

# UN MODELO DE SIMULACIÓN QUE PREDICE LA PRODUCCIÓN DE LECHE, LA CONCENTRACIÓN DE MATERIA GRASA, LA CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNA VERDADERA Y EL CAMBIO DE PESO CORPORAL DE LAS VACAS LECHERAS.

**A simulation model for predict the milk production, the milk fat concentration, the milk true protein concentration, and the body weight change of the dairy cows.**

Jorge Figueroa M. Médico Veterinario Juana de Lestonac 0138 Dpto 237 Santiago de Chile.  
[joanfimo@hotmail.com](mailto:joanfimo@hotmail.com)

## INTRODUCCIÓN

La investigación científica ha perfeccionado la modelación matemática del comportamiento de las vacas lecheras en lactancia, estimulando la creación de nuevos sistemas que, considerando simultáneamente suficientes variables, puedan perfeccionar la predicción de los fenómenos productivos involucrados. Desarrollar aplicaciones computacionales, puede mejorar la eficiencia productiva del sistema de alimentación. Un modelo de simulación se anticipa al comportamiento inducido por el consumo de una ración, al predecir la producción diaria de leche, concentración de materia grasa, concentración de proteína verdadera y cambio de peso corporal de las vacas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo se creó en Los Angeles (Curso "Lotus 123" Universidad de Concepción, 1986), y se presentó en el Seminario "Computación en la Ganadería" (Universidad de Concepción, 1988). Después se integraron en Excel las ecuaciones de predicción de los requerimientos de energía neta y proteína absorbible (NRC, 1989), la evolución de la producción de leche y porcentaje de materia grasa y proteína láctea (Fox et al, 1992), el ajuste del consumo deprimido en lactancia temprana (Roseler et al, 1994), y los requerimientos de reservas corporales de energía (Fox et al, 1999). Datos de ingreso son: peso corporal (kg) y condición corporal (1-5 puntos), potencial lechero (kg lactancia), materia grasa (%), proteína láctea (%), precio de la leche (\$ kg FPCM), número partos (N°), lapso interparto (días), temperatura ambiente (°C) y actividad corporal (%). Si el consumo es insuficiente: condición corporal al parto (1-5 puntos), consumo insuficiente (días), condición corporal movilizada (puntos) y mes peak lechero (mes 1-3). Si el consumo es suficiente: condición corporal inicial (1-5 puntos), consumo suficiente (días), condición corporal ganada (puntos) y duración lactancia (días). La validación recogió las opiniones de expertos, simulando y confrontando los resultados reales y los predichos. La verificación estadística (3) del valor predictivo del modelo se realizó con experimentos (1, 2, 4 y 5) utilizados para validarlo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis estadísticos de las partes o los componentes del modelo de simulación han sido verificados rigurosamente en investigaciones que han suministrado las ecuaciones matemáticas utilizadas para estructurarlo, por lo que, desde el punto de vista de algunos autores, esta verificación previa tendría el carácter de validación. Al validar el modelo total, la mayoría de los experimentos nacionales no aportaban todos los datos que se necesitaban para simular, por lo que se dificultó la verificación estadística. Entonces, contrastar el funcionamiento del modelo con las opiniones de un grupo selecto de expertos era el único procedimiento factible de aplicar. Especialistas del Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA Remehue examinaron una simulación con vacas de lechería de raza Frisón Negro Chileno, constatando (Comunicación Personal, 2001), que el modelo de simulación entrega información adecuada, siendo de utilidad para los productores lecheros. La Tabla 1 muestra las respuestas productivas predichas por el modelo para vacas lecheras de raza Holstein Friesian, comparadas con las respuestas reales, observadas en los experimentos. La validación del valor predictivo del modelo se realizó para la producción de leche real **MILK (2)**, porcentaje de materia grasa **FAT (2)**, producción de leche corregida 4% materia grasa **FCM (2)**, el porcentaje de proteína láctea verdadera **TRUE (1)** y la movilización de grasa corporal **MOV (4, 5)**, mediante la evaluación estadística para **RMPSE (3)**.

TABLA 1. Respuesta productiva observada comparada con la predicha por el modelo (3).

Autor	Respuestas	Valores observadas	Valores predichos	RMSPE	Error
2	MILK ( kg/d )	37.6, 32.7, 35.9 y 36.1	37.6, 35.3, 35.4 y 37.0	1.465	1.269
2	FAT ( % )	4.42, 4.03, 4.36 y 4.24	4.42, 4.20, 4.24 y 4.32	0.061	0.052
2	FCM ( kg/d)	39.8, 32.9, 37.4 y 37.5	40.0, 36.3, 36.6 y 38.7	2.028	1.757
1	TRUE ( % )	2.89, 2.90, 3.01 y 2.95	2.69, 2.94, 3.08 y 3.00	0.015	0.013
4, 5	MOV ( kg )	59.0, 83.0, 66.0 y 37.0	69.0, 81.0, 58.0 y 47.0	5.000	4.330

Se investigó, con dietas isoenergéticas (2), el efecto de la concentración de proteína cruda y de proteína no degradable, sobre la producción y la composición de la leche de vacas lecheras en lactancia temprana. El modelo respondió al aumento de la concentración de la proteína cruda y de la proteína no degradable, aumentando linealmente la producción de leche (RMSPE=1.465), el porcentaje de materia grasa (RMSPE=0.061) y la producción de leche corregida 4% materia grasa (RMSPE=2.028). Los factores que afectan la movilización de grasa corporal de las vacas lecheras en lactancia temprana se investigaron con dos dietas isoenergéticas, diferentes en su concentración de proteína cruda (4), y dos dietas isoproteicas, distintas en densidad de energía neta (5). El modelo respondió al cambio de condición corporal observado en los experimentos, movilizandando reservas grasas (RMSPE=5.00). Efectos de la concentración, la degradabilidad y la calidad de la proteína de la dieta sobre los constituyentes nitrogenados de la leche, fueron estudiados con cuatro dietas isoenergéticas (1), diferentes en cantidad y en proporción de RDP y RUP en relación al NRC. El modelo respondió a la composición de las dietas (RMSPE=0.015). La dieta 3, balanceada para AA predichos por el sistema CNCPS, obtuvo la mayor eficiencia en producción de proteína verdadera (3.01%). La predicción (3.08%) del modelo, sin balancear AA, la explica el diferente consumo predicho para RUP (1=0.856, 2=1.201, 3=1.269 y 4=1.211 kg/d), sin que el modelo pudiera discriminar el efecto de la mayor calidad de los AA contenidos en la RUP real de la dieta 3 del experimento, la que fué formulada con suplementos de origen animal.

## CONCLUSIONES

La producción de leche, y su concentración de materia grasa y de proteína láctea verdadera, pueden ser predichas en vacas lecheras alimentadas con raciones de concentración energética metabolizable conocida, desde la concentración de proteína cruda, y su degradabilidad, en la dieta suministrada. La movilización de grasa, en vacas de condición y peso corporal medido, alimentadas con dietas de densidad energética metabolizable y proteína cruda conocida, puede ser predicha desde el cambio de condición corporal y la duración del período de alimentación. Particularmente atrayente es la posibilidad de manipular la producción de leche, y su porcentaje de grasa y proteína, y el cambio de peso corporal, mediante el balance interactivo de las dietas de vacas lecheras individuales, pues el modelo de simulación funciona con datos del sistema de producción y la composición de alimentos, que se pueden obtener, o estimar, en nuestro país.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 BAKER L.D., FERGUSON J.D. and CHALUPA W. 1995. Responses in true protein of milk to different protein feeding schemes for dairy cows. J. Dairy Sci. 78:2424-2434.
- 2 KALSCHUR K.F., VANDERSALL J.H., ERDMAN R. A., KOHN R.A. and RUSSEK-COHEN E. 1999. Effects of dietary crude protein concentration and degradability on milk production responses of early, mid, and late lactation dairy cows. J. Dairy Sci. 82:545-554.
- 3 KOHN R.A; KALSCHUR K.F; and HANIGAN M. 1998. Evaluation of models for balancing the protein requirements of dairy cows. J.Dairy.Sci. 81: 3402-3414.
- 4 MADHAV V. S. KOMARAGIRI and ERDMAN R.A. 1997. Factors affecting body tissue mobilization in early lactation dairy cows. 1. Effect of dietary protein on mobilization of body fat and protein. J. Dairy Sci. 80:929-937.
- 5 MADHAV V. S. KOMARAGIRI, CASPER D.P. and ERDMAN R.A. 1998. Factors affecting body tissue mobilization in early lactation dairy cows. 2. Effect of dietary fat on mobilization of body fat and protein. J. Dairy Sci. 81:169-175.