

ANTÓN GARCÍA MARTÍNEZ (\*)

JOSÉ J. RODRÍGUEZ ALCAIDE (\*)

JUAN C. SÁNCHEZ (\*\*), DIEGO E. M. RUIZ (\*\*)

RAQUEL ACERO DE LA CRUZ (\*)

## **Aplicación del método financiero en la determinación del momento óptimo de renovación: caso del vacuno lechero (Argentina)**

### **INTRODUCCIÓN**

La renovación de vacas lecheras es una decisión estratégica y una inversión en bienes duraderos, con las particularidades de estar referida a equipos biológicos. Se plantea como una alternativa para hacer frente a la competencia, si se ha introducido un cambio tecnológico. En otras situaciones es una decisión que permite a la empresa sobrevivir en el largo plazo dentro de una constante tecnológica o responder al crecimiento de la explotación ganadera (Sánchez, 1996).

Cuando se decide la renovación de una vaca y se toma una decisión de inversión, se está ante la elección previa de un objetivo, de una técnica y de un horizonte temporal. Las cuestiones substanciales que se plantean son: ¿Cuándo se deben renovar las vacas lecheras?, ¿Con cuantas lactaciones? y ¿Por qué tipo de técnica?

Los motivos que inducen a la renovación de un equipo productivo son los siguientes:

- Agotamiento del bien, originado por su uso, lo que supone una disminución de la productividad física de la vaca.

---

(\*) Unidad de Economía Agraria. Universidad de Córdoba.

(\*\*) Producción Animal. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina.

- Encarecimiento de los costes de entretenimiento y sanidad.
- Obsolescencia técnica, que se manifiesta por la aparición de nuevas tecnologías.

En la actualidad se propugna en Argentina una política de renovación de vacas lecheras de alta producción en su cuarta lactación, que se sustituyen por novillas preñadas (Sánchez, 1996). Cabe plantearse si esta estrategia de renovación anticipa el momento con el consiguiente drenaje de capitales o por el contrario se está retrasando el momento de renovación y se provoca el envejecimiento de la empresa y en consecuencia una falta de competitividad de la misma.

Diversos autores resuelven la renovación a través del cálculo del coste de oportunidad, beneficios, etc: Wingartner (1965), Riggs (1973), Rapp (1974), Dawson (1976), Gartner (1981), Johnson y Pasour (1981), Esteban y Quiqueran-Beaujeu (1986), Weigel (1995), Purvis (1995), Pagoulatos y Blackwell (1996).

Otros autores aplican modelos estocásticos que les permiten cuantificar la probabilidad de fallo del equipo, o los fallos de la inseminación en el caso del vacuno lechero, aplicando principalmente la técnica de Markov, tales como: Derman (1963), McCullough y De Lorenzo (1996).

Asimismo aplican la programación dinámica en el establecimiento de políticas de renovación: McClelland et al (1989), que otros autores resuelven con la teoría de grafos, Figuera Andu y Figuera Figuera (1979), Delgado, et al (1987), etc.

El criterio decisorio de renovación de una vaca lechera por otra de la misma naturaleza, es función del objeto final de bien; en este caso el equipo realiza ventas directas al mercado e interesa maximizar el beneficio. La solución óptima se obtiene maximizando el beneficio poliperiódico de dicho bien productivo y el factor tiempo constituye la variable dinámica del proceso decisonal (Rodríguez Alcaide, 1969).

La estrategia, desde el punto de vista financiero, consiste en renovar el equipo productivo en aquel período en el que se maximiza el beneficio anual equivalente, es decir, en el momento en el que el beneficio anual equivalente generado por disponer del equipo un año más ( $t+1$ ), es menor que el valor descontado del beneficio equivalente medio en el periodo  $t$ , y

cuando el valor descontado de todos los beneficios de tener el equipo un año menos ( $t-1$ ), sea menor que el valor del beneficio medio equivalente en el período  $t$  (Rodríguez Alcaide et al., 1993).

En un período de tiempo  $T$ , se maximiza la función del beneficio del modo siguiente:

$$B(T) = \int_0^T [I(t) - C(t)] Fa^{-it} dt + Vr(T) Fa^{-iT} - Va$$

Donde  $B(T)$  es el beneficio dado por una vaca en función del período  $T$ , de la actividad productiva del bien, que depende de los ingresos y gastos en cada período ( $t$ ) actualizados ( $Fa$ ) y del valor residual actualizado ( $Vr$ ). La constante  $Va$  es el valor de adquisición de una vaca, es decir el coste inicial de la inversión. La solución viene dada cuando  $B(T)$  es máximo:

$$\partial B / \partial t = 0 \quad \text{y} \quad \partial^2 B / \partial t^2 < 0$$

El objetivo principal del presente trabajo es determinar la política óptima de renovación de vacas lecheras en base al criterio de maximización del beneficio anual equivalente. Una vez determinada se compara con la actual política de renovación desarrollada en los tambos de la provincia de Córdoba (Argentina). Asimismo se determina el interés equivalente de la inversión.

En segundo término se establece la estrategia de renovación en base a la maximización de la Tasa Interna de Rentabilidad. Por último con el fin de conocer el impacto de las variables analizadas en la política propuesta se efectúa un análisis de sensibilidad del modelo de maximización del beneficio anual equivalente.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La Cuenca de Villa María, sita en la provincia de Córdoba (Argentina), presenta un efectivo de 320.220 reproductoras bovinas lecheras, cuantificándose la población objeto de estudio en 60.908 reproductoras de alta producción (rendimien-

tos superiores a los 5.000 litros por lactación). En el presente trabajo se extrae una muestra de 5.598 vacas con control lechero, lo que supone un tamaño muestral del 9,19 por ciento. Se inicia el análisis con un número de registros superior a cinco mil lactaciones, según se indica en el cuadro 1.

El desarrollo de la metodología financiera permite seleccionar aquella estrategia de renovación de vacas lecheras en la Provincia de Córdoba que maximiza el beneficio actualizado en el período 1991-1996, considerando las variables: Producción y consumo de grano por lactación, inflación, mortalidad, valor de adquisición y residual de las vacas, así como los precios de inputs-outputs del período, en tanto que se mantienen constantes (*ceteris paribus*) el resto de las variables del sistema. La secuencia de exposición será la siguiente. En una primera parte se describen las variables utilizadas y posteriormente se explicita la metodología aplicada, así como el modelo desarrollado.

### a) Descripción de las variables utilizadas en el modelo

En el modelo se incorporan las variables relevantes, respecto a la decisión de renovar una vaca lechera, entendiéndose por relevantes aquellas que diferencian, desde el punto de vista del beneficio, un bien de otro de la misma naturaleza. También concurre, y se contemplan en el modelo, los factores tiempo e inflación.

#### *Producción por lactación (Y)*

Se estima la producción a 305 días para cada lactación, obteniéndose los rendimientos que se indican en la cuadro 2 a partir del ajuste polinómico en la primera y el lineal para las restantes lactaciones, propuesto por Sánchez (1996).

Cuadro 1

NÚMERO DE REGISTROS POR LACTACIÓN

Lactación	L1	L2	L3	L4	L5	L6
N.º registros	5.158	5.083	5.017	4.915	4.182	4.627

Cuadro 2

## PRODUCCIÓN POR LACTACIÓN

Lactación	L1	L2	L3	L4	L5	L6
Producción (litros)	5.341	6.218	6.282	6.304	6.000	5.800

***Precio del kg de concentrado ( $P_x$ ) y del litro de leche ( $P_y$ )***

El precio del concentrado se fija en base a la producción y a las cotizaciones de grano, del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Argentina (INDEC), tomados del precio en dársena. En el caso de la leche se toman las cotizaciones de Agro Mercados.

***Consumo de concentrado por lactación ( $X$ )***

En un sistema productivo pastoril, se pueden alcanzar desde 16 a 20 litros/día (Gallardo, 1988), (Thonson et al., 1985), (Jennings et al., 1984), (Roger et al., 1982), (Castle et al., 1979), 12,5 y 15 litros/día en primíparas y múltiparas respectivamente (Vicentini et al., 1985), etc. En el modelo se estiman 13,5 litros por vaca y día; valor próximo a los datos de autores argentinos y en consonancia con la media productiva Argentina dada por la FAO en 1995. A partir de 13,5 litros (litro límite) se administran 450 gramos de concentrado por litro de leche generado (García, 1996). Se calculan los litros a suplementar y los kg de suplemento de cada lactación (cuadro 4), según las siguientes expresiones:

Cuadro 3

## COTIZACIONES DE GRANO Y LECHE

Precio/año	1991	1992	1993	1994	1995	1996 (*)
Grano (\$/100 kg) (**)	10,38	9,45	9,49	11,02	9,21	9,3
Leche (litro) (***)	0,13	0,15	0,18	0,2	0,19	0,2

(\*) Precios del primer semestre de 1996; (\*\*) Precios en dársena; (\*\*\*) Agro Mercados

$$LS_i = @ MC_i < LL \Rightarrow 0$$

$$LS_i = @ MC_i > LL \Rightarrow MC_i - LL$$

Donde:

$LS_i$  = Litros a suplementar en el control  $i$ , desde 1 a 10.

$MC_i$  = Media de litros día en el control  $i$ .

$LL$  = Litro límite; 13,50 litros.

y el suplemento total por lactación sería:

$$TSL_n = \sum_1^{10} LS_i * 0,45 \text{ kg / litro} * 30,5 \pm 3 \text{ días}$$

$TSL_n$  = Total de kg a suplementar en la lactación  $n$ , desde 1 hasta 6.

0,45 = A partir de los litros límite se necesita por cada nuevo litro 450 gramos de suplemento por litro de leche generado.

$30,5 \pm 3$  = Es el intervalo medio entre controles (días).

Cuadro 4

EVOLUCIÓN DE LA INFLACIÓN Y LA MORTALIDAD

Año	Inflación argentina $i(\text{arg})^*$	Inflación agropecuaria $i(\text{agr})^*$	Lactación	Mortalidad $i(\text{mor})^{**}$
1991	84%	62,2%	L1	1,46%
1992	17,5%	9,9%	L2	1,29%
1993	7,4%	0,1%	L3	2,03%
1994	3,9%	0,29%	L4	2,10%
1995	2%	0,2%	L5	3,84%
1996	2%	0,2%	L6	2,67%

\* Fuente: INDEC; \*\* Elaboración propia.

$i(\text{arg})$  = La inflación argentina desde el año 1991 hasta 1996

$i(\text{agr})$  = La inflación en el sector pecuario argentino desde el año 1991 hasta 1996

$i(\text{mor})$  = La tasa de mortalidad expresada en tanto por uno desde la primera lactación hasta la sexta

$i = i(\text{arg}) + i(\text{mor})$  = Es la tasa de interés por lactación y comprende la inflación y la mortalidad.

$Fa_1 = 1 / (1+i)^t$  = El factor de actualización anual, siendo  $i$  la inflación argentina  $i(\text{arg})$ , más un plus consecuencia del riesgo biológico del negocio  $i(\text{mor})$  y tomando  $t$  valores desde 1 hasta 6.

$Fa_2 = 1 / [(1+i(\text{arg}))^t]$  = El factor de actualización anual, siendo  $i$  la inflación argentina  $i(\text{arg})$ . Se utiliza en aquellas actualizaciones en las que no se considera el riesgo biológico, caso del valor residual del equipo (valor de una vaca en matadero).

**Factor de actualización ( $F_a$ )**

La tasa de descuento o factor de actualización está formada por la inflación Argentina o el coste de oportunidad del capital invertido, más un plus fruto del riesgo biológico del negocio en base al porcentaje de mortalidad.

**Valor de adquisición de las vacas lecheras ( $V_a$ )**

Es el valor monetario de la inversión en adquirir una novilla preñada  $V_{a0}$ , se obtiene de las tablas de cotizaciones de Agro Mercados, para cada año, generándose los valores que se indican en la cuadro 5.

**Valor residual de las vacas ( $V_r$ )**

Es el valor de enajenación de una vaca de  $n$  lactaciones (cuadro 6), cotizándose como el valor percibido por el ganadero por kg de peso vivo de una vaca lechera de 500 kg en madero.

Cuadro 5

VALOR DE ADQUISICIÓN ( $V_a$ )

Valor (dólares/vaca)	1991	1992	1993	1994	1995	1996
$V_a$	1.125	1.275	1.200	1.125	975	900

Cuadro 6

VALOR RESIDUAL DE UNA VACA LECHERA ( $V_r$ )

Valor	1991	1992	1993	1994	1995	1996
$V_r$ (dólares/kg)	0,46	0,53	0,43	0,32	0,44	0,46
$V_r$ (dólares/vaca)	230	265	215	160	220	230

## b) Determinación del momento óptimo de renovación de una vaca lechera

El enfoque práctico para el análisis de la política de renovación de vacas lecheras viene dado por la siguiente ecuación general del beneficio:

$$B(t) = \sum_t^n [I(t) - C(t)] Fa^t + Vr(n) Fa^n - Va$$

Donde:

$B(t)$  = Es el beneficio actualizado obtenido al final del horizonte temporal  $t$ .

$I(t)$  = Son los ingresos por venta de leche en el año  $t$ .

$C(t)$  = Son los gastos originados como consecuencia del consumo de concentrado en el año  $t$ .

$Fa^t$  = Es el factor de actualización, donde  $Fa = 1/(1+i)^n$ , siendo  $i$  es el tipo de descuento o de actualización del flujo.

$Va$  = Es el valor de adquisición o desembolso inicial de compra de una vaca.

$Vr(n)$  = Es el valor residual de la vaca en el período  $n$ .

La maximización del beneficio anual equivalente  $b(n)$  es la cantidad anual que de modo constante se recibirá cada año durante el horizonte temporal (vida útil de la vaca), que actualizada y sumada sea equivalente al beneficio actualizado obtenido al final del horizonte temporal  $b(t)$ . Es decir  $b(n)$  es el beneficio medio por período que a lo largo de  $t$  años es equivalente a  $B(t)$ , de modo que:

$$\sum_t^n [I(t) - C(t)] Fa^t + Vr(t) Fa^t - Va = b(n) (Fa + Fa^2 + \dots + Fa^n)$$

cuyo significado es:

$$b(n) = \sum_t^n [I(t) - C(t)] Fa^t + Vr(t) Fa^t - Va / (Fa + Fa^2 + \dots + Fa^n)$$

Se debe renovar la vaca lechera cuando el valor descontado del beneficio del período siguiente, sea menor que el valor descontado del beneficio medio equivalente por período, satisfecho al final del mismo. Es decir, se obtiene el momento óptimo de reposición cuando el beneficio anual equivalente es máximo  $b(n)_{MAX}$ , verificándose las siguientes condiciones:

$$b(n-1) < b(n) > b(n+1)$$

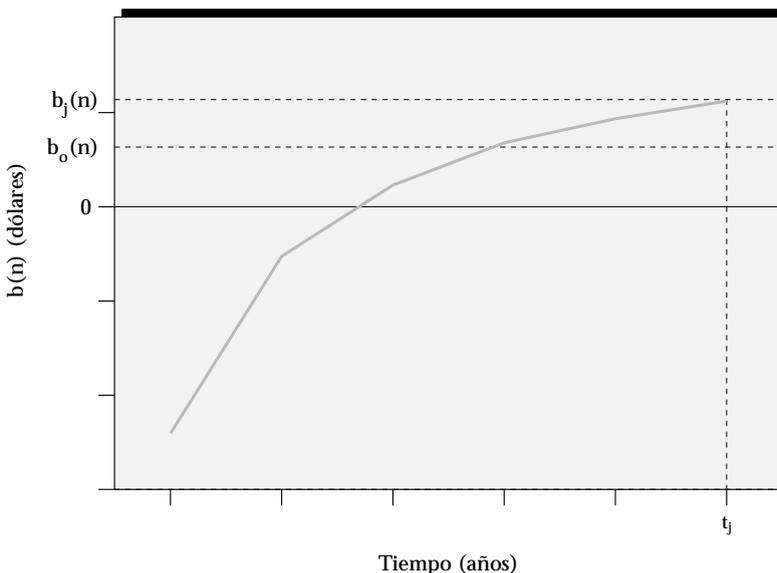
El desarrollo de la actual política de renovación de vacas lecheras frente a la propuesta, conlleva las diferencias en el beneficio anual equivalente  $b(n)$  que se indican en la gráfico 1. La comparación de ambas políticas responde a la expresión:

$$t_i * b_i(n) - t_i * b_0(n) = t_i [b_i(n) - b_0(n)]$$

Se observa que la diferencia entre ambas estrategias de renovación viene dada por el segmento  $t_i [b_i(n) - b_0(n)]$ .

Gráfico 1

Evaluación de estrategias



### ***Determinación del interés equivalente***

El interés equivalente es aquel que produciría el mismo beneficio anual equivalente en el horizonte analizado que el conjunto de los tipos variables aplicados, a partir de la expresión del valor final de una inversión:

$$C_f = C (i+i)^n$$

Donde  $C_f$  es el capital final,  $C$ , el capital inicial,  $n$  el horizonte temporal de la inversión, e  $i$  el interés equivalente. Despejando  $i$  se obtiene:

$$i = (C_f/C)^{1/n} - 1$$

Sustituyendo por las variables utilizadas se obtiene:

$$i = \left[ \sum_t^n b(n)_{\max} / Va \right]^{\frac{1}{n}} - 1;$$

Donde:

- $\sum_t^n b(n)_{\max}$  = Sumatorio del beneficio anual equivalente máximo del período.
- $Va$  = Valor de adquisición de una vaca.
- $n$  = Vida útil de la vaca.

### ***Maximización de la Tasa Interna de Rentabilidad (r)***

Otro criterio aplicable en la determinación del momento óptimo de renovación de una vaca lechera es la maximización de la rentabilidad financiera de la inversión. Se busca el momento ( $t$ ) en el que se maximiza la tasa interna de rentabilidad de la inversión ( $r$ ), por el beneficio anual equivalente se anula, según las siguiente expresión:

$$VAN = \int_0^T [I(t) - C(t)] Fa^{-rt} dt + Vr(T) Fa^{-rt} = Va$$

Donde  $r$  es la tasa interna de rentabilidad, valor que se ha de maximizar dando lugar a un valor neto de la inversión (VAN) que iguale la inversión inicial  $V_a$ . Se consideran las variaciones de la función VAN con dos variables  $r$  y  $T$ , tomándose aquellos valores que igualen al  $V_a$ . La función del beneficio bruto (BB) es la siguiente:

$$BB = VAN_r(T) - V_a$$

Donde:

$$BB = \sum_t^n [I(t) - C(t)] Fa^t + Vr(n) Fa^n$$

El momento de renovación ( $t$ ) en que el se obtiene el  $r$  máximo, se consigue cuando  $VAN_{rmax} = V_a$ , verificándose:

$$BB = V_a ; B(t) = 0 ; b(n) = 0$$

### ***Análisis de sensibilidad del modelo***

La determinación del momento óptimo de renovación de las vacas lecheras en la Provincia de Córdoba (Argentina) se realiza en una situación de certeza, donde se conocen los precios de inputs, outputs, etc, al ser un análisis ex post.

Es conveniente modelizar la realidad de diferentes situaciones para abordar la complejidad del planteamiento de renovación de vacas lecheras, de modo que considerando la hipótesis de crecimiento perfecto y de economía en equilibrio se procede a la simulación de diferentes situaciones posibles en la empresa pecuaria. Por lo que se establecen, ex ante, situaciones de incertidumbre en las que podrían concurrir diversos escenarios, de los que se desconoce la probabilidad de que se desarrolle cada uno de los mismos. Se acude por lo tanto a técnicas de valoración cualitativas, estableciéndose escenarios optimistas, pesimistas, etc., en los que permanecen constantes el resto de las variables y se simula «que pasaría si...». Asimismo con la simulación se estima la sensibilidad del

modelo frente a cada una de las variables modificadas. Los escenarios analizados son:

- Optimista I: Se simula un precio bajo del concentrado (0,08 dólares/kg; el menor valor ) y alto del producto (0,2 dólares/litro; el mayor valor del período).
- Optimista II: Basado en el escenario primero, aunque se incorpora una situación de control de la inflación (2 por ciento anual).
- Pesimista: Se simula un precio alto del concentrado (0,11 dólares/kg; el mayor valor ) y bajo del producto (0,13 dólares/litro; el menor valor del periodo 1991-1996).
- Inflación del sector agropecuario argentino: Se efectúa una simulación con la inflación del sector agropecuario argentino  $i(\text{agr})$ , indicada en la cuadro 4.
- Variación de la productividad. Incremento de la productividad: Se simula el momento óptimo de renovación, en base a las estimaciones productivas de la Centro de Inseminación Artificial de Venado Tuerto (CIAVT), para la misma población.

### ***Restricciones del modelo***

La ejecución del modelo financiero propuesto en la determinación del momento óptimo de renovación de vacas lecheras conlleva las siguientes restricciones:

- Cada vaca se renueva por otra de la misma naturaleza; es decir, por una vaquillona preñada. Esta restricción se in-

Cuadro 7

#### ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN POR LACTACIÓN

Lactación	L1	L2	L3	L4	L5	L6
Producción CIAVT	5.848	6.730	7.041	7.011	6.937	6.862
Producción $Q_1$	4.277	4.917	5.086	5.032	4.850	4.513

Disminución de la productividad: Se simulan condiciones productivas en base al cuartil inferior de la muestra ( $Q_1$ ).

cluye al no registrarse un mercado de vacas de más de una lactación.

- La optimización de esta técnica requiere el calculo del momento óptimo de renovación para cada vaca y no para el conjunto del hato.
- Se calcula el momento óptimo de renovación en base a los datos productivos de la primera, segunda,.. y sexta lactación de las vacas resultantes de la presión selectiva establecida.
- Se plantea un sistema productivo de un parto al año, en un ciclo de seis años, con los precios de inputs y outputs correspondientes al período 1991-1996.

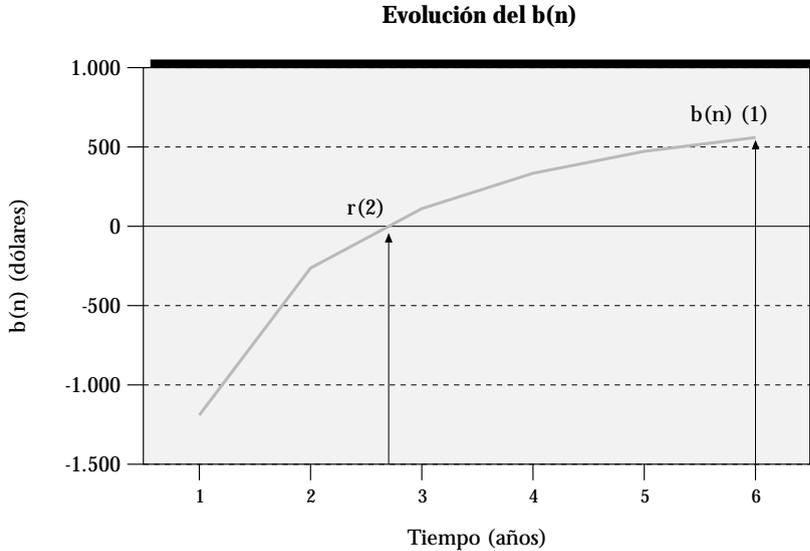
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El modelo financiero desarrollado permite seleccionar aquella estrategia de renovación de vacas lecheras en la Provincia de Córdoba que maximiza el beneficio actualizado en el período 1991-1996, considerando las variables: Producción y consumo de grano por lactación, inflación, mortalidad, valor de adquisición y residual de las vacas, así como los precios de inputs-outputs del período, en tanto que se mantienen constantes (*ceteris paribus*) el resto de las variables del sistema.

La política de renovación que se manifiesta óptima, al maximizar el beneficio anual equivalente (cuadro 8), consiste en iniciar la producción con una novilla preñada, que continúa en la explotación hasta su sexta lactación (558 dólares) y es reemplazada por otra novilla preñada (gráfico 2). Asimismo esta estrategia genera un beneficio anual equivalente acumulado, en el período 1991-1996, de 3.348 dólares. Al inferir estos datos al resto de hatos de alta producción, de la Provincia de Córdoba (Argentina), que presentan un tamaño medio de 107 vacas y supuesto que muestran el mismo comportamiento productivo, se obtienen un beneficio equivalente actualizado en el período analizado de 358.236 dólares.

Se observa que la estrategia actual de renovación de vacas lecheras en la cuarta lactación frente a la sexta, supone una disminución del beneficio anual equivalente igual al segmento  $t_i [b_i(n) - b_0(n)]$  cuantificándose económicamente en

Gráfico 2



(1) Política de renovación de máximo beneficio anual equivalente.

(2) Política de renovación de máxima rentabilidad financiera.

1.338 dólares por vaca y ciclo; es decir una disminución del 39,96 por ciento. El interés equivalente de la inversión en una vaca con la política de reemplazo propuesta, en el período 1991-1996, es del 19,93 por ciento.

Entre la segunda y tercera lactación se alcanza la máxima rentabilidad financiera (gráfico 2), aunque  $r$  se sitúa más próxima a la tercera lactación. Asimismo se anula el  $b(n)$  en el tercer parto con una  $r$  del 27,3 por ciento, en tanto que se alcanza la tasa interna de rentabilidad en la segunda lactación con el 11,73 por ciento.

Una vez establecido el modelo y seleccionada la política de renovación se simulan los escenarios anteriormente propuestos evaluando su incidencia en el beneficio anual equivalente, así como las posibles modificaciones de la estrategia planteada (cuadro 10).

En todos los escenarios analizados la política óptima de renovación de vacas lecheras se mantiene constante en el sexto período, aunque sí se modifica el beneficio anual equivalente obtenido. Se observa la gran incidencia de la inflación en los

Cuadro 8

MODELO DE SIMULACIÓN DEL MOMENTO ÓPTIMO DE RENOVACIÓN

Lactación	Y	X	Año	Py	Px	Período	I	C
1	5.329	507	1991	0,13	0,08	1	693	40,60
2	6.261	822	1992	0,15	0,08	2	939	65,76
3	6.447	889	1993	0,182	0,11	3	1.173	97,81
4	6.455	886	1994	0,2	0,11	4	1.291	97,41
5	6.000	859	1995	0,19	0,08	5	1.140	68,70
6	5.800	866	1996	0,2	0,08	6	1.160	69,31

Lactación	I(mor)	Año	I(arg)	Período	Fa1	Fa2	Va
1	0,015	1991	0,840	1	0,5392	0,5435	1.125
2	0,013	1992	0,175	2	0,4539	0,4625	
3	0,020	1993	0,074	3	0,4148	0,4307	
4	0,021	1994	0,039	4	0,3913	0,4145	
5	0,038	1995	0,025	5	0,3680	0,4044	
6	0,027	1996	0,020	6	0,3516	0,3965	

Período	B	Ba	SBa	Vr	Vra	BB	B(t)	SFa	b(n)
1	652	352	352	230	125	477	-648	0,54	-1.202
2	873	396	748	265	123	871	-254	0,99	-256
3	1.076	446	1.194	215	93	1.287	162	1,41	115
4	1.194	467	1.661	160	66	1.728	603	1,80	335
5	1.071	394	2.055	220	89	2.144	1.019	2,17	470
6	1.091	383	2.439	230	91	2.530	1.405	2,52	558

Cuadro 9

CONSUMO DE CONCENTRADO

Control	Lactación 1		Lactación 2		Lactación 3		Lactación 4		Lactación 5		Lactación 6	
	Media Litros	Litros a suplementen.										
C1	18,271	4,77	24,70	11,20	25,620	12,12	25,759	12,26	25,620	12,12	25,978	12,48
C2	19,689	6,19	25,32	11,82	26,794	13,29	26,657	13,16	26,465	12,97	26,413	12,91
C3	19,673	6,17	24,07	10,57	25,169	11,67	25,242	11,74	24,724	11,22	25,102	11,60
C4	19,080	5,58	22,32	8,82	23,140	9,64	22,890	9,39	23,026	9,53	23,008	9,51
C5	18,447	4,95	20,64	7,14	21,050	7,55	21,137	7,64	20,684	7,18	20,718	7,22
C6	17,461	3,96	18,77	5,27	19,060	5,56	19,029	5,53	18,790	5,29	18,705	5,20
C7	16,464	2,96	16,96	3,46	17,008	3,51	16,895	3,40	16,434	2,93	16,611	3,11
C8	15,352	1,85	15,11	1,61	14,945	1,45	14,910	1,41	14,824	1,32	14,585	1,09
C9	14,035	0,54	12,81	0,00	12,715	0,00	12,604	0,00	12,631	0,00	12,262	0,00
C10	12,301	0,00	10,61	0,00	10,538	0,00	10,568	0,00	10,260	0,00	10,071	0,00
Total kg grano	507,44		821,98		889,19		885,52		858,73		866,32	

Totales

Lactación	Litros	Suplement
L1	5.329	507,44
L2	6.261	821,98
L3	6.447	889,19
L4	6.455	88,52
L5	6.000	858,73
L6	5.800	8663,32

Litro limite 13,50

Kg/litro 0,45

Cuadro 10

## SIMULACIÓN DE ESCENARIOS

Escenarios	b(n) (dólares)	Beneficio del período (dólares)	Variación porcentual
Salida modelo	558	3.348	-
Optimista I	731	4.386	26,52
Optimista II	970	5.820	69,35
Pesimista	286	1.716	-53,23
Inflación Agropecuaria	661	3.966	13,98
Alta productividad	676	4.056	16,67
Baja productividad	339	2.034	-43,73

escenarios optimistas I y II. Asimismo al analizar el escenario optimista II frente al optimista I, se estima la incidencia de la inflación sobre el b(n) en más de un 40 por ciento. Asimismo en el escenario pesimista de precios se genera una caída del beneficio anual equivalente del 53 por ciento. En tanto que la simulación de baja productividad incide negativamente en el b(n) en un 44 por ciento, aunque en ambos escenarios se mantiene constante la política de renovación propuesta.

## CONCLUSIONES

Los resultados indican que la política óptima de renovación de vacas de la misma naturaleza supone comenzar la producción con una novilla preñada, continuando la explotación hasta la sexta lactación y sustituyéndose por otra novilla preñada. Acometer dicha política de renovación, frente a la estrategia de renovación en la cuarta lactación, supone un incremento del beneficio anual equivalente del 40 por ciento.

Se puede concluir que la política de renovación se mantiene constante frente a la diversos escenarios propuestos, con la consiguiente modificación de las variables. Adquieren gran importancia en el presente modelo, desde el punto de vista cuantitativo, las variables inflación, caída del precio de la leche y la subida del precio del grano (pienso, concentrado), así como la disminución de la productividad, frente a las variables incremento del precio de la leche, inflación del sector agropecuario argentino e incremento de la productividad, que inciden en menor medida. □

## BIBLIOGRAFÍA

- ALBERT BATTERSBY (1970): *Planificación y programación de proyectos complejos*. Edit. Ariel. Barcelona. Wiley, J. 1967. El método Pert. Nebrija. Madrid.
- ANDREO, N. A.; COMERÓN, E. A.; TAVERNA, M. A.; ROMERO, L. A. y BRUNO, O. A. (1992): *Unidad de Producción Lechera. Resultados del período 1981-1990*. INTA Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Argentina.
- BARRANECHEA, A. A. y Galetto, A. J. (1992): *Influencia del tamaño y la tecnología sobre los resultados económicos en modelos de producción lechera*. Agencia de Extensión Rural INTA Villa María (Tucumán).
- BERGE, C. (1958): *Theorie des graphes et ses applications*. Paris. Dunod.
- BLOUSSON, R. (1995): «La exportación es el camino del crecimiento». *La Voz del Tambo*, 8. Buenos Aires. Argentina.
- CASTLE, M. E.; WATSON, J. N. y LEAVER, T. D. (1979): «A comparison between barley and groundnut as supplements for dairy cows at pasture». *Grass and Forage Sc.*, 34: pp. 197-201.
- CORDONIER, P.; CARLES, R. y MARSAL, P. (1973): *Economía de la empresa agraria*. Mundi-Prensa. Madrid. pp. 422-426.
- DAWSON, P. (1976): *Optimum replacement intervals for machinery that wears*. Metra.
- DELGADO, M.; VERDEGAY, J. L. y VILA, M. A. (1987): «El problema del árbol minimal para grafos difusos». *Trabajos de investigación operativa*, Vol. 2, 1: pp. 3-21.
- DERMAN, C. (1963): *On optimal replacement rules when changes of state are Markovian*. Ch 9 in *Mathematical optimization techniques*. ed. R. Bellman, Berkeley and Los Angeles: University of California Press.
- ESTEBAN, L. F. M. y QUIQUERAN-BEAUJEN (1986): *Evaluación económica de la duración óptima de posturas de gallinas*. Cátedra de Administración Rural. Edit Universidad Nacional de Buenos Aires; N° 12 Buenos Aires. Argentina.
- FIGUERA ANDÚ, J. y FIGUERA FIGUERA, J. R. (1979): *Renovación de equipos industriales*. Edit Hispano Europea. Madrid
- GALLARDO, M. (1988): *Lipomovilización en vacas lecheras en pastoreo. Efectos de distintos niveles de suplementación energética durante lactación temprana*. Tesis Magister Sci. Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina.

- GARCÍA MARTÍNEZ, A.; RODRÍGUEZ ACAIDE, J. J.; SÁNCHEZ, J. C. y RUIZ, D. E. M. (1996): *Aplicación de la programación dinámica en la determinación del momento óptimo de renovación de vacas lecheras de la Provincia de Córdoba (Argentina)*. Agricultural Systems (en prensa).
- GARCÍA MARTÍNEZ, A.; RODRÍGUEZ ACAIDE, J. J.; REYES LÓPEZ, J.; MARTOS PEINADO, J.; GALETTO, A.; SHILDER, E. y SANCHEZ, J. C. (1996): «Cuantificación económica de la incidencia de factores de alimentación en la producción láctea argentina». *Archivos de Zootecnia*, Vol. 45 N° 169 3:14. Córdoba. España.
- GARCÍA MARTÍNEZ, A.; RODRÍGUEZ ALCAIDE, J. J.; MARTOS PEINADO, J.; ACERO DE LA CRUZ, R. (1994): «Análisis estratificado de costes del sector vacuno de aptitud lechera de la Campiña Baja Cordobesa». *Archivos de Zootecnia*, Vol 43 N° 164. Córdoba. España.
- GARTNER, J. A. (1981): «Replacement policy in dairy herds on farms where heifers compete wuth cows for grassland». Pt.1. Model construction and validation, *Agr. Syst.* 7: pp. 293-318. Ibid Pt.2. Experimentation, *Agr. Syst.* 8: pp. 163-93. Ibid Pt.3. A revised hypothesis, *Agr. Syst.* 8: pp. 249-72.
- JENNINGS, R. G. y HOLMES, W. (1984): «Supplementary feeding of dairy cows on continuously stocked pasture». *J. Agric. Sc. Camb.*, 103: pp. 160-170.
- JOHNSON, M. A. y PASOUR, E. C. (1981): «An opportunity cost view of fixed asset teory and the overproduction trap». *Amer. J. Agr. Econ.*
- MCCLELLAND, J. W.; WETZSTEIN, M. E. y NOLES, R. K. (1989): «Optimal replacement policies for rejuvenated assets». *Amer. J. Agr. Econ.*, February, pp. 147-157.
- MCCULLOUGH, D. A. y DE LORENZO, M. A. (1996): «Effects of prince and management level on optimal replacement and insemination decisions». *J. Dairy Sci.*, 79: pp. 242-253.
- MCCULLOUGH, D. A. y DE LORENZO, M. A. (1996): «Evaluation of a stochastic dinamic replacement and insemination model for dairy cattle». *J. Dairy Sci.*, 79: pp. 50-61.
- PAGOULATOS, A. y BLACKWELL, M. (1996): «Equipment replacement in agriculture the case of a 110-hp tractor an overhauling option». *Review of Agricultural Economics*, 18 (1): pp. 115-125.
- PURVIS, A.; BOGGESS, W. G.; MOSS, C. B. y HOLT, T. (1995): «Technology adoption decisions under irreversibility and

- uncertainty: an Ex Ante approach». *Amer. J. Agr. Econ.*, August, pp. 541-551.
- RAPP, B. (1974): *Models for optimal investment and maintenance decisions*, Almqvist Wicksell.
  - RIGGS, J. L. (1973): *Modelos de de decisión económica para ingenieros y gerentes de empresa*. Edit Alianza Universal. Madrid.
  - RODRÍGUEZ ALCAIDE, J. J. (1969): *Economía de la empresa agraria*. Edit. ICE. Madrid. Capítulo XVI. pp. 439-465.
  - RODRÍGUEZ ALCAIDE, J. J.; GARCÍA MARTÍNEZ, A.; MARTOS PEINADO, J. y COBACHO MÁRQUEZ, I. (1993): *Economía de la empresa agropecuaria*. Universidad de Córdoba. España.
  - ROGERS, G. L. (1982): «Comparison of perennial ryegrass and white clover for milk production». In: *Dairy production from pasture*. 213-214. Eds. K. L. Macmilland. U.K. Tanfa. Hamilton, A. NZSAP (New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication 8).
  - ROMERO, C. (1993): *Teoría de la decisión multicriterio: Conceptos, técnicas y aplicaciones*. Alianza Universidad Textos. Madrid. España.
  - SÁNCHEZ, J. C. (1996): *Momento óptimo de renovación de vacas lecheras en la Provincia de Córdoba (Argentina)*. Tesis Doctoral de la Universidad de Córdoba. España.
  - STILIAN, N. G. (1969): *PERT Un nuevo instrumento de planificación y control*. Deusto.
  - THOMSON, D. J.; BEEVER, M. J.; HAIMES, M. J.; CAMMELL, S. B.; EVANS R. T.; DHANOA, M. S. y AUSTIN, A. R. (1985): «Yield and composition of milk from Frisian, cows grazing either perennial ryegrass or white clover in early lactation». *Journal of Dairy Res.*, 52: pp. 17-31.
  - VICENTINI, G. R.; BOMRAD, M.; OSTROWSKI, J. E. B. y ROMANO, L. (1985): «Sistema de registros sobre manejo de datos reproductivos, sanitarios y productivos, para investigación de rodeos lecheros». *Revista de Medicina Veterinaria. Buenos Aires*, 66 (1): pp. 32-46.
  - WARD, L. E. y FARIS, J. E. (1968): *A stochastic approach to replacement policies for plum trees*. Giannini Found. Monograph. 22 California Expt. Stn.
  - WINGARTNER (1965): «Equipment replacement analysis. A note on the optimun investment period». *Industrial management review*, 7.

- WEIGEL, D. J.; CASSEL, B. G. y PEARSON, R. E. (1995): «Adjustment of a net income function for opportunity cost of postponed replacement on a lactation basis». *J. Dairy Sci.*, 78: pp. 648-654.

## RESUMEN

### Aplicación del método financiero en la determinación del momento óptimo de renovación: caso del vacuno lechero (Argentina)

La determinación del momento óptimo de renovación de las vacas lecheras en la Provincia de Córdoba (Argentina) en las condiciones de productividad, consumo, inflación (tras la aplicación del Plan de convertibilidad), precio de inputs-outputs, valor de adquisición y residual, existentes en el periodo 1991-1996, es una decisión estratégica en la empresa ganadera que se puede abordar financieramente.

Los resultados indican que la política óptima de renovación de vacas de similar naturaleza comienza con una novilla preñada, continuando la explotación hasta la sexta lactación y sustituyéndose por otra novilla preñada. Acometer dicha política de renovación, frente a la estrategia de renovación en la cuarta lactación, supone un incremento del beneficio anual equivalente del 40 por ciento.

El desarrollo del presente modelo, con carácter abierto, frente a las variables anteriormente mencionadas permite la simulación de diversos escenarios, obteniendo la información necesaria para una óptima política decisional en la empresa ganadera.

PALABRAS CLAVE: Política de renovación, optimización, vacuno lechero.

293

## RÉSUMÉ

### Méthode financière pour la détermination du moment optimal de renouvellement, des vaches laitières (Argentina)

La détermination du moment optimal de renouvellement des vaches laitières dans la province de Cordoue (Argentina) dans les conditions de productivité, consommation, inflation (après l'application du Plan de convertibilité), prix des inputs-outputs, valeur d'achat et résiduelle, qui existaient pendant la période 1991-1996, est une décision stratégique dans l'entreprise d'élevage qui peut être abordée financièrement.

Les résultats indiquent que la politique optimale de renouvellement des vaches de nature similaire commence avec une génisse pleine, son exploitation continue jusqu'à la sixième lactation (le sixième allaitement) et sa substitution finale par une nouvelle génisse pleine. Entreprendre cette politique de renouvellement par rapport à la stratégie de renouvellement lors de (pendant) la quatrième lactation, implique l'accroissement du bénéfice annuel équivalent du 40%.

Le développement de ce modèle, (à caractère) ouvert par rapport aux variables indiquées au préalable, permet de simuler différents scénarios, et d'obtenir l'information nécessaire pour une politique de décision optimale dans l'entreprise d'élevage.

MOTS CLÉF: Politique de renouvellement, optimale, vaches laitières.

## SUMMARY

### **Financial method to determinate the optimum dairy cattle replacement policy (Argentina)**

The optimum dairy cattle replacement policy in the province of Córdoba (Argentina) during the period 1991-1996 is an financial strategic decision for the livestock enterprise.

Results point out that the optimum replacement policy for similar characteristics cows begins with a pregnant heifer, continuing up to the sixth lactation and being replaced again by another pregnant heifer. Such a replacement policy confronted to a traditional replacement at the fourth lactation, provides a 40% increase in the annual equivalent profit.

This model is carried out taking in account the following variables: Production and consumption of grain per lactation, inflation, mortality, the cows purchasing and residual value, as well as the period inputs-outputs prices and allows the simulation of different scenes (situations), to obtain the necessary information for the optimum decisional policy in the livestock enterprise.

**KEYWORDS:** Replacement policy, optimization, dairy cattle.