/vaca/día)	Costos neto/L leche			Utilidad/ha	Costo/ha	Utilidad/ha	Costo/vaca	Utilidad/vaca
	Total \$/L	Variab. \$/L	Fijo \$/L	\$/L	miles \$	miles \$	miles \$	miles \$
<b>Vacas de 5.000 L/lactancia</b>								
4	82,8	54,8	28,0	11,1	1.631	220	354	47
8	78,3	50,1	28,2	15,6	1.495	299	335	67
12	76,5	48,1	28,4	17,5	1.432	328	327	74
15	76,4	48,0	28,4	17,6	1.429	329	326	75
<b>Vacas de 6.500 L/lactancia</b>								
4	70,2	47,7	22,5	23,8	1.503	510	389	132
8	65,5	42,8	22,7	28,5	1.362	592	363	158
12	63,5	40,7	22,8	30,4	1.289	617	351	168
15	63,0	40,1	22,9	30,9	1.271	624	348	171

La utilidad por hectárea es mayor con vacas de mayor potencial (Cuadro 6) y para los dos niveles productivos la utilidad aumenta a medida que se incrementan los niveles de alfalfa en la ración. No se obtienen diferencias apreciables entre 12 y 15 kg de alfalfa. Los aumentos en las utilidades están relacionados con una disminución en los costos por hectárea y por vaca al incrementar los niveles de alfalfa. La utilidad por vaca sigue tendencias similares a la utilidad por hectárea (Cuadro 6). Las mayores diferencias en utilidad/ha y por vaca se producen al aumentar el potencial productivo de los animales.

## CONCLUSIONES

La variación en el precio de la leche es el factor que tiene más incidencia en la utilidad por vaca y por hectárea, en comparación con las variaciones en el precio del concentrado y renta de la tierra.

La utilidad por litro de leche, por vaca y por hectárea aumentan a medida que aumenta el nivel de alfalfa en la ración, sin embargo, el aumento en el potencial de producción de las vacas, de 5.000 a 6.500 L/lactancia, tiene mayor efecto sobre las utilidades.

## RESUMEN

A un modelo de simulación de producción de leche se le hicieron las siguientes modificaciones: modificación ecuación de consumo potencial, modificación de la tasa de sustitución, inclusión de una segunda pradera de pastoreo y un segundo forraje variable, incorporación de diferentes niveles de proteína en la ración, cálculo

de índices económico y sensibilización de precios de insumo/producto. Con estas modificaciones el modelo permite predecir en forma adecuada diferentes sistemas de producción variando los niveles de forraje, concentrado, épocas de parto y potencial de producción de las vacas.

Con el modelo se estudiaron diferentes sistemas de producción, permitiendo concluir que la utilidad por vaca, por hectárea y márgenes por litro de leche aumentan conforme aumenta el nivel de alfalfa en la ración. El mayor efecto sobre las utilidades se produce al aumentar el potencial productivo de las vacas de 5.000 a 6.500 L/lactancia. La utilidad/L de leche aumenta de 11,1 a 17,6 \$/L con 4 y 15 kg de alfalfa, respectivamente, para vacas con potencial de 5.000 L, y de 23,8 a 30,9 \$/L para vacas con potencial de 6.500 L, con los mismos niveles de alfalfa, respectivamente.

La utilidad para vacas que reciben 12 kg de alfalfa fue de 328 y 617 mil \$/ha para vacas con potencial de 5.000 y 6.500 L/lactancia, respectivamente. Este mismo parámetro varió entre 220 y 329 mil \$/ha cuando los niveles de alfalfa variaron entre 4 y 15 kg de alfalfa, respectivamente, para vacas con potencial de 5.000 L.

**Palabras claves:** Modelo de simulación, sistemas de producción, producción de leche, costos de producción de leche.

### LITERATURA CITADA

- AGUILAR, C. y BARRERA, V. 1997. Evaluación de la sostenibilidad de una alternativa de manejo en el sistema de producción de pequeños productores de Carchi, Ecuador. II Experimentación con un modelo de simulación. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5(1):1-20.
- BARRERA, V. y AGUILAR, C. 1996. Modelos de simulación para el estudio de la sostenibilidad del sistema de producción de pequeños productores de Carchi, Ecuador. I Desarrollo del modelo y validación. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 4(2): 135-166.
- JAHN B., E.; VYHMEISTER B., H. y FRANCO P., I. 1983. Sistemas de producción de leche para el valle central de riego. Análisis técnico-económico. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Quilamapu. Chillán, Chile. 23 p.
- JAHN B., E.; GUTIÉRREZ R., G. y VELASCO H., R. 1994. Modelo de simulación en producción de leche. Niveles de concentrado para diferentes potenciales de producción. XIX Reunión Anual. Sociedad Chilena de Producción Animal. Universidad de la Frontera, Temuco. p. 131-132.
- JAHN B., E.; SÁEZ T., L.; SILVA G., M.; GUTIÉRREZ R., G. y FRANCO P., I. 1988. Modelo de simulación de producción de leche. II. Modificaciones y experimentación. Agricultura Técnica (Chile) 48(3): 212-226.
- NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL). 1988. Nutrient Requirements of Dairy Cattle 6 th. Rev. Ed. Washington, D.C. National Academy Press. 157 p.
- SÁEZ T., L.; JAHN B., E.; DUMONT L., J.C.; NAVARRO D., H.; LANUZA A., F. y PULIDO F., R. 1989. Modelo de producción de leche con partos estacionales para la Décima Región. Agricultura Técnica (Chile) 49(2): 153-160.
- SILVA G., M.; MANSILLA M., A. y JAHN B., E. 1987. Modelo de simulación de producción de leche. I. Estructura y calibración. Agricultura Técnica (Chile) 47(4): 390-399.