

## NOTA TECNICA

### UN MODELO MATEMATICO PARA ESTIMAR PERDIDAS POR MASTITIS EN EL BOVINO PRODUCTOR DE LECHE

Luis Moraga B. (MV, MS).

Departamento de Ciencias Clínicas Pecuarias. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad de Chile. Casilla 2, Correo 15. Santiago, Chile.

#### A MATHEMATICAL MODEL TO ESTIMATE MASTITIS LOSSES IN DAIRY CATTLE

*A mathematical model for assessing the effect of mastitis in dairy cattle is proposed.*

$$D_p = \frac{P_o}{\sum_{j=1}^n K_{ej} \times C_j} - P_o$$

$D_p$  = losses in milk production due to mastitis.

$P_o$  = observed milk production

$C$  = Quarter proportion for each inflammation grade.

$K_e$  = Proportional production (constant) for each inflammation grade.

$\frac{P_o}{\sum K_e \times C}$  = Potential milk production

En las empresas pecuarias, entre ellas la empresa lechera, es necesario estimar las pérdidas económicas por concepto de enfermedades, de tal modo que se cuente con el mayor número de antecedentes para llevar a cabo programas de control o erradicación, factibles de ser aplicados y rentables en términos costo/beneficio a corto, mediano o largo plazo.

En la empresa lechera, una de las enfermedades que tiene mayor impacto económico es la mastitis (Forster y Cols., 1967; Janzen, 1970; Schalm y Cols., 1971; Mackay, 1981) correspondiendo a la disminución en producción de leche el factor que más incide en las pérdidas económicas (Dobbins, 1977).

La mastitis —en términos más exactos el complejo mastitis—, es una enfermedad multifactorial, de tal manera que un plan exitoso tendiente al control de esta entidad nosológica debe consultar a todos los factores que inciden directa o indirectamente en ella. Un programa de control, necesariamente integral, implica costos que deben ser evaluados a través de los beneficios que

reporte. En consecuencia es preciso estimar las pérdidas económicas a consecuencia de la mastitis para así contar con argumentos convincentes en pro de su control.

Con el objetivo de facilitar las estimaciones de pérdidas económicas a consecuencia de la mastitis, se propone el presente modelo matemático.

#### DEDUCCION DE UN MODELO MATEMATICO PARA ESTIMAR PERDIDAS POR MASTITIS

La deducción del modelo está sustentado en los siguientes supuestos:

1. Cuanto mayor sea el grado de inflamación de un cuarto mamario, mayor será la disminución de la producción de leche.
2. En un individuo o un conjunto de ellos, la disminución de la producción de leche es mayor cuanto mayor sea el número de cuartos inflamados.
3. La disminución proporcional en la producción se mantiene constante para cada grado de inflamación que se determine, por lo tanto en la medida que mayor sea la producción observa-

da, en términos absolutos, la disminución en la producción será mayor.

Según los supuestos anteriores la disminución en la producción de leche ( $D_p$ ) como consecuencia de mastitis dependerá de tres factores: Grado de inflamación de cuartos mamarios, proporción de cuartos para cada grado de inflamación que se considere ( $C$ ) y de la producción observada de leche ( $P_o$ ).

La producción observada de leche ( $P_o$ ), más la disminución en producción ( $D_p$ ) por mastitis es igual a la producción potencial ( $P_p$ ).

Entonces:

$$P_p = P_o + D_p \quad (1)$$

De donde:

$$D_p = P_p - P_o \quad (2)$$

Según la ecuación (2) para calcular  $D_p$  debe conocerse  $P_p$ . Como  $P_o$  es un subconjunto de  $P_p$ , la razón  $P_o/P_p$  toma valores que van de 1 (cuando  $P_o = P_p$ ), a 0 (cuando  $P_o = 0$ ) y corresponde a una proporción del potencial productivo, que en el desarrollo del modelo propuesto se le designará Factor de Producción ( $F_p$ ), o sea:

$$F_p = \frac{P_o}{P_p}$$

Entonces:

$$P_o = P_p \times F_p \quad (3)$$

de donde:

$$P_p = \frac{P_o}{F_p} \quad (4)$$

Reemplazando  $P_p$  de (2) por su valor en (4) se tiene:

$$D_p = \frac{P_o}{F_p} - P_o \quad (5)$$

El factor de producción ( $F_p$ ) es una variable dependiente del grado de inflamación mamario y de la correspondiente proporción de cuartos para cada grado de inflamación.

Si a un determinado grado de inflamación le corresponde una determinada producción proporcional ( $K_e$ );  $K_e$  tomará tantos valores como

grados de inflamación que se consideren, correspondiendo a cada valor de  $K_e$ , una determinada proporción de cuartos ( $C$ ). La sumatoria de los productos de  $K_e$  con el correspondiente valor de  $C$ , es igual a la proporción de leche que se produce de la producción potencial ( $F_p$ ).

Entonces:

$$F_p = \sum_{j=1}^n K_{ej} \times C_j \quad (6)$$

Reemplazando  $F_p$  de (5) por su valor en (6), se tiene:

$$D_p = \frac{P_o}{\sum_{j=1}^n K_{ej} \times C_j} - P_o \quad (7)$$

Donde:

$D_p$  = Disminución en la producción de leche, atribuible a mastitis.

$P_o$  = Producción observada de leche

$K_e$  = Constante de producción estimada para cada grado de inflamación

$C$  = Proporción de cuartos para cada grado de inflamación.

## APLICACION DEL MODELO MATEMATICO

Al relacionar disminución en producción de leche con el grado de inflamación mamario, determinado mediante el "Test" de California (uno de los medios bioquímicos indirectos más utilizados en el diagnóstico de mastitis subclínica), se tienen cinco clases de cuartos y en consecuencia cinco valores para  $K_e$ .

Forster y Cols., (1967) compararon grados obtenidos mediante CMT (California Mastitis Test) y producción láctea, encontrando las siguientes disminuciones porcentuales: 9, 19,5, 31,8 y 43,4% para los grados trazas (T) 1, 2 y 3 respectivamente. Como en el modelo se requiere la proporción de producción, se emplea al complemento de las disminuciones porcentuales indicadas y se expresan en proporciones, quedando en esta forma determinados los valores de  $K_e$  que son los siguientes:

Grado CMT	$K_e$
N	1,000
T	0,910
1	0,805
2	0,682
3	0,566
Mastitis Clínica (M CI)	0,000

A las disminuciones en producción de leche, encontradas por Forster y Cols., (1967), se agregan los cuartos negativos (N) con un 100% de producción y los cuartos con M CI con un 0% de producción, de tal modo que en el diagnóstico de mastitis mediante el examen clínico y el CMT se consideran seis grados de inflamación, de manera que  $n = 6$ .

Con el modelo matemático propuesto y conocidos los valores de  $K_e$ , se puede estimar con facilidad las pérdidas en cantidad de leche a causa de mastitis, ya sea a nivel individual o de rebaño.

Como ejemplo para su aplicación se utilizan los siguientes datos de un plantel lechero hipotético.

Vacas en lactancia ( $N^o$ ) : 80  
 Producción leche/día (lt): 1.200  
 Resultados examen clínico y CMT\* (cuadro 1) : 153, 32, 40, 39, 46 y 10 cuartos con grados N, T, 1, 2, 3 y mastitis clínica respectivamente.

CUADRO 1. ESTIMACION DE PERDIDAS EN PRODUCCION DE LECHE A CAUSA DE LA MASTITIS EN UN REBAÑO LECHERO HIPOTETICO. UTILIZACION DEL MODELO:

$$D_p = \frac{P_o}{\sum K \times C} - P_o$$

Grado CMT y Ex. clínico	Cuartos $N^o$	Cuartos Proporción* (C)	Constante producción ( $K_e$ )	( $K \times C$ )
N	153	0,478	1,000	0,478
T	32	1,100	0,910	0,091
1	40	0,126	0,805	0,101
2	39	0,122	0,682	0,083
3	46	0,143	0,566	0,081
M CI	10	0,031	0,000	0,000
<b>TOTAL</b>	<b>320</b>	<b>1,000</b>		<b>0,834</b>

$$D_p = \frac{1.200}{0,834} - 1.200$$

Producción observada de leche/día ( $P_o$ ) = 1.200 lt  
 Proporción de producción ( $\sum K \times C$ ) = 0,834  
 Producción potencial del rebaño ( $\frac{P_o}{\sum K \times C}$ ) = 1.438,8 lt  
 Disminución producción leche rebaño/día ( $D_p$ ) = 238,8 lt

Con los datos que se consideran en el ejemplo, este plantel lechero disminuye su producción en 238,8 lt de leche al día; proyectándolos a una lactancia (305 ds) corresponden a 72.834 lt de leche que se pierden por mastitis.

## DISCUSION

El modelo matemático propuesto, puede ser aplicado a cualquier "test" de diagnóstico de mastitis, aunque es necesario conocer la relación

\*La proporción de cuartos en cada grado del CMT y examen clínico son hipotéticos; sin embargo, corresponden a datos obtenidos de varias lecherías del país en trabajos realizados entre los años 1972 y 1975 por el Grupo de Medicina de Especies Mayores, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Chile, Santiago.

entre los grados de inflamación que el "test" determina y la correspondiente disminución porcentual en la producción de leche. En el ejemplo que se da en la aplicación del modelo, se utilizan los valores determinados por Forster y Cols., (1967) que comparan la producción de leche en cuartos opuestos, según el grado de inflamación determinado por CMT. Esta experiencia sería interesante reproducirla en nuestro medio —considerando una posible influencia del nivel de producción individual por vaca sobre la relación grado de inflamación mamaria y disminución en la producción láctea— de tal manera de contar con datos más fidedignos para el país.

#### RESUMEN

Se propone un modelo matemático para estimar pérdidas atribuidas a la mastitis del bovino productor de leche.

#### REFERENCIAS

- DOBBINS, CH. N. Mastitis Losses. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 170: 1129 - 1132, 1977.
- FORSTER, T.L., U.S. ASHWORTH, L.O. LUEDESKE. Relationship between California Mastitis Test reaction and production and composition of milk from opposite quarters. *J. Dairy Sci.*, 50: 675 - 682, 1967.
- JANZEN, J.J. Economic losses resulting from mastitis. A review. *J. Dairy Sci.* 53: 1151 - 1161, 1970.
- MACKAY, R.D. The economics of herd health programs. *Vet. Clin. North. Am. Large Anim. Pract.* 3: 347 - 374, 1981.
- SCHALM, O.W., E.J. CARROL, N.C. JAIN. *Bovine Mastitis*, Philadelphia, Lea and Febiger, 1971.