

# OPTIMIZACIÓN DE POLÍTICAS DE DESCARTE EN GANADO BOVINO LECHERO DE COSTA RICA

OPTIMIZATION OF CULLING POLICIES IN DAIRY CATTLE OF COSTA RICA

Cedeño, D.A.<sup>1</sup> y B. Vargas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Nariño. Pasto. Colombia. Facultad Ciencias Pecuarias. Programa Medicina Veterinaria. E-mail: Darioc5753@Yahoo.com

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Costa Rica. Posgrado Regional en Ciencias Veterinarias Tropicales. Apdo. Postal 304-3000, Heredia. Costa Rica. E-mail: bvargas@medvet.una.ac.cr

## PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Programación dinámica. Renovación. Desvieje.

## ADDITIONAL KEYWORDS

Dynamic programming. Renewal. Culling.

## RESUMEN

Se estimaron políticas óptimas de descarte para cuatro grupos raciales de ganado bovino lechero de Costa Rica con base en un modelo de simulación determinístico cuya función objetivo fue el beneficio esperado en un horizonte de tiempo de 15 años. El promedio de vida productiva óptima obtenido para la raza Holstein fue de 50,9 meses, correspondiente a una tasa de reemplazo anual de 23,6 p.100 y descarte voluntario de 11,7 p.100; en Jersey los óptimos fueron 54,8 meses, 21,9 p.100 y 11,4 p.100, respectivamente; en Pardo Suizo fueron 58,0 meses, 20,7 p.100 y 11,7 p.100, respectivamente; y en Holstein × Pardo Suizo fueron 52,4 meses, 22,9 p.100 y 13,7 p.100, respectivamente. Los estimados de vida productiva óptima para cada grupo racial fueron, respectivamente, 4,6; 5,1; 16,6 y 2,6 meses mayores que el parámetro real observado. El intervalo entre partos óptimo para los 4 grupos raciales fue 386,5; 378,3; 382,5 y 383,8 días, respectivamente. Los intervalos entre partos reales fueron 31,8; 16,0; 34,5 y 32,0 días superiores a los óptimos obtenidos, respectivamente. La tasa de descarte voluntario fue baja debido a los

bajos índices de concepción imperantes a nivel local, los cuales limitan la oportunidad de realizar descarte voluntario. Los resultados obtenidos indican que existen considerables pérdidas económicas debidas a decisiones subóptimas de descarte e intervalos entre partos muy extensos. Se demuestra la necesidad de optimizar las decisiones de descarte utilizando criterios bioeconómicos que aseguren una mayor rentabilidad de la finca.

## SUMMARY

Optimum culling policies were estimated for 4 breed types from Costa Rica, using a deterministic simulation model that optimized expected net benefit for a time horizon of 15 years. According to the model, average optimum herd-life for Holstein was 50.9 m, corresponding to an annual replacement rate of 23.6 percent and voluntary culling rate of 11.7 percent; for Jersey optimum parameters were 54.8 m, 21.9 percent and 11.4 percent, respectively; for Brown Swiss 58.0 m,

20.7 percent and 11.7 percent, respectively; and for Holstein×Brown Swiss were 52.4 m, 22.9 percent and 13.7 percent, respectively. Optimum calving intervals were 386.5, 378.3, 382.5 and 383.8 d, respectively. Real calving intervals for the same breeds were 31.8, 16.0, 34.5 and 32.0 d higher than optimum. Voluntary culling rates were low, mainly due to the low conception rates achieved under local conditions, which reduces the opportunity for voluntary culling. Results indicate that substantial economic losses occur as a consequence of sub optimum culling policies and extended calving intervals. Optimization of culling decisions at the farm level using bio-economic criteria, as done in the present analysis, is recommended in order to maximize profitability.

## INTRODUCCIÓN

La implementación de políticas de descarte óptimas para condiciones específicas según tipo de animal y raza puede ayudar a incrementar los beneficios obtenidos a lo largo de la vida productiva de una vaca lechera.

De acuerdo al principio de optimización, una vaca debe ser mantenida en el hato mientras su rendimiento económico esperado sea mayor que el promedio de rendimiento esperado para un reemplazo (Lehenbauer y Oltjen, 1998). El rendimiento económico global de una vaca lechera a lo largo de su vida productiva depende de la diferencia entre los ingresos y los costos acumulados. Los ingresos se producen principalmente por venta de leche, valor de la progenie y valor del animal como desecho; mientras que los costos se derivan principalmente de la crianza, alimentación, reproducción e insumos veterinarios (Lehenbauer, 1998). El momento óptimo para tomar la decisión de descarte es cuando las

ganancias esperadas para una vaca son menores que las ganancias esperadas de un reemplazo (Rogers *et al.*, 1988). Una manera de determinar el momento óptimo de descarte es mediante programación dinámica. Esta técnica se utiliza en situaciones donde existe una secuencia de decisiones a tomar, tal es el caso de la toma de decisión para reemplazar en ganadería de leche. En programación dinámica una política se define como una secuencia de decisiones tomadas en distintos estadios (Huirne *et al.*, 1997). Los modelos de programación dinámica han sido utilizados para determinar políticas óptimas de reemplazo e inseminación bajo diferentes circunstancias de producción (Van Arendonk, 1985a; Rogers *et al.*, 1988; DeLorenzo *et al.*, 1992; Vargas *et al.*, 2001).

Una edad de descarte muy elevada o muy reducida puede significar pérdidas económicas considerables (Beau-deau *et al.*, 2000). Cedeño y Vargas (2004) determinaron una vida productiva esperada de 46,3 meses para ganado Holstein, 49,7 meses para Jersey, 41,4 meses para Pardo Suizo y 49,8 meses para un cruce Holstein×Pardo Suizo. Es necesario determinar si esta vida productiva observada concuerda con el óptimo bioeconómico.

El objetivo del presente trabajo es determinar las políticas óptimas de descarte en sistemas de producción de leche en Costa Rica que utilizan ganado de las razas Holstein, Jersey, Pardo Suizo o Holstein×Pardo Suizo; caracterizar la situación óptima resultante mediante parámetros bioeconómicos y realizar una comparación entre los óptimos obtenidos y los parámetros observados para el periodo analizado.

## MATERIAL Y MÉTODOS

## FUENTES DE INFORMACIÓN

Para el cálculo de la mayoría de los parámetros biológicos utilizados en este estudio se utilizó información de la base de datos del Programa de Medicina Poblacional de la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional de Costa Rica (Pérez *et al.*, 1989). Esta base de datos está conformada aproximadamente por 200000 registros individuales reproductivos y productivos provenientes de 542 fincas de ganado lechero de Costa Rica. Los datos incorporados en el presente análisis abarcaron el periodo comprendido entre 1985 y 2002. Además se utilizaron parámetros biológicos reportados por estudios anteriores que fueron realizados con la misma base de datos (Vargas y Solano, 1985; Vargas *et al.*, 2000; Vargas *et al.*, 2001). Los parámetros económicos, nutricionales y de producción se obtuvieron de la industria agropecuaria y de instituciones gubernamentales.

## PROCEDIMIENTO GENERAL

Se seleccionaron cuatro grupos raciales: Holstein, Jersey, Pardo Suizo y Holstein×Pardo Suizo. El grupo Holstein Pardo Suizo incluyó combinaciones de ambas razas en distintos grados, desde  $\frac{1}{4}H \frac{3}{4}PS$  hasta  $\frac{3}{4}H \frac{1}{4}PS$ .

La **figura 1** representa de manera general el funcionamiento del modelo utilizado para la estimación de políticas óptimas de reemplazo. Este modelo consta de varios módulos que han sido ampliamente descritos en estudios previos (Van Arendonk, 1985 a,b; Herrero *et al.*, 1996; Herrero, 1997; Vargas *et al.*, 2001). En el presente

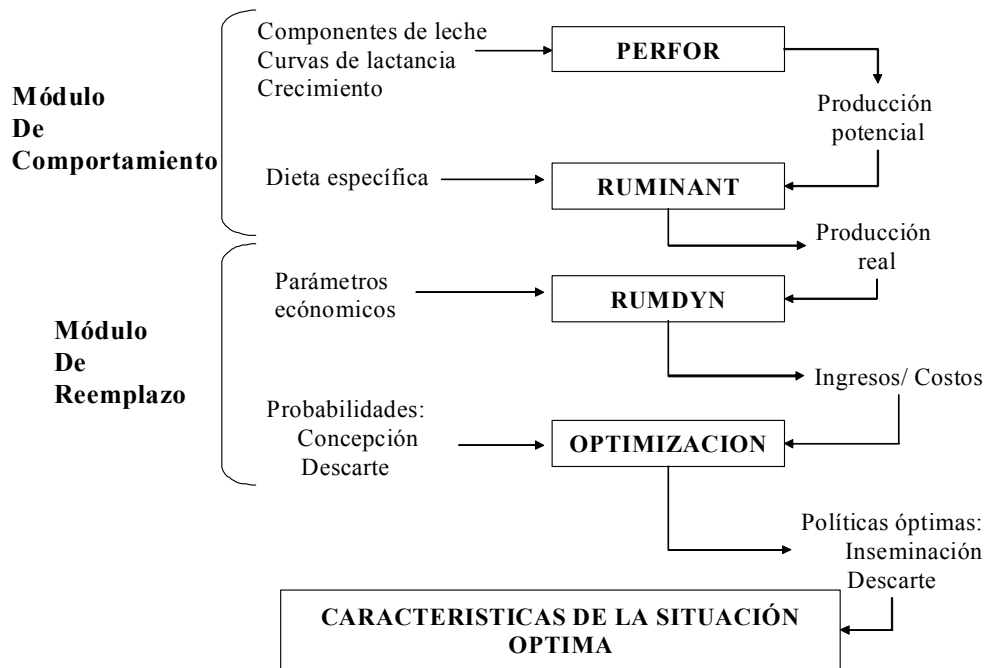
estudio este modelo fue modificado para representar las condiciones específicas de los 4 grupos raciales analizados. El modelo consta de dos módulos principales: comportamiento y reemplazo. Estos a su vez se dividen en distintos submódulos. Para su funcionamiento el modelo requiere la especificación de los parámetros de tipo biológico correspondientes a la población bajo estudio, la especificación de las características de la dieta, y parámetros de tipo económico. Como resultado el modelo calcula los parámetros bioeconómicos que resultarían de una situación de producción en la cual se aplican las decisiones óptimas durante todos los periodos del horizonte de tiempo evaluado. Seguidamente se describe el funcionamiento de cada módulo por separado.

## MÓDULO DE COMPORTAMIENTO ANIMAL

El objetivo del módulo de comportamiento es generar producciones potenciales para distintos grupos raciales en todos los posibles periodos de producción.

*Submódulo PERFOR.* Este submódulo fue diseñado para obtener estimados de rendimiento potencial (crecimiento y producción de leche) de vacas en todos los posibles estados de producción. Los estados de producción en que una vaca puede encontrarse están definidos por el número de lactancia (1 hasta 12), la etapa dentro de la lactancia (1 hasta 16 meses), el nivel de producción (15 niveles) y el rendimiento reproductivo expresado como periodo abierto (2 hasta 6 meses). De esta manera existen un total de 17280 posibles estados de producción.

Los parámetros biológicos utiliza-



**Figura 1.** Estructura de modelo bioeconómico para optimización de políticas de descarte. (Structure of the bioeconomic model for calculation of optimal culling policies).

dos para calcular el rendimiento potencial fueron obtenidos de la información disponible para cada grupo racial (**tabla I**).

Las curvas de crecimiento fueron obtenidas mediante el ajuste de un modelo no lineal a los registros disponibles de peso corporal medido a distintas edades dentro de las poblaciones analizadas. Se utilizó el modelo de Brody, el cual fue seleccionado con base en estudios anteriores realizados en la misma población (Solano y Vargas, 1995).

Las curvas de lactancia fueron obtenidas mediante el ajuste de un modelo no lineal a los datos disponibles de producción de leche diaria. Para des-

cribir las curvas de lactancias de los cuatro grupos raciales se utilizó el modelo Difásico propuesto por Grossman y Koops (1988). Este modelo fue seleccionado con base en un estudio realizado por Vargas *et al.* (2000) dentro de la misma población. Las curvas fueron generadas dentro de cada grupo racial para 3 grupos de lactancias: primera, segunda y lactancias posteriores. La producción a 305-d resultante dentro del tercer grupo se utilizó como producción equivalente-maduro. El porcentaje de grasa, proteína y lactosa en leche asumido fue de 3,5; 3,2 y 4,5 para Holstein (AMHL, 1992); 4,3; 3,5 y 4,5 para Jersey (AMHL, 1992); 4,0; 3,5 y 4,5 para Pardo Suizo; y 3,9; 3,4

## OPTIMIZACIÓN DEL DESCARTE

y 4,5 para Holstein×Pardo Suizo.

La variación en producción y en componentes de la leche en lactancias posteriores a la segunda fue considerada mediante el uso de factores de corrección, los cuales fueron tomados de estudios previos (AMHL, 1992; Vargas y Solano, 1995). Los 15 niveles de producción fueron establecidos asumiendo una distribución normal de la producción alrededor de las curvas estimadas para cada lactancia, utilizando un coeficiente de variación de 12 p.100. Los niveles de producción se expresaron como fracción (0,70 hasta 1,30) de la producción promedio de cada lactancia.

*Submódulo RUMINANT.* En este submódulo se obtuvieron estimados de rendimiento real con base en el rendimiento potencial descrito en el submódulo anterior y la estrategia de alimentación específica descrita para cada grupo racial. Es decir, el rendimiento real es restringido según la disponibilidad de alimento.

La estrategia de alimentación se

estableció con base en las condiciones imperantes a nivel local según grupo racial. Se asumió que las vacas consumieron dos tipos de forraje; Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), para las razas Holstein y Jersey; y Estrella (*Cynodom nlemfuensis*) para los grupos raciales Pardo Suizo y Holstein×Pardo Suizo. Se utilizaron las composiciones promedio obtenidas en estudios anteriores durante el periodo de lluvias (Herrero, 1997). Se asumió además una suplementación con concentrado, en una relación de leche (kg): concentrado (kg) de 2:1 los primeros 100 días, 3:1 los siguientes 100 días y 4:1 el resto del tiempo hasta terminar la lactancia para las razas Holstein y Jersey. Para los grupos raciales de Pardo Suizo y el cruce Holstein×Pardo Suizo se asumió una relación constante de 4:1 a lo largo de la lactancia. El efecto estacional sobre el comportamiento de costos y composición de forrajes no se incorporó en este análisis. Los métodos que se utilizaron para estimar producción de leche mensual y

**Tabla I.** Información disponible para el cálculo de parámetros biológicos. (Information available for calculation of biological parameters).

Raza	Vacas	Cantidad de registros disponibles		Peso corporal <sup>2</sup>
		Lactancias <sup>1</sup>	Concepciones	
Holstein	10780	22526	84492	64298
Holstein×Pardo Suizo	1679	1218	4471	31952
Jersey	6508	9888	41302	37155
Pardo Suizo	1003	1932	5524	14310
Total	19970	35564	135789	147715

<sup>1</sup>Los registros de producción de leche se realizan con una frecuencia de 15±12 d. en la población analizada.

<sup>2</sup>Observaciones de peso corporal tomadas a distintas edades.

total, requerimientos energéticos, crecimiento, ganancia de peso y consumo alimenticio sobre lactancia están detallados por Van Arendonk (1985b), Herrero *et al.* (1996), Herrero (1997) y Vargas *et al.* (2001).

#### MÓDULO DE REEMPLAZO

Como se muestra este módulo consistió de 2 submódulos: *RUMDYN* y *OPTIMIZACION*, los cuales se detallan a continuación.

*Submódulo RUMDYN*: La información de rendimiento real obtenido en el módulo anterior, junto con parámetros económicos, permiten estimar los costos e ingresos para cada posible estado de producción de una vaca. Los ingresos obtenidos son calculados con base en producción de leche, terneraje y valor estimado de la canal. Los costos se estimaron con base en alimentación, costos veterinarios y costos de reproducción. Los parámetros utilizados en el módulo de reemplazo están descritos en la **tabla II**. Estos valores fueron tomados de la industria y de trabajos anteriores (Vargas *et al.*, 2001).

*Submódulo OPTIMIZACIÓN*. En este submódulo se pondera la información bioeconómica generada en el submódulo anterior mediante las probabilidades de concepción y probabilidades de descarte. La ponderación de la información mediante el análisis probabilístico tiene por objetivo determinar valores esperados de producción.

Las probabilidades condicionales de concepción entre el 2° y 7° mes posparto según grupo racial fueron calculadas con base en la información disponible. Las probabilidades condi-

**Tabla II.** Descripción de parámetros de entrada utilizados en el submódulo de reemplazo. (Description of input parameters used in the replacement submodule).

Parámetros	Unidades	Valor
Costos (\$US):		
Leche	US\$/Kg sólidos	2,18
Desecho	US\$/Kg	0,80
Costo de reemplazo	US\$/novilla	1000
Concentrado	US\$/Kg MS	0,16
Costos varios	US\$/vaca /mes	26,00
Tasa de descuento	p.100/mes	0,996
Forraje <sup>1</sup> :		
Kikuyo	US\$/KG MS	0,0342
Estrella	US\$/KG MS	0,0479

<sup>1</sup>Costos estimados de producción de forraje con base en datos de Vargas *et al.* (2001)

cionales de descarte involuntario por lactancia (1 hasta 12), se obtuvieron con base en las tasas absolutas de descarte calculada para cada raza y las tasas relativas de descarte involuntario calculadas en un estudio de 16 fincas de ganado Holstein (Cedeño y Vargas, 2004). Se asumió que las tasas relativas de descarte involuntario fueron iguales para los grupos raciales analizados. Las causas de descarte involuntario consideradas en este estudio fueron: mortalidad, enfermedad, mastitis, temperamento o problemas de pezón y ubre. El descarte involuntario por problemas de fertilidad se consideró en el proceso de la toma de decisiones a través de las probabilidades de concepción.

Las políticas óptimas de descarte se calcularon por medio de programación dinámica utilizando el modelo descrito por Van Arendonk (1985 a,b),



modificado por Vargas *et al.* (2001). La política de descarte óptima se definió como el conjunto de decisiones secuenciales que maximizaron el valor de una función objetivo. La función objetivo utilizada en este estudio es el beneficio esperado (ingresos menos costos) evaluado en periodos de un mes de longitud a lo largo de un horizonte de tiempo de 15 años (180 meses) aplicando una tasa de descuento de 0,996 p.100/mes. Para el descarte de una vaca, la decisión y el tiempo óptimo para el reemplazo se basó en el cálculo de la ganancia futura, la cual se obtuvo como la diferencia entre el beneficio obtenido por mantener la vaca y el beneficio de reemplazarla inmediatamente por una novilla cuyo nivel de producción se asume igual al promedio. Si la ganancia futura es positiva la decisión óptima es conservar la vaca; de lo contrario debe ser descartada. La optimización empieza al final del horizonte de tiempo estableciendo el valor de las vacas igual al valor de la canal.

El procedimiento de programación dinámica estimó el momento óptimo de descarte para una vaca que entra al hato, basado en las probabilidades de ocurrencia de cada estado de producción y las decisiones óptimas económicas tomadas a lo largo de la vida del animal (Van Arendonk *et al.*, 1985a,b).

Finalmente, una vez establecidas las políticas óptimas de descarte, se calcularon los promedios de los parámetros vida productiva, tasa de reemplazo e intervalo entre partos resultantes para una situación en que se aplican las decisiones óptimas. Estos parámetros se compararon contra los parámetros reales imperantes en la población analizada.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### CARACTERÍSTICAS DE LA SITUACIÓN RESULTANTE BAJO POLÍTICAS ÓPTIMAS DE DESCARTE

Los parámetros promedio de vida productiva, intervalo entre partos, tasas de reemplazo, tasas de descarte voluntario e involuntario y el ingreso esperado, resultantes de una situación en que se aplican políticas óptimas de descarte se muestran en la **tabla III**.

Las diferencias observadas entre las razas son el resultado de la combinación de los parámetros bioeconómicos que intervienen en el modelo. La vida productiva óptima oscila entre 50,9 meses para Holstein y 58,0 meses para Pardo Suizo, mientras que el intervalo entre partos óptimo oscila entre 378,3 d para Jersey y 386,5 d para Holstein. La vida productiva óptima está altamente influenciada por las tasas de descarte involuntario que alimentan el modelo, mientras que el intervalo entre partos es afectado principalmente por las probabilidades de concepción. Vargas *et al.* (2001) reporta para la raza Holstein en Costa Rica una vida productiva óptima de 64,1 meses, con tasas de reemplazo y tasas de descarte voluntario de 18,7 p.100 y 8,5 p.100 respectivamente. La vida productiva es mayor que la obtenida en el presente trabajo; sin embargo, los parámetros biológicos utilizados en dicho estudio fueron calculados con base en menor cantidad de información proveniente principalmente de hatos especializados de una zona de alta producción. En el presente estudio, el número de fincas y lactancias evaluadas fue mucho mayor, abarcando un rango más amplio de produc-

ción. En Brasil Cardoso *et al.* (1999a), reportan una vida productiva óptima de 75 meses para un grupo racial Holstein×Cebú con una tasa de reemplazo anual y descarte involuntario de 15,9 p.100 y 10,7 p.100 respectivamente. Igualmente Cardoso *et al.* (1999b) reportan un promedio óptimo de vida productiva de 54,9 meses para ganado Holstein, correspondiente a reemplazos anuales y descarte voluntario de 27,3 y 10 p.100, respectivamente.

El ingreso bruto esperado es mayor para Holstein, seguido por Jersey, Holstein×Pardo Suizo y por último Pardo Suizo (**tabla III**). Este parámetro está relacionado tanto con el nivel de producción como con el rendimiento reproductivo. Por ejemplo, aunque el grupo Holstein×Pardo Suizo presenta mayor producción, es superado por Jersey debido al menor intervalo entre partos y las mayores tasas de concepción de esta raza. Cabe señalar sin embargo que este valor se refiere exclusivamente a los ingresos, sin considerar los costos (ver abajo ganancia futura).

*Descarte voluntario versus involuntario.* La tasa de descarte voluntario óptima es superior que el descarte involuntario en los grupos raciales Pardo Suizo, Jersey y Holstein×Pardo Suizo. En la raza Holstein es ligeramente mayor la tasa de descarte involuntario que el voluntario. En el trabajo de Cardoso *et al.* (1999b) las probabilidades marginales de descarte voluntario para la raza Holstein coinciden con los datos del presente trabajo. En general el descarte voluntario es alto en la primera lactancia, disminuye hasta la quinta lactancia y luego aumenta en lactancias posteriores. Las probabilidades de descarte involuntario fueron superiores que las reportadas por Cardoso *et al.* (1999b). En la **figura 2** se observa como la tasa de descarte involuntario en la primera lactancia es mayor que en la segunda, y a partir de la segunda lactancia aumenta progresivamente. Es evidente que la tasa de descarte involuntario ingresada en el modelo determina en gran manera el espacio disponible para des-

**Tabla III.** Parámetros esperados<sup>1</sup> resultantes de una situación bajo políticas óptimas de descarte. (Average parameters obtained for a situation under optimal culling policies).

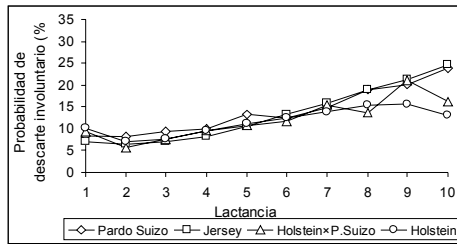
Parámetros	Holstein	Jersey	Pardo Suizo	Hol×P.Suizo
Vida productiva óptima (meses)	50,93	54,75	58,01	52,44
Intervalo entre partos (d)	386,5	378,35	382,19	383,4
Tasa de reemplazo (p.100)	23,6	21,9	20,7	22,9
- Voluntaria	11,7	11,4	11,7	13,7
- Involuntaria	11,9	10,5	9,0	9,2
Ingreso esperado <sup>2</sup> (EUA \$/vaca)	5865,7	5497,3	4568,2	5050,0

<sup>1</sup>Los parámetros que se presentan son valores esperados obtenidos mediante la suma de todos los estados de producción ponderados según su probabilidad de ocurrencia.

<sup>2</sup>Ingreso (bruto) esperado de una vaca a lo largo de su vida productiva.



## OPTIMIZACIÓN DEL DESCARTE



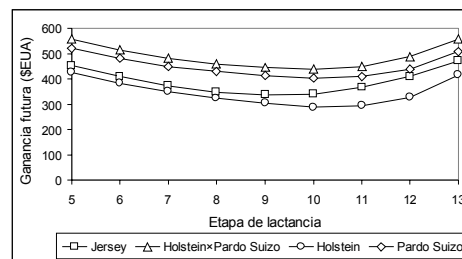
**Figura 2.** Probabilidades marginales de descarte involuntario de cuatro grupos raciales bajo políticas óptimas de descarte. (Marginal probabilities of involuntary culling in four breed types undergoing optimal culling policies).

carte voluntario. Si el descarte involuntario es bajo, existe mayor opción de optimizar el descarte voluntario.

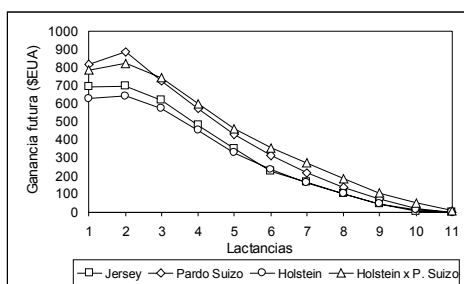
**Ganancia futura.** Se obtuvieron estimados de ganancia futura para vacas en distintos estados de producción. De acuerdo con este indicador, el reemplazo es óptimo en el momento en que el beneficio esperado de mantener una vaca sea igual o menor al beneficio de un reemplazo. Evidentemente, la ganancia futura varía de acuerdo a la edad, nivel de producción y etapa de lactancia (Cardoso *et al.*, 1999a). La ganancia futura es alta al inicio de las lactancias, principalmente por ganancias por ternera y producción alta en esta etapa. Luego decrece a valores mínimos durante el 8º y 9º mes de lactancia cuando la producción desciende y aumenta nuevamente a partir del noveno mes debido a los ingresos esperados de la siguiente lactancia. En la **figura 3** se presenta el valor estimado de la ganancia futura en distintas etapas de la lactancia para una vaca de nivel promedio de producción en su quinta lactancia. En este caso los valo-

res obtenidos son siempre positivos, indicando que mantener la vaca será la decisión óptima en todo momento. Vacas con bajas producciones de leche resultan con ganancias futuras menores que cero en etapas tempranas de las lactancias, indicando que deberían ser descartadas prontamente. Según se observa, la ganancia futura para las razas Pardo Suizo y Holstein x Pardo Suizo son siempre más altas. Esto se debe principalmente a que los costos por alimentación asociados con estas razas son menores debido al uso más restringido de concentrado en la dieta.

La **figura 4** muestra la ganancia futura de vacas con intervalos entre partos de 13 meses, en su octavo mes de lactancia y con un nivel de producción 1,00. Los valores más altos de ganancia futura se observan en la segunda lactancia, lo que se relaciona principalmente con el incremento en los niveles de producción entre la primera y las demás lactancias. Esto coincide con datos reportados por Van



**Figura 3.** Ganancia futura (\$EUA) en diferentes etapas de la quinta lactancia con vacas de un nivel de producción 1.00 e intervalos entre partos de 13 meses. (Future profitability in different stages of the fifth lactation with cows with a production level 1.00 and 13 months of interval calvings).



**Figura 4.** Ganancia futura esperada (\$EUA) en el 8<sup>vo</sup> mes de lactancia para vacas con intervalo entre partos de 13 meses y un nivel de producción 1.00. (Future profitability in lactation month 8<sup>th</sup> for cows with 13-mo calving interval and production level 1.0).

Arendonk (1988) en ganado Holstein y por Cardoso *et al.* (1999b) en ganado Holstein×Cebú. Vacas de la raza Holstein y Jersey con un nivel de producción 0,70 muestran estimados de ganancia futura menores que cero al octavo mes de la quinta lactancia. Vacas de los grupos raciales Holstein×Pardo Suizo y Pardo Suizo muestran ganancias futuras menores que cero a partir del octavo mes de la sexta lactancia. De la misma manera el modelo de optimización estima la ganancia futura resultante para todos los posibles estados de producción en cada grupo racial.

#### COMPARACIÓN DE PARÁMETROS REALES VERSUS ÓPTIMOS

Los resultados obtenidos de vida productiva asumiendo políticas óptimas de reemplazo se compararon con los parámetros reales calculados para los grupos raciales analizados (**tabla IV**). Los valores muestran que, en promedio, las vacas son descartadas antes del momento óptimo determinado a

través del modelo de reemplazo. Las diferencias entre el parámetro óptimo y el real son de 4,6; 5,1; 16,6 y 2,6 meses para Holstein, Jersey, Pardo Suizo y Holstein×Pardo Suizo, respectivamente.

Los intervalos entre partos reales son en todos los casos superiores a los óptimos, siendo la diferencia de aproximadamente 1 mes en Holstein, Pardo Suizo y Holstein×Pardo Suizo. El cociente de la división de vida productiva (meses) entre el intervalo entre partos (meses) proporciona un estimado del número promedio de lactancias completas óptimas vs. reales. Las diferencias en este caso son de 0,6; 0,6; 1,6 y 0,5 lactancias, respectivamente. Este parámetro nos permite valorar en términos de producción el efecto de las decisiones subóptimas relacionadas con el descarte en ganaderías lecheras.

#### CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que la vida productiva óptima es mayor que la real observada para todos los grupos raciales. Asimismo el intervalo entre partos óptimo es menor que el observado. Ambos resultados combinados implican una *pérdida* promedio aproximada de 0,6; 0,6; 1,6 y 0,5 lactancias para Holstein, Jersey, Pardo Suizo y Holstein×Pardo Suizo, respectivamente. Si bien estos estimados han sido calculados con base en promedios poblacionales es evidente que existe un margen considerable para optimizar las decisiones de descarte.

Los resultados indican que la estrategia de alimentación afecta el ingreso mensual y la rentabilidad futura por

## OPTIMIZACIÓN DEL DESCARTE

**Tabla IV.** Valores reales<sup>1</sup> y valores óptimos de vida productiva, tasas de reemplazo, intervalo entre partos (IEP) y número de lactancias completas. (Actual vs. optimum values for herd-life, calving interval, culling rate and number of finished lactations).

Parámetros	Holstein	Jersey	Pardo Suizo	Hol×P.Suizo
Vida productiva óptima (m)	50,9	54,8	58,0	52,4
Vida productiva real (m)	46,3	49,7	41,4	49,8
Tasa reemplazo óptima (p.100)	23,6	21,9	20,7	22,9
Tasa reemplazo real (p.100)	25,9	24,1	29,0	24,1
IEP óptimo (d)	386,5	382,5	378,3	383,8
IEP real (d)	418,3	398,5	412,8	415,8
Lactancias completas óptimo	4,0	4,4	4,7	4,2
Lactancias completas real	3,4	3,8	3,0	3,6

<sup>1</sup>Los parámetros reales fueron obtenidos de Cedeno y Vargas (2004).

vaca en cada grupo racial. Las razas lecheras altamente especializadas como Holstein y Jersey presentaron niveles de producción considerablemente superiores, pero su costo de mantenimiento es también alto. Esta relación entre ingresos y costos tiene también un efecto importante sobre el momento óptimo de descarte.

El uso de este modelo para el estudio de vida productiva y parámetros bioeconómicos a nivel poblacional es sin duda de gran ayuda para detectar problemas evidentes. Sin embargo,

existe una considerable variación en los parámetros de eficiencia que se observan entre distintos sistemas de producción dentro de un mismo grupo racial. Por lo tanto, los parámetros óptimos que podrían obtenerse a nivel de finca podrían diferir considerablemente de los encontrados en este análisis. Por otro lado, sería relativamente simple la adecuación del modelo a las características específicas de cada sistema, siempre y cuando la información necesaria se encuentre disponible.

## BIBLIOGRAFÍA

- AMHL. 1992. Reporte técnico. Asociación de Mejoramiento de Hatos Lecheros, Costa Rica. 31 p.
- Beaudeau, F., H. Seegers, V. Ducrocq, C. Fourichon and N. Baraille. 2000. Effect of health disorders on culling in dairy cows; a review and a critical discussion. *Ann. Zootech.*, 49: 293-311.
- Cardoso, L.V., J.R. Nogueira and JAM Van Arendonk. 1999a. Optimum replacement and insemination policies for crossbred cattle (Holstein Friesian x Zebu) in the south - east region of Brazil. *Livest. Prod. Sci.*, 58: 95-105.
- Cardoso, L.V., J.R. Nogueira and JAM Van Arendonk. 1999b. Optimum replacement and insemination policies for Holstein cattle in the southeastern region of Brazil: The effect of selling animals for production. *J. of Dairy Sci.*,

## CEDEÑO Y VARGAS

- 82: 14449-1458.
- Cedeño, D.A. y B. Vargas. 2004. Optimización de políticas de descarte de vacas lecheras en Costa Rica. *Arch. Zootec.* Artículo sometido a revisión.
- DeLorenzo, M.A., T.H. Spreen, G.R. Bryan and JAM. Van Arendonk. 1992. Optimizing model: insemination, replacement, seasonal production, and cash flow. *J. of Dairy Sci.*, 75: 885-896.
- Grossman, M and W.J. Koops. 1988. Multiphasic analysis of lactation curves in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 71: 1598-1608.
- Herrero, M., R.H. Fawcett and J.B. Dent. 1996. Integrating simulation models to optimise nutrition and management for dairy farms: A methodology. In: *Livestock Farming Systems: Research, Socio-Economics and the Land Manager*. J.B. Dent *et al.* (eds.). EAAP publication No. 79. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Pers, pp. 322-326.
- Herrero, M. 1997. Modeling dairy grazing systems: an integrated approach, PhD thesis. University of Edinburg, UK.
- Huirne, R.B.M., A.A. Dijkhuizen, P. Van Beek and J.A. Renkema. 1997. Dynamic programming to optimize treatment and replacement decisions. *Animal Health Economics*. Post Graduate Foundation, University of Sidney (7);85-97.
- Lehenbauer, T.W. 1998. Production Management. Dairy cow-culling decisions. The Compendium, *Food Animal*, dec.1362-1368.
- Lehenbauer, T.W. and J.W. Oltjen. 1998. Symposium: Dairy Farms in Transition. Dairy culling strategies: Making economical culling decisions. *J. of Dairy Sci.*, 81: 264-271.
- Pérez, E., M.T. Baaijen, E. Cappella and H. Barkema. 1989. Development of a livestock information system for Costa Rica. In: *Livestock Production and Diseases in the Tropics*. Proceedings of the VIth International Conference of Institutes for Tropical Veterinary Medicine. Editores: Kuil, H., Paling, R.W. and Huhm, J.E. Utrecht, Holand, pp. 221-224.
- Rogers, G.W., JAM Van Arendonk and B.T. McDaniel. 1988. Influence of production and prices on optimum culling rates and annualized net revenues. *J. of Dairy Sci.*, 71: 3453-3462.
- Solano, C. y B. Vargas. 1997. Crecimiento en novillas de reemplazo de fincas lecheras en Costa Rica 1. Descripción matemática del crecimiento en novillas Holstein y Jersey. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 5: 21-36.
- Van Arendonk, JAM. 1985a. Studies on the replacement policies in dairy cattle. II. Optimum policy and influence of changes in production and prices. *Livest. Prod. Sci.*, 13: 101-121.
- Van Arendonk, JAM. 1985b. A model to estimate the performance, revenues and costs under different production and price situations. *Agric. Systems*, 16: 157-189.
- Van Arendonk, JAM. 1988. Management guides for insemination and replacement decisions. *J. Dairy Sci.*, 71: 1059-1057.
- Vargas, B. and C. Solano. 1995. Calculation of corrections factors for daily milk production in dairy cattle of Costa Rica. *Arch. Latinoam. de Prod. Anim.*, 3: 149-164.
- Vargas, B., M. Herrero and JAM. Van Arendonk. 2001. Interactions between optimal replacement policies and feeding strategies in dairy herds. *Livest. Prod. Sci.*, 69: 17-31.
- Vargas, B., W.J. Koops, M. Herrero and J.A.M. Van Arendonk. 2000. Modeling Extended Lactations of Dairy Cows. *J. of Dairy Sci.*, 83: 1371-1380.

*Recibido: 16-7-03. Aceptado: 19-7-04.*

*Archivos de zootecnia vol. 53, núm. 203, p. 260.*