

# NUEVO INDICE PARA MEDIR LA DECLINACION O LA PERSISTENCIA DE LA CURVA DE LECHE<sup>1</sup>

## A new index for the assesment of the declination or the persistence of the lactation curve

Carlos Pedraza G.<sup>2</sup> y David Rodríguez S.<sup>2</sup>

### SUMMARY

At the La Platina Experimental Station (INIA), Santiago, Chile, from the function proposed by Wood for the lactation curve adjustment, an index to asses the declination of the persistence of cows' lactation curves, was applied. With this index, declination values per unit of time can be expressed as a percentage, as well as in units of milk volume or weight that decrease per unit of time. This characteristic gives to the index a practical feature, by facilitating its comprehension and making possible its use in economical evaluations.

### INTRODUCCION

Disponer de un adecuado método para calcular la persistencia de una curva de leche, constituye una eficaz herramienta que posibilita el análisis del comportamiento productivo de una vaca, grupo o rebaño lechero. Se ha podido determinar que vacas con una producción sostenida en el tiempo, sin que logren registros máximos de producción diaria, son más fáciles de alimentar y menos propensas a sufrir trastornos metabólicos y reproductivos. Incluso, se ha podido determinar que económicamente son más eficientes, pues requieren de un menor aporte de alimentos concentrados para producir un volumen similar al de vacas con persistencias menores (Sölkner y Fuchs, 1987).

El concepto de persistencia también ha adquirido importancia desde un punto de vista de mejoramiento, encontrándose elevados valores de correlación genética entre las tres primeras lactancias de vacas controladas; además, la heredabilidad de esta característica es suficientemente alta, para ser considerada como un criterio adicional, en la elección de hembras lecheras.

En la literatura existen numerosos índices que miden la persistencia de la curva de leche. A grandes rasgos, éstos se pueden dividir en dos grupos: los que utilizan

proporciones establecidas entre la producción de diferentes períodos de la lactancia y los que se calculan a través de diferentes expresiones matemáticas.

En el presente estudio, se aplica una nueva expresión matemática, que posibilita el cálculo del índice de declinación, variable inversa a la persistencia, y que permite una mejor comprensión del fenómeno de disminución progresiva de la producción de leche.

### MATERIALES Y METODOS

En el estudio, se utilizaron antecedentes productivos de vacas de la raza Holstein Friesian, de la Estación Experimental La Platina (INIA, Santiago), las cuales se sometieron a control de producción, tres veces por semana, durante toda la lactancia, quedando de esta forma determinada la curva por 90 observaciones.

Los valores medidos se ajustaron mediante la función exponencial propuesta por Wood (1967):

$$y(n) = an^b e^{-cn}$$

donde:  $y(n)$  es la producción de leche en el enésimo día de la lactancia y  $a$ ,  $b$  y  $c$  son los parámetros estimados para cada curva, a través de una regresión lineal múltiple.

<sup>1</sup> Recepción de originales: 29 de diciembre de 1987.

<sup>2</sup> Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

Con el objetivo de comparar diferentes métodos para calcular la persistencia de una curva lechera, se sometieron dos grupos de datos que definen curvas de leche, al cálculo de su persistencia.

Los dos primeros métodos fueron los presentados por Johansson y Hansson (1940), quienes proponen las siguientes expresiones:

$$P1 = \frac{\text{Producción de los segundos 100 días}}{\text{Producción de los primeros 100 días}} \times 100$$

$$P2 = \frac{\text{Producción de los terceros 100 días}}{\text{Producción de los primeros 100 días}} \times 100$$

Otro estimador es el de Sanders (1930), quien propone proporciones entre la producción total y la semana de máxima producción. En el presente estudio, se utilizan modificaciones de esta expresión (Sölkner y Fuchs, 1987), P3 y P4.:

$$P3 = \frac{\text{Producción diaria máxima de los 200 días}}{\text{Promedio producción diaria en 200 días}} \times 100$$

$$P4 = \frac{\text{Producción diaria máxima de los 305 días}}{\text{Promedio producción diaria en 305 días}} \times 100$$

Finalmente, otro estimador considerado en este trabajo, es el propuesto por Wood (1967):

$$P5 = (S) = c^{-(b+1)}$$

donde: b y c son los mismos parámetros de la función de Wood.

El nuevo índice que proponemos (P6), requiere que previamente los datos hayan sido ajustados a la ecuación de Wood. La ecuación es la siguientes:

$$P6 = ic [1 - (t^b \times c^b \times b^{-b} e^{b-ct})] [(tc-b)^{-1}] 100$$

(declinación de la curva lechera por unidad de tiempo),

donde: b y c = parámetros de la función de Wood; i = intervalo de tiempo deseado para expresar la declinación (día, semana, mes); y t = días (largo de la lactancia controlada).

Este índice se basa en la diferencia de producción (expresada porcentualmente) entre el día peak y la producción del último día de lactancia, ambas calculadas según Wood. Esta diferencia porcentual (declinación) puede expresarse por el intervalo de tiempo que se desee, al dividirla por el valor que se obtiene

de la diferencia entre el día que ocurre el peak y el último día de lactancia (largo de la lactancia), dividido por el intervalo de tiempo elegido.

Los valores de P6 se pueden expresar como índice de declinación mensual (IDM) o como índice de declinación total (IDT), al multiplicar la declinación diaria (i = 1) por t - b/c, donde b/c es el día de máxima producción, tal como lo define Wood.

También es posible convertir los resultados de declinación (porcentajes) en unidades de peso o volumen de leche que disminuyen diariamente, semanalmente, o por la unidad de tiempo que se desee. Para ello, será necesario calcular la producción diaria máxima mediante la expresión:

$$y = a \times b^b \times c^{-b} \times e^{-b} \text{ (Wood, 1967)}$$

donde: a, b y c = parámetros de la función de Wood y sobre estos valores aplicar el porcentaje de declinación (diario, mensual, etc.).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se indican dos lactancias, que representan situaciones de producción comunes de encontrar, ajustadas por la función de Wood. Los datos reflejan la situación planteada en la introducción del presente estudio: la Curva A representa al animal deseado, con buena producción total y una producción máxima/día no tan alta como la Curva B; esta última presenta menor producción total, pero alcanza un nivel de producción diario más alto. Si se examinan las persistencias y los índices de declinación, esta situación queda reflejada al presentar A mayor persistencia o menor declinación que B.

Al utilizar los valores del Cuadro 1 para el cálculo de la persistencia, a través de los diferentes métodos enunciados anteriormente, se generan los valores presentados en el Cuadro 2. Los diferentes valores encontrados, indican la diversidad de criterios posibles de adoptar frente al análisis de esta variable.

Aquellos métodos que utilizan proporciones entre diferentes etapas de la curva de lactancia (P1 y P2), entregan valores expresados en porcentajes de fácil comprensión. Así por ejemplo, se puede apreciar en la Curva A una excelente persistencia, que significa que, en los segundos cien días de lactancia la producción se mantiene en un 94,74%, comparada con los primeros 100 días (P1). Este porcentaje es menor en P2, dado que la proporción se establece en relación a los terceros 100 días de lactancia, donde la producción

**CUADRO 1. Curvas de lactancia ajustadas por la ecuación de Wood, tomadas como base para el cálculo de persistencia****TABLE 1. Lactation curves adjusted by Wood's equation, taken as basis for persistence calculation**

CURVA A			CURVA B		
a = 2,33010	b = 0,2448	c = 0,0038	a = 2,53510	b = 0,2455	c = 0,00680
Producción Total:	5.594,81		Producción Total:	4.661,36	
Día Máxima Prod.:	64,4211		Día Máxima Prod.:	36,1039	
Prod. Diaria Max.:	22,3092		Prod. Diaria Max.:	23,8088	
Día	Producción lt/día	Producción acumulada	Producción lt/día	Producción acumulada	
5	14,96	64,80	18,11	78,84	
10	17,39	147,48	20,75	178,06	
15	18,84	239,02	22,15	286,32	
20	19,84	336,34	22,98	399,73	
25	20,55	437,77	23,46	516,17	
30	21,09	542,20	23,71	634,17	
35	21,49	648,89	23,81	753,22	
40	21,78	757,25	23,78	872,20	
45	22,00	866,84	23,66	990,76	
50	22,15	977,30	23,46	1.108,49	
55	22,24	1.088,35	23,22	1.225,09	
60	22,30	1.199,74	22,93	1.340,32	
65	22,31	1.311,28	22,60	1.453,98	
70	22,29	1.422,78	22,24	1.565,92	
80	22,17	1.645,11	21,48	1.784,19	
90	21,97	1.865,77	20,65	1.994,45	
100	21,70	2.084,05	19,80	2.196,30	
110	21,39	2.299,37	18,94	2.389,55	
120	21,03	2.511,32	18,07	2.574,16	
150	19,82	3.123,95	15,57	3.077,10	
180	18,49	3.698,13	13,28	3.508,00	
200	17,59	4.058,46	11,89	3.758,79	
210	17,13	4.231,84	11,24	3.874,12	
240	15,80	4.725,03	9,47	4.183,36	
270	14,51	5.178,78	7,95	4.443,42	
300	13,28	5.598,78	6,66	4.661,36	
305	13,08	5.660,63	6,46	4.694,04	

a, b y c: Parámetros de la función de Wood.

**CUADRO 2. Valores de persistencia y declinación de las curvas del Cuadro 1, provenientes de 6 diferentes métodos de cálculo****TABLE 2. Persistence and declination values for the curves of Table 1, given by six different calculation methods**

Métodos	Curva A	Curva B
P1	94,74	74,14
P2	73,72	41,10
P3	109,94	126,68
P4	120,20	154,70
P5	1.020,64	500,74
P6 IDM	5,15	8,19
IDT	41,32	73,41

P1 y 2: Johansson y Hansson (1940); P3 y 4: Sölkner y Fuchs (1987); P5: Wood (1967); IDM: índice declinación mensual; IDT: índice declinación total.

disminuye por razones fisiológicas. Al comparar A y B, se aprecia que en B las persistencias son menores, manteniéndose para P1 y P2 similar relación a la señalada para A.

En P3 y P4, que también son proporciones, pero entre producciones máximas y promedios en diferentes longitudes de lactancias, se obtienen valores porcentuales superiores a 100, que en cierta medida complican su comprensión, ya que a medida que desciende la persistencia (B), estos valores aumentan su valor absoluto.

En P5 se obtiene un valor absoluto, que no se relaciona con valores conocidos y que puede generar una propia escala que posibilite su análisis. Se aprecia una tendencia a la disminución de este valor absoluto, cuando la persistencia disminuye.

En concordancia con los índices obtenidos con P3 y P4, los valores calculados por P6 para IDM e IDT, aumentan cuando la persistencia disminuye (B), situación lógica, atendiendo al concepto de declinación, que significa precisamente lo contrario que persistencia. Si se quiere expresar el resultado en persistencia, entonces debe hacerse la diferencia con 100. Para el ejemplo utilizado, el valor de persistencia total fue de 58,68%, en la Curva A, y 26,59%, en la Curva B.

Tal como se aprecia en el Cuadro 2, existen diferentes formas de expresar persistencia, para una misma situación. Sin embargo, el único índice de los presentados que puede traducirse a unidad de volumen/tiempo, es el del presente estudio. Esta característica, conjuntamente con la posibilidad de expresar la declinación por día, semana, mes, etc., objetiva y hace práctica la obtención de este índice, al permitir su uso en evaluaciones económicas.

## RESUMEN

---

En la Estación Experimental La Platina (INIA), Santiago, Chile, 1987, a partir de la función propuesta por Wood para el ajuste de la curva de leche, se aplicó un índice para medir la declinación o persistencia de la curva lechera en vacas. El cálculo de la declinación por unidad de tiempo puede expresarse como

porcentaje o bien como volumen o peso de leche que disminuye por unidad de tiempo, otorgando a esta característica un valor práctico, puesto que facilita su comprensión y posibilita su uso en evaluaciones económicas.

## LITERATURA CITADA

---

JOHANSSON, I. and HANSSON, A. 1940. Causes of variation in milk and butterfat yield in dairy cows. Kungl. Landtbt. Akad. Tids. Kr., 79: 1-27.

SANDERS, H.G. 1930. The analysis of the lactation curve into maximum yield and persistency. J. Agric. Sci. 20: 145-185.

SOLKNER, J. and FUCHS, W. 1987. A comparison of different measures of persistency with special respect to variation of test-day milk yield. Livest. Prod. Sci. 16: 305-319.

WOOD, P.D.P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. Nature (London) 216: 164-165.