

UNIVERSIDAD NACIONAL
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
POSGRADO REGIONAL EN CIENCIAS VETERINARIAS TROPICALES



**ANÁLISIS DE VIDA PRODUCTIVA Y OPTIMIZACION DE POLITICAS DE
DESCARTE EN VACAS LECHERAS DE COSTA RICA**

Darío Alejandro Cedeño Quevedo

Heredia, junio del 2003

**Tesis sometida a consideración del Tribunal Examinador del Posgrado Regional en
Ciencias Veterinarias Tropicales para optar al grado de *Magister Scientiae* con
énfasis en Producción Animal Sostenible**

**ANÁLISIS DE VIDA PRODUCTIVA Y OPTIMIZACION DE POLITICAS DE
DESCARTE EN VACAS LECHERAS DE COSTA RICA**

Darío Alejandro Cedeño Quevedo

Tesis presentada para optar al grado de Magíster Scientiae en producción Animal Sostenible. Cumple con los requisitos establecidos por el sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional . Heredia. Costa Rica.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

José Rodríguez Zelaya MSc.
Presidente del Consejo Central de Posgrado

Sandra Estrada König MSc.
Directora del PCVET

Bernardo Vargas Leitón PhD
Tutor

Juan José Romero Zuñiga MSc
Asesor

Jorge Camacho Sandoval PhD
Asesor

Darío Alejandro Cedeño Quevedo
Sustentante

Índice de Contenidos

RESUMEN GENERAL.....	V
AGRADECIMIENTOS.....	VII
DEDICATORIA.....	VIII
LISTA DE TABLAS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	X
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XI
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	XII

Capítulo 1. Cedeño, D.A. y Vargas, B. 2003. Análisis de vida productiva de ganado bovino lechero en Costa Rica

Capítulo 2. Cedeño, D.A. y Vargas, B. 2003. Optimización de políticas de descarte en vacas lecheras de Costa Rica.

CONCLUSIONES GENERALES.....	XV
RECOMENDACIONES.....	XVII

Resumen general

En el primer artículo se analizó el efecto de factores raciales y de manejo sobre la longitud de la vida productiva en ganado lechero de Costa Rica utilizando la metodología de análisis de sobrevivencia. Se analizó información proveniente de fincas lecheras, abarcando el periodo comprendido entre 1985 hasta 2002, e incluyendo los grupos raciales Holstein, Jersey, Guernsey, Pardo Suizo, $\frac{1}{2}$ Holstein \times $\frac{1}{2}$ Jersey, *Bos indicus* \times Pardo Suizo y Holstein \times Pardo Suizo. La curva de sobrevivencia del grupo *Bos indicus* \times Pardo Suizo fue más baja que la de los demás grupos, producto de mayores tasas de descarte. La curva de sobrevivencia del grupo Holstein \times Pardo Suizo fue más elevada que la de los demás grupos, debido a menores tasas de descarte. Las curvas de los demás grupos fueron muy similares. Se compararon además las curvas de sobrevivencia de fincas de ganado Holstein. Se observó un rango de variación en la vida productiva esperada desde 3.2 ± 0.08 años hasta 6.3 ± 0.22 años. La variabilidad observada entre fincas fue mayor que entre razas, lo que parece indicar que los factores ambientales tienen mayor efecto que los factores raciales sobre la vida productiva. La proporción de descartes involuntarios fue alta en todas las fincas, oscilando entre un 51.3 hasta 83.7%. Se concluye que existe una alta variación en la vida productiva esperada de la población estudiada, la cual es principalmente causada por la gran variación existente en las tasas de descarte involuntario, y en menor grado debido a factores raciales.

En el segundo artículo se estiman políticas óptimas de descarte para cuatro grupos raciales de ganado bovino lechero de Costa Rica, utilizando programación dinámica evaluado en un horizonte de tiempo de 15 años, tomando en cuenta la producción, condiciones y circunstancias del mercado en Costa Rica. Las razas Holstein y Jersey son intensivamente utilizadas para producción de leche en las partes altas y los grupos raciales Pardo Suizo y Holstein \times Pardo Suizo animales de doble propósito que se adaptan a las condiciones del trópico seco y húmedo. La vida productiva óptima para la raza Holstein fue de 50.9 meses, correspondiente a una tasa de reemplazo anual y de descarte voluntario de 23.6% y 11.7% respectivamente. En Jersey fue de 54.7 meses

con tasas de reemplazo de 21.9% y descarte voluntario de 11.7%. Para el grupo Pardo Suizo el óptimo fue de 58.0 meses con tasas de reemplazo anual de 20.7% y descarte voluntario de 11.7% y finalmente para el grupo racial Holstein×Pardo Suizo de 52.4 meses con tasas de reemplazo anual y descarte voluntario de 22.9% y 13.7% respectivamente. Los resultados obtenidos bajo las condiciones descritas en los módulos para cada grupo racial muestran una vida productiva óptima inferior a lo encontrado en vida productiva esperada. Las probabilidades bajas de descartes involuntarios y de concepción son una razón para encontrar diferencias en cuanto a vida productiva óptima y esperada. El descarte voluntario fue inferior en el presente trabajo debido principalmente a las probabilidades bajas de concepción.

Agradecimientos

A la vida

A mi esposa Dixie , mis hijos Alejandro y Nicolai por la paciencia, comprensión y fuerza que me ofrecieron a la distancia.

Al Dr. Bernardo Vargas Leitón por su valiosa dirección y orientación en el proyecto.

Al Dr. Jorge Camacho y al Dr. Juan José Romero por las observaciones realizadas a este trabajo.

Al Posgrado en Ciencias Veterinarias tropicales de la Universidad Nacional, a su personal docente y administrativo

*Al eterno amor de Dixie.
Al cariño, amistad y compañía de Alejandro y Nicolai
A la sabiduría de mi madre
A la tenacidad de mi padre*

Lista de tablas

Capítulo 1.

Tabla I	9
Criterios para codificar causas de descarte con base en intervalo parto descarte (IPD), número de celos detectados (NC), número de servicios (NS), intervalo parto concepción (IPC) y razón de descarte reportada.	
Tabla II	11
Producción de leche (P305,kg) e intervalo entre partos (IEP,d) de ganado lechero de siete grupos raciales en Costa Rica.	
Tabla III.....	12
Número de vacas censadas, no censadas y porcentaje de censadas en los siete grupos raciales de ganado lechero de Costa Rica.	

Capítulo 2

Tabla I	7
Información disponible para el cálculo de parámetros biológicos	
Tabla II.....	10
Descripción de parámetros de entrada utilizados en el submódulo de reemplazo	
Tabla III.....	12
Parámetros estimados de la curva de crecimiento según el modelo de Brody para los grupos raciales Holstein, Jersey, Pardo Suizo y Holstein×Pardo Suizo	
Tabla IV.....	13
Parámetros de la curva de lactancia obtenido mediante ajuste del modelo difásico en vacas de grupos raciales Holstein, Jersey, Pardo Suizo y Holstein×Pardo Suizo	
Tabla V.....	13
Composición promedio de la leche por grupo racial	
Tabla VI.....	15
Parámetros promedio resultantes de una situación bajo políticas óptimas de descarte	
Tabla VII.....	20
Valores reales ¹ versus valores óptimos de vida productiva, tasas de reemplazo, intervalo entre partos y número de lactancias completas	

Lista de Figuras

Capítulo 1

Figura 1.....	10
Edad al primer parto, vida productiva y edad de descarte en vacas de siete grupos raciales de ganado lechero en Costa Rica.	
Figura 2.....	13
Curvas de sobrevivencia y expectativa de vida productiva de ganado lechero de siete grupos raciales en Costa Rica.	
Figura 3.....	15
Curvas de sobrevivencia en seis fincas con ganado Holstein.	
Figura 4.....	16
Distribución de vida productiva esperada (VPE, años) versus producción de leche a 305 días (P305, kg), e intervalo entre partos (IEP, d).	
Figura 5.....	17
Distribución relativa de los descartes involuntarios y voluntarios en 15 fincas de ganado Holstein de Costa Rica.	

Capítulo 2

Figura 1.....	6
Estructura de modelo bioeconómico para optimización de políticas de descarte	
Figura2.....	16
Probabilidades marginales de descarte involuntario de cuatro grupos raciales bajo políticas óptimas de descarte	
Figura3.....	18
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	
Figura 4.....	19
Ganancia futura (\$EUA) al 8 ^{avo} mes en lactancias para vacas con intervalo de 13 meses y una producción 1.00	

LISTA DE ABREVIATURAS

H.....	Holstein
J.....	Jersey
G.....	Guernsey
PS.....	Pardo Suizo
HxJ.....	Holstein×Pardo Suizo
BixPS.....	<i>Bos indicus</i> ×Pardo Suizo
HxPS.....	Holstein×Pardo Suizo
EPP.....	Edad a primer parto
VPO.....	Vida productiva observada
VPE.....	Vida productiva esperada
VP.....	Vida productiva
ED.....	Edad al descarte
IEP.....	Intervalo entre parto

Introducción General

La producción animal sostenible tiene como base componentes sociales, ecológicos, económicos y productivos, que interactúan entre sí. Mediante una combinación adecuada de los principios de sostenibilidad es posible incrementar en forma notable la eficiencia biológica y económica de los sistemas de producción animal en el trópico americano con ventajas ambientales adicionales de interés global. Entre estos están los aspectos importantes relacionados con la eficiencia de la ganadería tropical sobre la capacidad productiva y reproductiva de los animales. En un sistema integral de producción la rentabilidad se beneficia cuando se toma la decisión correcta de inseminación, reemplazo y descarte. Las decisiones de descarte voluntario sub-óptimas pueden significar una disminución considerable en los beneficios económicos obtenidos por una finca lechera. La implementación de políticas de descarte óptimas adecuadas a 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. La definición de estas políticas requiere, sin embargo, del conocimiento de los parámetros bioeconómicos reales de las razas. Es necesario determinar si la edad de descarte real concuerda con los óptimos bioeconómicos para los grupos raciales de ganado bovino lechero comúnmente utilizados en el país.

Desde un punto de vista económico, la vaca debe ser rentable para poder asegurar la continuidad de la empresa 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 la ganancia acumulada por venta de leche, valor de la progenie, valor de la carcaza; y los costos acumulados por concepto de crianza, alimentación, reproducción, insumos veterinarios, etc (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).

La vida de una vaca lechera puede dividirse en dos fases: crianza y vida productiva. La fase de crianza se extiende desde el momento en que la ternera nace hasta el momento del primer parto. La fase productiva abarca desde el momento del primer parto hasta el momento del descarte o muerte (Ducrocq y Solkner, 1998; Solkner y Ducrocq, 1999). Este periodo corresponde a la vida productiva de la vaca lechera. En circunstancias normales, la vaca incrementará su producción de leche desde la primera hasta la tercera o cuarta lactancia. Posteriormente, la vaca mantiene esta producción por algunas lactancias más y finalmente comenzará a declinar su producción.

El descarte y reemplazo de una vaca lechera durante la etapa productiva puede ocurrir en cualquier momento, ya sea por razones involuntarias tales como enfermedad, mortalidad e infertilidad; o por razones voluntarias, tales como un bajo rendimiento productivo (Vanraden y Wiggans, 1995; Ducrocq y Solkner, 1998). El descarte involuntario puede ser reducido mediante el mejoramiento de las condiciones ambientales, salud, nutrición y/o manejo. El descarte voluntario puede ser optimizado mediante la determinación del momento más adecuado para eliminar una vaca del hato de acuerdo con criterios bioeconómicos. De acuerdo a Pearson y Freeman (1973) las estrategias de descarte y la vida productiva tienen un efecto grande sobre los ingresos netos globales. Para Rogers *et al.* (1988) en el manejo del hato las dos más importantes decisiones son la inseminación y el descarte. De Lorenzo *et al.* (1992) considera entre las decisiones para un mejor control de manejo de hato lechero es la decisión de reemplazo.

Una manera de estimar el momento óptimo de descarte y la optimización de la vida productiva es mediante programación dinámica (Van Arendonk, 1985a, 1985b). Los ciclos biológicos de reproducción y lactancia hacen que el manejo de decisiones de vacas lecheras sea dinámico, recursivo y estocástico. Las decisiones son dependientes del tiempo. En problemas de optimización multiperiodicos, la programación dinámica tiene la ventaja de determinar las decisiones óptimas para un sinnúmero de secuencias de producción posibles (DeLorenzo *et al.*, 1992). La programación dinámica se emplea para la solución de problemas que requieren de decisiones secuenciales a través del tiempo. La información bioeconómica permite determinar políticas óptimas de descarte para vacas que se encuentran en distintos periodos de producción (Huirne *et al.*, 1997).

Una política óptima es aquella que maximiza una función objetivo, que generalmente es de carácter económico.

Capítulo 1

**Análisis de vida productiva de ganado bovino lechero
en Costa Rica**

Cedeño, D.A.¹ B. Vargas²

¹ Estudiante graduado, Posgrado Regional en Ciencias Veterinarias Tropicales, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

² Programa de Producción Animal Sostenible. Universidad Nacional de Costa Rica. Posgrado Regional en Ciencias Veterinarias Tropicales

ANÁLISIS DE VIDA PRODUCTIVA EN GANADO BOVINO LECHERO DE COSTA RICA

ANALYSIS OF HERD-LIFE IN DAIRY CATTLE OF COSTA RICA

Cedeño, D.A.¹ y B. Vargas²

¹ Universidad de Nariño, Colombia. Facultad Ciencias Pecuarias. Programa Medicina Veterinaria. E. Mail: darioc5753@Yahoo.com

² Universidad Nacional de Costa Rica. Posgrado Regional en Ciencias Veterinarias Tropicales. E.Mail: bvargas@medvet.una.ac.cr.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Análisis de sobrevivencia. Descarte voluntario. Descarte involuntario. Vida productiva.

RESUMEN

Se analizó el efecto de factores raciales y de manejo sobre la longitud de la vida productiva en ganado lechero de Costa Rica utilizando la metodología de análisis de sobrevivencia. Se utilizó información proveniente de fincas lecheras, abarcando el periodo comprendido entre 1985 hasta 2002, e incluyendo los grupos raciales Holstein (n=28986), Jersey (n=14064), Guernsey (n=1054), Pardo Suizo (n=1684), $\frac{1}{2}$ Holstein \times $\frac{1}{2}$ Jersey (n=4707), *Bos indicus* \times Pardo Suizo (n=737), y Holstein \times Pardo Suizo (n=946). La vida productiva esperada varió desde 3.2 ± 0.18 años (*Bos Indicus* \times Pardo Suizo) hasta 5.0 ± 0.14 años (Holstein \times Pardo Suizo). La curva de sobrevivencia del grupo *Bos indicus* \times Pardo Suizo fue más baja que la de los demás grupos, producto de mayores tasas de descarte. La curva de sobrevivencia del grupo Holstein \times Pardo Suizo fue más elevada que la de los demás grupos, debido a menores tasas de descarte. Las curvas de los demás grupos fueron muy similares. Se compararon además las curvas de sobrevivencia de 15 fincas de ganado Holstein. Se observó un rango de variación en la vida productiva esperada desde 3.2 ± 0.08 años hasta 6.3 ± 0.22 años. La variabilidad observada entre fincas fue mayor que entre razas, lo que parece indicar que los factores ambientales tienen mayor efecto que los factores raciales sobre la vida productiva. El promedio de vida productiva de las fincas analizadas no se correlacionó de manera significativa con su promedio de producción de leche a 305-d ($r=0.06$, $p<0.82$) o el intervalo entre partos ($r=0.14$, $p<0.60$). Se realizó una comparación de los porcentajes relativos de descarte voluntario *versus* involuntario en

estas fincas. La proporción de descartes involuntarios fue alta en todas las fincas, oscilando entre un 51.3 hasta 83.7%. Se concluye que existe una alta variación en la vida productiva esperada de la población estudiada, la cual es principalmente causada por la gran variación existente en las tasas de descarte involuntario, y en menor grado debido a factores raciales.

ADDITIONAL KEYWORDS

Survival analysis. Voluntary culling. Involuntary culling. Herd-life.

SUMMARY

This study analyzed the effect of breed type and management factors on herd life in dairy cattle of Costa Rica using survival analysis. Information was obtained from commercial dairy farms between years 1985 to 2002, and included the following breed types: Holstein (n= 28986), Jersey (n= 14064), Guernsey (n= 1054), Brown Swiss (n= 1684), $\frac{1}{2}$ Holstein x $\frac{1}{2}$ Jersey (n= 4707), *Bos Indicus* x Brown Swiss (n= 737), and Holstein x Brown Swiss (n= 946). Expected herd-life for the different breed types ranged from 3.2 ± 0.18 years for *Bos indicus* x Brown Swiss up to 5.0 ± 0.14 years for Brown Swiss x Holstein. The survival curve for the group *Bos indicus* x Brown Swiss was significantly lower than the others, due to higher culling rates. Survival curve for Holstein x Brown Swiss was higher than the others, due to lower culling rates. All other survival curves were very similar. The survival curves of 15 Holstein farms were also compared. Herd-life in these farms ranged from 3.2 ± 0.08 up to 6.3 ± 0.22 years. The range of variation in expected herd-life obtained for the farms was higher than the range observed between breeds, which seems to indicate that environmental factors have a higher effect than the racial factors on length of herd-life. At the farm level, expected herd-life was not significantly correlated to either 305-d milk yield ($r=0.06$, $p<0.82$) or calving interval ($r=0.14$, $p<0.60$). A comparison was made between involuntary and voluntary culling rates for the farms. Involuntary culling rates were higher for all farms, and ranged from 51.3 up to 83.7%. It is concluded that expected herd-life is highly variable within the available population, which is mainly caused by high and variable culling rates between farms, and to a lesser extent, due to differences in breed type.

INTRODUCCIÓN

Vida Productiva. La vida de una vaca lechera puede dividirse en dos fases: crianza y vida productiva. La fase de crianza se extiende desde el momento en que la ternera nace hasta el momento del primer parto. La fase productiva abarca desde el momento del primer parto hasta el momento del descarte o muerte (Ducrocq y Solkner, 1998; Solkner y Ducrocq, 1999). En circunstancias normales, una vaca incrementa su producción de leche desde la primera hasta la tercera o cuarta lactancia. Posteriormente, esta producción se mantiene por algunas lactancias y finalmente comienza a declinar.

El descarte y reemplazo de una vaca lechera durante la fase productiva puede ocurrir en cualquier momento, ya sea por razones involuntarias tales como enfermedad, mortalidad e infertilidad; o por razones voluntarias, tales como un bajo rendimiento productivo (Vanraden y Wiggans, 1995; Ducrocq y Solkner, 1998). El descarte involuntario puede ser reducido mediante cambios en las condiciones ambientales, por ejemplo a través de condiciones sanitarias o nutricionales; o también a través de mejoramiento genético. El descarte voluntario puede ser optimizado utilizando criterios bioeconómicos, es decir, mediante la determinación del momento preciso en que la vaca deja de ser rentable y debe ser reemplazada (Vargas *et al.*, 2001).

Análisis de Supervivencia. El análisis de supervivencia es una técnica usualmente aplicada para examinar la longitud de tiempo transcurrido entre un momento inicial y la presentación de un evento (Kachman, 1999). En el caso del análisis de vida productiva el momento inicial generalmente se establece como el primer parto y el evento final es el descarte. Según Vukasinovic (1999) el análisis de la variable de vida productiva requiere la utilización de técnicas especiales por varias razones. En primera instancia, la distribución de la variable vida productiva es asimétrica y a menudo desconocida; en segundo lugar, los efectos que actúan sobre la vida productiva no lo hacen necesariamente de forma lineal y varían con el tiempo. La utilización de técnicas de análisis de supervivencia (Ducrocq, 1997; Vukasinovic *et al.*, 1997, 1999) permite tener en cuenta estas particularidades y hacer un mejor uso de toda la información disponible. Varios estudios han aplicado el método de análisis de

sobrevivencia para el estudio de la longitud de vida productiva (Boettcher, 1998b; Essel, 1998; Solkner y Ducrocq, 1999). En síntesis, el análisis de sobrevivencia modela la variable de vida productiva mediante una función no lineal que representa el riesgo que tiene cada animal de ser descartado a través del tiempo (Vukasinovic *et al.*, 1997, 1998; Solkner y Ducrocq, 1999). La particularidad de esta metodología es que permite considerar también las vacas que no tienen una fecha de descarte conocida. La vaca que posee una fecha de descarte o muerte se considera un registro *no censado*. En este caso, el momento de ocurrencia del descarte se denomina *Tiempo de Falla*. Cuando no existe esta fecha de descarte se considera un registro *censado* (Vukasinovic, 1998). Un registro censado puede ocurrir por varias razones, por ejemplo debido a que la vaca continúa viva en el hato al momento del estudio, fue vendida, o simplemente no tiene registros actualizados. El análisis de sobrevivencia incorpora la información proveniente de registros censados mediante la inclusión del registro del último evento observado, el cual se denomina *Tiempo de Censado*. Esto permite obtener una estimación más precisa de la función de sobrevivencia, ya que estas vacas aportan información adicional.

Descarte voluntario vs. Involuntario. El descarte de vacas lecheras puede caracterizarse como involuntario o voluntario. El descarte involuntario ocurre cuando no hay otra decisión posible más que remover la vaca del hato. Ejemplos de las causas de descarte involuntario son problemas de infertilidad, mastitis crónica o clínica, o mortalidad. El descarte voluntario sucede cuando se tiene completa autonomía de decidir cuándo se descarta la vaca, por ejemplo descartes por baja producción, o venta de animales como pie de cría para otras explotaciones (Stevenson y Lean, 1998). Fetrow (1987) categoriza las causas de descarte en biológicas, cuando la vaca está incapacitada de producir; y económicas, cuando la vaca se remueve ya que se espera que el reemplazo produzca más ganancias. Para optimizar las ganancias en un hato se necesita minimizar la proporción de los descartes ocurridos por causas involuntarias y optimizar la proporción de los descartes voluntarios.

La carencia de una definición homogénea para las causas de descarte hace que se presenten variaciones entre los estudios realizados por distintos autores (Beaudeau *et al.*, 2000). La mayoría de los estudios coinciden en que los desórdenes reproductivos son la principal causa de los descartes involuntarios. Se han reportado tasas de descarte

involuntario de 28.5% (Seegers *et al.*, 1984), 36.5% (Esslemont y Kossaibiti, 1997), y 32,8% (Stevenson y Lean, 1998). Estos estudios coinciden en que la segunda causa de descarte involuntario son los problemas de ubre y pezones con un porcentaje entre 5 a 17%, mientras que la proporción más baja son los problemas locomotores, que están por debajo de 6% en 80% de los estudios (Stevenson y Lean, 1998). La proporción de vacas descartadas por otras razones de salud, principalmente eventos en el periparto, varía ampliamente entre distintos estudios, en parte debido a las distintas clasificaciones utilizadas. Stocks (1998) reporta como la principal causa de descarte en EUA los problemas reproductivos, con tasas de 26,7%, seguido de desórdenes en la glándula mamaria (26,5%), baja producción (22,4%), cojeras (15 %) y por último enfermedades varias (4.3%). En Venezuela, Vaccaro (2002) reporta como la principal causa de descarte los problemas reproductivos (25%), la baja producción (21%) y muerte (14%) en ganado *Bos taurus x Bos Indicus*.

El objetivo de este trabajo es analizar el efecto de factores raciales y de manejo sobre la longitud de la vida productiva de ganado bovino lechero de Costa Rica, así como estimar la importancia relativa del descarte voluntario e involuntario en los distintos sistemas de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fuentes de información

Se utilizó 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 desde el 1 de enero de 1985 hasta el 31 de diciembre del 2002.

Análisis descriptivo

Inicialmente, se estimaron parámetros estadísticos descriptivos por grupo racial (media, desviación estándar, mínimos y máximos) incluyendo únicamente las vacas no

censadas. Las variables analizadas fueron edad al primer parto (EPP, años), vida productiva *observada* (VPO, años), edad al descarte (ED=EPP+VPO,años), intervalo entre partos (IEP, días) y producción de leche ajustada a 305 días (P305, kg). Para las vacas con más de un parto, las variables IEP y P305 fueron calculadas como el promedio de todos los registros disponibles. Este análisis permitió la identificación de valores extremos biológicamente improbables, que fueron eliminados del análisis posterior.

Análisis de sobrevivencia por raza

Se realizó un análisis de sobrevivencia sobre la variable vida productiva. El punto de origen se estableció como el momento del primer parto y el evento final analizado fue el descarte, ya sea por razones voluntarias o involuntarias (Vukasinovic,1999). Siguiendo la normativa del análisis de sobrevivencia, se clasificaron las vacas en dos grupos: *no censadas* y *censadas*. Para las vacas no censadas el *tiempo de falla* se definió con base en la fecha conocida de descarte. Las vacas censadas fueron aquellas que no contaron con una fecha conocida de descarte. Para estas vacas censadas se calculó el *tiempo de censado* con base en el último evento registrado en la base de datos. En la base de datos disponible, este evento pudo ser un parto, un celo o una confirmación de preñez. Las fincas incluidas en el análisis ingresaron a la base de datos en momentos distintos dentro del periodo considerado para el análisis (1985-2002).

Para realizar el análisis de sobrevivencia se construyeron Tablas de Vida (Remington y Schork,1985; Noordhuizen *et al.*, 1997) para cada uno de los grupos raciales. Este procedimiento no paramétrico consiste en determinar las probabilidades de sobrevivencia y descarte para distintos intervalos, p.e años. En cada intervalo se contabilizó el número de vacas censadas y no censadas. La probabilidad condicional (p) de que un descarte ocurra en un intervalo dado x a $(x + n)$ se estima mediante la fórmula :

$$p = \frac{d}{\left(te - \frac{1}{2}c \right)} \quad [1]$$

donde,

d = Vacas descartadas en el intervalo x a $(x + n)$ años desde el primer parto,

c = Vacas censadas en el intervalo x a $(x + n)$,

te = *Tamaño efectivo* de la población x años desde el primer parto.

El *tamaño efectivo* (te) al inicio del primer intervalo (primer parto) corresponde al total de vacas incluidas en el análisis. Para los demás intervalos el te se calcula como el te del intervalo inmediato anterior menos la suma de las vacas descartadas en el periodo anterior y la mitad de las vacas censadas en los 2 últimos intervalos.

Las tablas de vida para cada grupo racial fueron construidas utilizando el procedimiento LIFETEST del programa computacional SAS (SAS, 1990), controlando por las diferencias entre fincas. Con base en las tablas de vida se obtuvieron los estimados de la función de sobrevivencia (S) para cada tiempo (t_i), mediante la fórmula:

$$\hat{S}(t_i) = \prod_{j=1}^i (1 - \hat{p}_j) \quad [2]$$

Esta función indica la probabilidad de una vaca de sobrevivir (o no ser descartada) antes de un tiempo t_i . Se realizó una comparación gráfica de las curvas de sobrevivencia de los grupos raciales, obtenidas mediante interpolación de los estimados de la función de sobrevivencia [2] al inicio de cada intervalo. Se calculó además la *mediana de vida productiva* para cada grupo racial. Este parámetro corresponde al tiempo transcurrido hasta que el 50% de las vacas de la población estudiada fueron descartadas. En este estudio, este parámetro será referido como *vida productiva esperada* (*VPE*).

Análisis de sobrevivencia por finca

Se realizó un análisis para determinar el grado de variabilidad en vida productiva entre distintas fincas y determinar la importancia relativa del descarte voluntario e involuntario. Con el fin de obtener resultados más consistentes este análisis se realizó solamente en fincas con vacas de la raza Holstein que contaron con al menos 300 registros de descarte (censados o no censados).

Se generaron tablas de vida y se estimó la VPE por finca mediante el procedimiento indicado anteriormente. Se obtuvieron además las medias aritméticas de

las variables IEP, P305 por finca. Se realizó un análisis de correlación parcial de la variable VPE con las variables IEP y P305, con el fin de identificar posibles relaciones entre longitud de vida productiva, producción y reproducción a nivel de finca.

Descarte voluntario e involuntario

Se realizó un análisis para estimar las proporciones relativas de descarte voluntario e involuntario a nivel de finca. El método utilizado para clasificar los descartes se basó en 2 fuentes de información:

- a. El historial del último parto de la vaca descartada. Se consideró principalmente la información reportada concerniente a número de celos, número de servicios, intervalo parto- concepción e intervalo parto-descarte.
- b. La causa reportada por el finquero. Los descartes en la base de datos disponible se clasificaron en una de 11 categorías: baja producción, vejez, venta, mortalidad, problemas de fertilidad, problemas de periparto, problemas de salud no específicos, problemas de ubre y/o pezones, problemas metabólicos/digestivos, cojeras e indefinidos (otras causas). Esta clasificación presentó algunas deficiencias, tales como la posible confusión existente entre 2 o más razones de descarte (p.e. venta y baja producción), la existencia de categorías que pudieron relacionarse tanto con descarte voluntario como involuntario (p.e. venta) y el uso inadecuado por parte de los finqueros (p.e. inclusión de vacas de desecho dentro de la categoría de mortalidad).

Cada fuente de información utilizada por separado fue insuficiente para clasificar los descartes como voluntario o involuntario; por lo tanto se utilizaron de manera complementaria utilizando criterios mutuamente excluyentes (**tabla I**). Por ejemplo, cuando la vaca contaba con celos reportados, ningún servicio y la razón de descarte reportada fue baja producción, venta o vejez, entonces su descarte se clasificó como voluntario. Finalmente, algunas vacas no pudieron ser clasificadas con certeza en ninguna de las dos clases, en cuyo caso se catalogaron como descartes indefinidos.

Tabla I. Criterios para codificar causas de descarte con base en intervalo parto descarte (IPD), número de celos detectados (NC), número de servicios (NS), intervalo parto concepción (IPC) y razón de descarte reportada¹ (Criteria used to categorize culling reasons based on calving-to-culling interval, number of heats detected, number of services, calving to conception interval, and reported culling reason).

<u>Historial último parto</u>	<u>Razón reportada¹</u>	<u>Clasificación</u>
NS>0; IPC≤150 d.	(1 a 3)	Voluntario
NS>0; IPC>150 d.	(4 a 10)	Involuntario
NS>0; IPC no existente	(4 a 10)	Involuntario
NS=0; NC>0; IPD>100 d.	(1 a 3)	Voluntario
NS=0; NC=0; IPD<100 d.	(4 a 10)	Involuntario
NS=0; NC=0; IPD>100 d.	(1 a 3)	Voluntario
Ninguna de los anteriores	-	Indefinido

¹ Razones de descarte reportadas: baja producción (1), vejez (2), venta (3), mortalidad (4), problemas de fertilidad (5), problemas de periparto (6), problemas de salud no específicos (7), problemas de ubre y/o pezones (8), problemas metabólicos/digestivos (9), cojeras (10) e indefinidos (11)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Descriptivo

Los estimados de EPP indicaron diferencias relativamente pequeñas entre los 7 grupos raciales (**figura I**). Los estimados oscilaron entre 2.4 ± 0.5 años para la raza Jersey y 2.7 ± 0.5 años para el grupo BIXPS, es decir, un rango de variación de tan solo 0.3 años. La variación en ED fue por el contrario mucho más amplia, oscilando entre 5.1 ± 2.5 años para el grupo BIXPS y 6.2 ± 2.8 años para el grupo HxPS, o sea un rango de 1.1 años. El rango de variación en VPO fue igualmente bastante amplio, oscilando desde 2.3 ± 2.3 años para el grupo BIXPS hasta 3.6 ± 2.7 para el grupo HxPS.

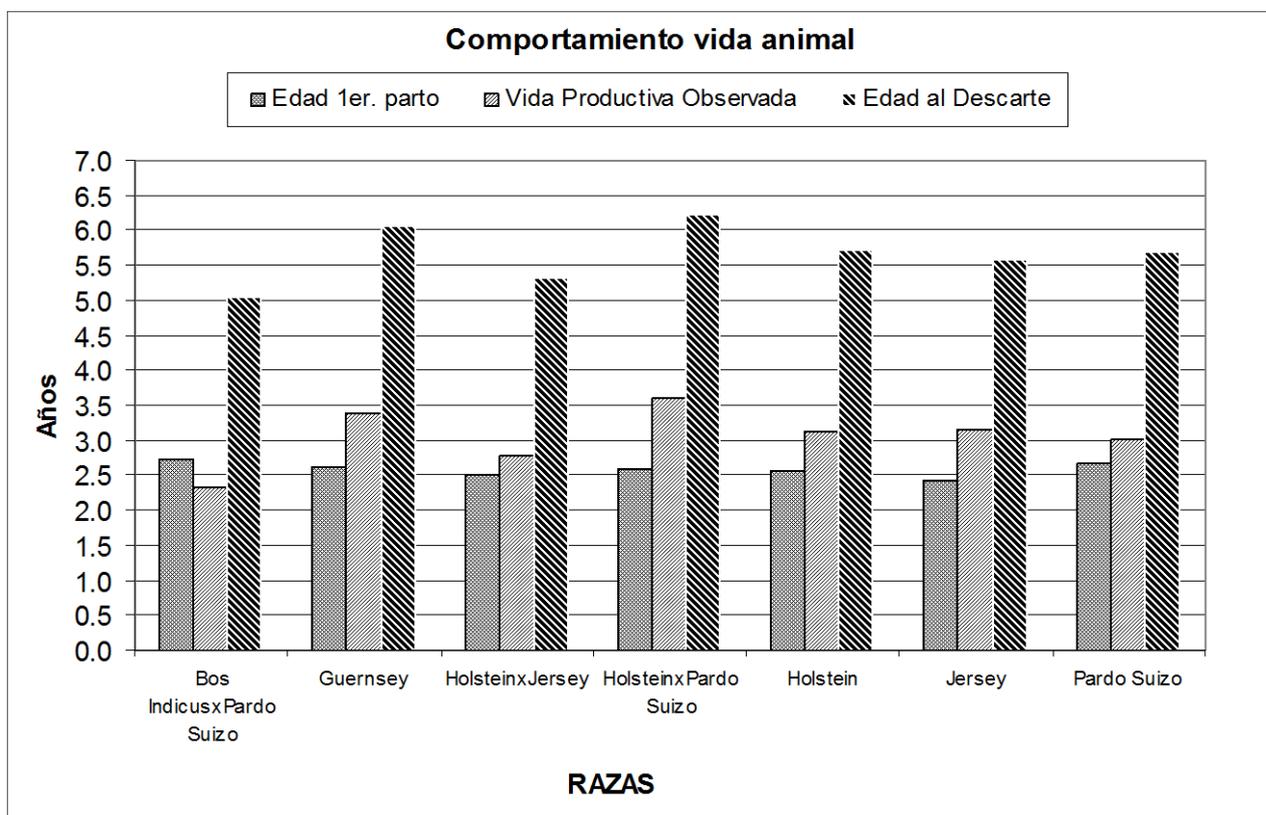


Figura 1. *Edad al primer parto, vida productiva y edad de descarte en vacas de siete grupos raciales de ganado lechero en Costa Rica (Age at first calving, productive life and age at culling in cows in seven racial groups of dairy cattle in Costa Rica).*

Estos resultados indican que la variación observada en la edad al descarte entre los distintos grupos raciales se debe principalmente a diferencias en la longitud de la fase productiva, y en menor grado a diferencias en la edad al primer parto. Esto pareciera indicar que VPO y ED son altamente influenciadas por factores ambientales, mientras que EPP está más ligada a diferencias raciales. Esto se confirma además en los más altos coeficientes de variación obtenidos para VPO y ED en comparación con el obtenido para EPP. Para todos los grupos raciales excepto BIXPS se observa que la longitud de la fase productiva excede la longitud de tiempo desde el nacimiento hasta el primer parto.

Resultados obtenidos para longitud de vida productiva en otros estudios son variables. Lemos (1996) reporta una vida productiva para un cruce Holstein x Guzera

en Brasil con un buen manejo en 6.0 años y el mismo cruce racial con un manejo inadecuado en 4.8 años. Vaccaro (1990) reporta rangos de variación en longitud de vida productiva entre 3.6 a 8.4 años para grupos raciales europeos. Rankena y Stelwagen (1979) reportan una vida productiva para las razas europeas de 4.5 años.

Los grupos raciales analizados presentaron también una amplia variación en cuanto a rendimiento productivo y reproductivo (**tabla II**). Se observó una diferencia de más de 3000 Kg en P305 entre el grupo de menor (BIXPS) y el de mayor (H) producción. Además de las diferencias en potencial productivo de los grupos raciales, el menor índice obtenido para BIXPS se debe a que, bajo condiciones locales, este grupo racial es principalmente utilizado en explotaciones de doble propósito, bajo condiciones menos tecnificadas que los demás grupos incluidos en el estudio. Se observaron también diferencias de más de 50 días en IEP entre la raza Jersey y el grupo BIXPS. Nuevamente, estas diferencias son el resultado tanto de factores raciales como de nivel de intensificación.

Tabla II. Producción de leche (P305,kg) e intervalo entre partos (IEP,d) de ganado lechero de siete grupos raciales en Costa Rica (milk yield and calving interval in seven dairy breed types of Costa Rica).

<u>Grupo Racial</u>	<u>No.</u> ¹	<u>P305</u>	<u>DT</u>	<u>IEP</u>	<u>DT</u>
<i>Bos Indicus</i> × Pardo Suizo	436	2343.7	916.7	442.5	87.7
Guernsey	714	4776.9	1191.9	418.7	70.7
Holstein×Jersey	1943	4003.5	1274.3	389.8	66.7
Holstein×Pardo Suizo	558	4243.5	1157.9	417.9	82.4
Holstein	16052	5534.0	1816.5	416.9	79.9
Jersey	7132	4085.6	1084.3	395.7	69.8
Pardo Suizo	1133	3562.9	1040.9	415.9	74.7

¹No.: Número de vacas no censadas.

Análisis de sobrevivencia por raza

Se incluyeron un total de 52178 vacas en el análisis, de las cuales un 46.4% fueron censadas, es decir, no contaban con una fecha de descarte conocida (**tabla III**).

La variación máxima en la proporción de vacas censadas fue de casi 20% entre la raza Guernsey y el grupo HxJ. La principal razón de censado fue debida a vacas que continuaban vivas al momento de realizar el estudio.

Tabla III. *Número de vacas censadas, no censadas y porcentaje de censadas en los siete grupos raciales de ganado lechero de Costa Rica (number of cows censored, uncensored and proportion of censored records in seven dairy breed types of Costa Rica).*

<u>Grupo Racial</u>	<u>No. vacas</u>	<u>No Censadas</u>	<u>Censadas</u>	<u>% Censadas</u>
<i>Bos Indicus</i> ×Pardo Suizo	737	436	301	40.84
Guernsey	1054	714	340	32.26
Holstein × Jersey	4707	1943	2764	58.72
Holstein × Pardo Suizo	946	558	388	41.01
Holstein	28986	16052	12934	44.62
Jersey	14064	7132	6932	49.29
Pardo Suizo	1684	1133	551	32.72
Total	52178	27968	24210	46.40

En la **figura 2** se presentan los estimados de la función de sobrevivencia por grupo racial para el intervalo desde 0 (1er parto) hasta un máximo de 11 años, obtenidos directamente de las Tablas de Vida. Se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0.001$) entre grupos raciales de acuerdo con la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

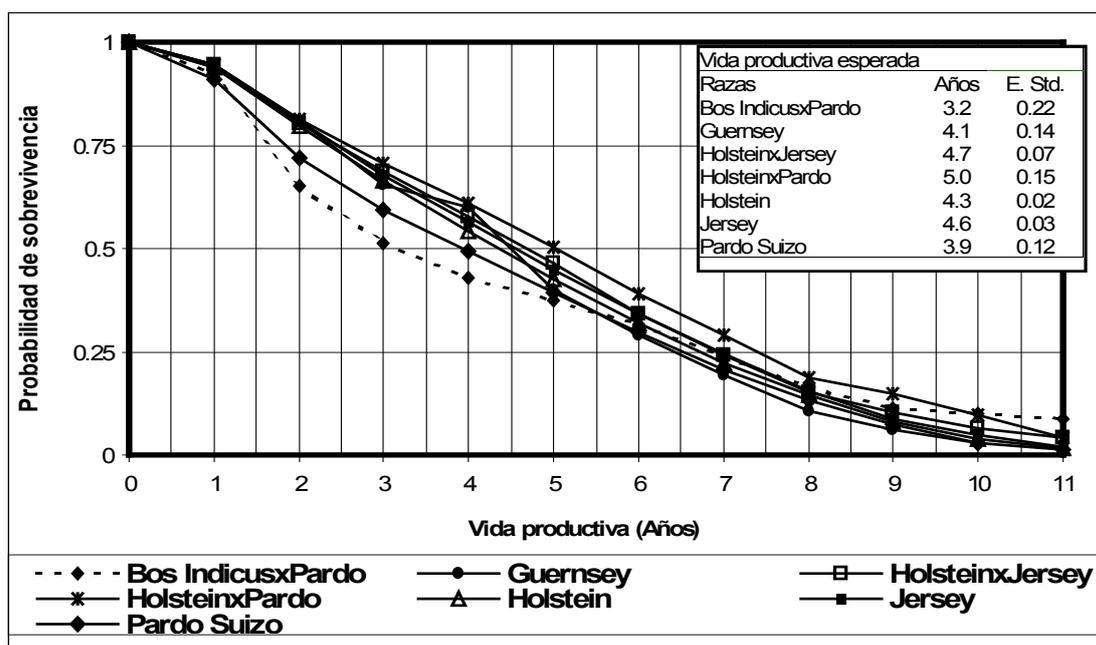


Figura 2. Curvas de sobrevivencia y expectativa de vida productiva de ganado lechero de siete grupos raciales en Costa Rica (Survival curves and expected productive life of seven racial groups of dairy cattle in Costa Rica).

Se presenta además en esta figura el parámetro de vida productiva esperada (VPE). Se obtuvo un máximo de variación de 1.8 años entre el grupo de menor (BIxPS) y el grupo de mayor (HxPS) vida productiva esperada. Las curvas de sobrevivencia resultantes mantuvieron en general diferencias relativas similares a lo largo del intervalo de 11 años considerado, aunque los grupos BIxPS y PS tuvieron una mayor separación en el periodo comprendido entre 0 y 5 años, lo que pareciera indicar una mayor tasa de descarte en esta etapa para estos 2 grupos raciales. La curva del grupo BIxPS presenta además un comportamiento distinto hacia el final, ya que se eleva por sobre las otras, indicando una menor tasa de descarte en esta etapa. La curva del grupo HxPS tiende a mantenerse más elevada que las demás a lo largo de casi todo el periodo considerado, lo que indica menores tasas de descarte en este grupo racial. Por otro lado, las diferencias en las curvas de sobrevivencia de los grupos H, J y HxJ fueron mínimas a lo largo del intervalo. Al final de los 11 años las diferencias entre los estimados de sobrevivencia de

todos los grupos raciales son mínimos, puesto que cerca del 100% de las vacas ya han sido descartadas para entonces.

Las diferencias observadas en las curvas de sobrevivencia de los diferentes grupos raciales están relacionadas con factores tanto raciales como de manejo. Por ejemplo, las razas Holstein y Jersey son mantenidas en general en sistemas más intensivos con un mejor control sanitario y nutricional que el grupo BIXPS, lo cual sería una razón para que presenten curvas de sobrevivencia más elevadas. Por otro lado, las vacas del grupo HxPS representan un nivel intermedio entre tipos raciales más especializados, como Jersey y Holstein, y el grupo BIXPS. Estas vacas son ciertamente menos productoras que J y H (ver **tabla II**), pero son generalmente ordeñadas hasta una mayor edad, de ahí que sus curvas de sobrevivencia sean superiores.

Análisis de sobrevivencia por finca

Se contó con un total de 6770 registros (censados y no censados) de vacas Holstein provenientes de 15 fincas que contaron con al menos 300 registros de descarte. El porcentaje promedio de registros censados fue de 28.7%. Las diferencias obtenidas en las curvas de sobrevivencia de estas fincas fueron altamente significativas ($p < 0.001$). En la **figura 3** se presentan las curvas de sobrevivencia de 6 de estas fincas, para representar el grado de variación observado en el grupo original.

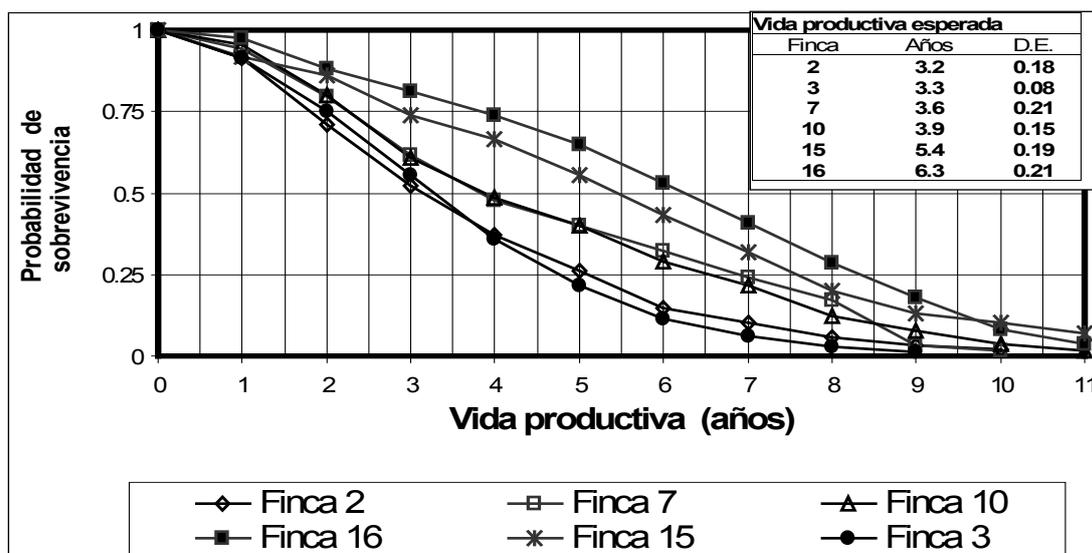


Figura 3. Curvas de sobrevivencia en seis fincas con ganado Holstein (Survival curves in six farms with Holstein cattle in Costa Rica).

Como se observa, las diferencias tanto en la elevación como en la forma de las curvas fue muy amplia, lo que indica que existen patrones de descarte muy disímiles entre las fincas. Las diferencias observadas entre fincas fueron mucho mayores que las observadas para los distintos grupos raciales, lo que indica claramente el efecto del manejo en la definición de la longitud de la vida productiva.

Se realizó un análisis de correlación entre las medias por finca de VPE y las medias de P305 e IEP. Se observó una alta variación en el nivel de producción y eficiencia reproductiva de las fincas. Las medias obtenidas oscilaron entre 3679.5 ± 1124 y 7874.4 ± 1920.9 kg. Las medias de IEP variaron entre 386.2 ± 53.2 y 443.6 ± 85.0 días. El coeficiente de correlación parcial entre VPE y la variable P305 no fue estadísticamente significativo ($r=0.06$, $p<0.82$). De igual manera el coeficiente de correlación parcial entre VPE e IEP tampoco fue estadísticamente significativo ($r=0.14$, $p<0.60$). Estos resultados se confirman en los diagramas de dispersión (**figura 4**), donde se observa que las medias no presentaron ninguna patrón de distribución definido. Estos resultados parecen indicar que no existen relaciones lineales fuertes entre el nivel

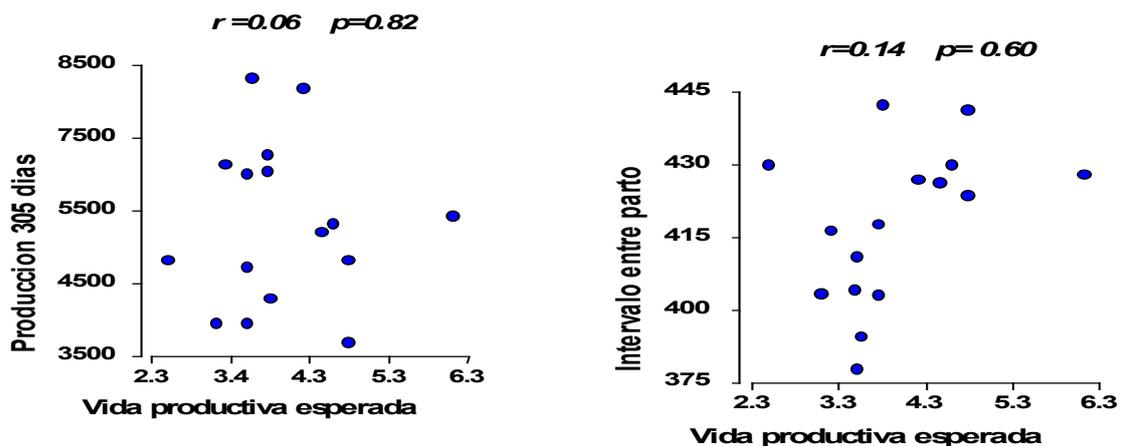


Figura 4. Distribución de vida productiva esperada (VPE, años) versus producción de leche a 305 días (P305, kg), e intervalo entre partos (IEP, d). (Distribution of expected herd-life vs. 305-d milk yield and calving interval).

de producción o la eficiencia reproductiva de la finca y el promedio de vida esperado. Al parecer el descarte en las fincas se realiza mayormente por otros criterios diferentes a los anteriores. Aunque los resultados obtenidos se limitaron a fincas con la raza Holstein, es probable que la situación sea similar para las demás razas, donde cabría esperar que las condiciones de producción y los índices de eficiencia sean aún más heterogéneos.

Descarte voluntario versus involuntario

Los anteriores resultados confirmaron la necesidad de tratar de determinar cuáles son las verdaderas causas de descarte en las fincas analizadas. El análisis realizado utilizando el historial del último parto y las razones reportadas permitieron clasificar aproximadamente un 90% de los descartes en una de 2 categorías, voluntario o involuntario, y el restante 10% entró en la categoría de indefinidos. Las proporciones relativas de descarte voluntario e involuntario en las 15 fincas se muestran en la **figura 5**.

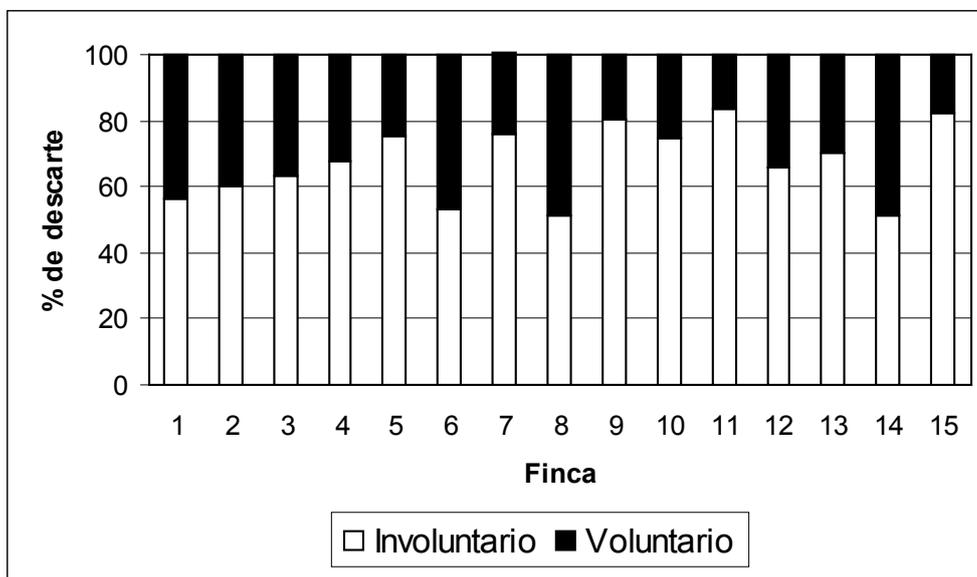


Figura 5. Distribución relativa de los descartes involuntarios y voluntarios en 15 fincas de ganado Holstein de Costa Rica (Relative distribution of involuntary and voluntary culling in 15 farms with Holstein cattle in Costa Rica)

El porcentaje de descarte involuntario fue superior al descarte voluntario en todas las fincas, oscilando entre 51.3 y 83.7%. El promedio general de descarte involuntario fue de un 67.4%. Estudios anteriores reportan niveles de descarte involuntario igualmente altos. En Venezuela, Vaccaro (2002) reporta un nivel de 51% para descarte involuntario, 46% descarte voluntario y un 3% por causas desconocidas para ganado *Bos taurus x Bos indicus*. En Brasil, Lemos (1996) encuentra un 65.1% de descartes involuntarios y 35.3% de descarte voluntario en ganado Holstein x Guzera. Sin embargo, los estimados no son comparables, pues existen diferencias en los métodos de clasificación de los descartes. Otros autores mencionan la dificultad de clasificar los descartes cuando se utiliza información proveniente de explotaciones comerciales (Beaudeau *et al.*, 2000; Dürr, 2002; Vaccaro, 2002).

En el presente estudio, las principales razones de descarte involuntario estuvieron ligadas a problemas reproductivos y mortalidad, mientras que el descarte voluntario se relacionó principalmente con ventas o baja producción. Cabe destacar que la proporción de vacas que se reportan como descartadas por baja producción es de tan solo un 11%, lo que confirma el poco margen que existe para seleccionar animales por producción.

CONCLUSIONES

Se determinó que la vida productiva de los grupos raciales considerados es en general baja, lo que significa que las tasas de descarte son elevadas. Se encontraron diferencias significativas en la vida productiva entre los grupos raciales analizados. Las principales diferencias fueron entre los grupos raciales BIXPS y HXPS en comparación con los demás grupos. El grupo BIXPS presenta una curva de sobrevivencia menos elevada, lo cual puede deberse a que este grupo es generalmente manejado en condiciones más extensivas y con menor control sanitario. El grupo HXPS presentó una curva ligeramente más elevada que las demás, lo que pudo relacionarse al hecho de que se trata de ganado menos especializado que el Holstein o Jersey, y es utilizado localmente en sistemas de producción menos intensivos que mantienen las vacas en ordeño hasta mayores edades. Las diferencias entre los demás grupos raciales fueron mínimas, debido a que se trata de grupos manejados generalmente bajo condiciones intensivas similares.

Se encontraron amplias diferencias en la vida productiva esperada y en las curvas de sobrevivencia de las 15 fincas analizadas. Estas diferencias fueron aún mayores que las detectadas entre grupos raciales. Esto indica que el manejo tiene un efecto muy importante sobre la vida productiva. No se encontraron correlaciones significativas entre las medias de vida esperada de las fincas y el nivel de producción o el intervalo entre partos. Aparentemente, otros factores tienen mayor efecto sobre las tasas de descarte. Esto se confirmó en los mayores niveles de descarte involuntario encontrados en todas las fincas estudiadas. La alta variación encontrada en VPE y las

altas tasas de descarte involuntario plantean la necesidad de determinar el nivel óptimo de reemplazo con base en las características específicas del grupo racial involucrado y las condiciones de producción imperantes.

REFERENCIAS

- Boettcher, P.J. 1998. Alternative methods for genetic evaluation of sires for survival of their daughters in the first three lactations. In: *Proceedings of the 6th World congress on Genetics Applied to Livestock Production* 23, 11-16 January Australia. 363-366.
- Beaudeau, F., H . Seegers, V. Ducrocq, C. Fourichon y N. Baraille. 2000. Effect of health disorders on culling in dairy cows; a review and a critical discussion. *Ann. Zootech.* , 49 pp 293-311
- Ducrocq, V. y J. Solkner. 1998. Implementation of a routine breeding value evaluation for longevity of dairy cows using survival analysis techniques. In: *Proceedings of the 6th World Cong. on Gen. App. to Livest. Prod.* 23, 11-16 January Australia. 359-362.
- Ducrocq, V.1997. *Survival Analysis Applied to Animal breeding and Epidemiology*. Institut National de la Recherche Agronomique. Jouy-en-Josas Cedex. France
- Dürr, J.W., H.G. Monardes y R.I.Cue. 2002. Competing Risks Analysis of reasons for Disposal in Quebec Dairy Herds. *7 th World Cong. on Gen. App. to Livest. Prod.* August 19-23 . Montpellier ,France. 41-47
- Essel, A. 1998. Longevity in dairy cattle breeding. A review. *Livest. Prod. Sci.*, 57: 79-83.
- Esselmont, R.J. y M. A. Kossaibiti. 1997. Culling in 50 dairy herds in England. *Vet. Record.* 140.36-39.
- Fetrow, J. 1987. Culling dairy cows. *Proceedings of the 12 annual convention of the American Association of Bovine Practitioners*. Phoenix. Pp 102-107.
- Kachman, S.1999. Application in Survival Analysis. *J. Anim. Sci.*, 82 Suppl. 2.142-153
- Lemos A., R. Teodor y F. Madalena. 1996. Comparative performance of six Holstein-Friesian x Guzera grades in Brazil.9. Satayability, herd life and reasons for disposal. *Brazilian J. of Genetics.*19 (2):259-264

- Noordhuizen, JPTM, K. Frankena, C.M. Vanderhoofd y E.A.M. Graat. 1997. Application of quantitative methods in veterinary epidemiology: Analysis of time at risk (survival) data. Wageningen Pers.The Netherlands. 445p
- Pearson, R.E. y A.E. Freeman. 1973. Effect of female culling and age distribution of the dairy herd on profitability. *J. Dairy Sci.*, 56: 1459-1464
- Pérez, E., M.T. Baaijen, E. Cappella y H. Barkema. 1989. Development of a livestock information system for Costa Rica. In: Livestock Production and Diseases in the Tropics. Proceedings of the VI th International Conference of Institutes for Tropical Veterinary Medicine. Editores; Kuil, H.; Paling, R:W: and Huhm, J.E. Utrecht, Holand, pp. 221-224.
- Rankena, J.A. y S. Stelwagen.1979. Economic evaluation of replacement in dairy herds. I reduction of replacement rates through improved health. *Livest. Prod. Sci.*, 6:15-27.
- Remington, R.D. y M.A. Schork.1985. Statistics with Applications to the Biological and Health Sciences. Prentice-Hall, Inc. New Jersey. 415.
- SAS® User's Guide: Statistics, Version 8.0 Edition 1990. SAS Inst., Inc., Cary, NC: USA
- Seegers, H., J. Beaudeau, y A. Dijkhuizen. 1984. A three year herd health and management program on thirty Dutch dairy farms. II, culling strategy caused by forced replacement of dairy cows. *Vet. Quart.* 6. 149-157.
- Stevenson, M.A. y I.L. Lean. 1998. Descriptive epidemiological study on culling and deaths in eight dairy herds. *Aust. Vet. J.*, 76:7 , 489-494.
- Stokes, S.R. 1998. Tracking Dairy Efficiency. Texas A&M University System. *Agricultural Communication*.L-5195
- Vanraden, P.M y G.R. Wiggans. 1995. Productive life evaluation: Calculation, accuracy and economic value. *J. Dairy Sci.*, 78: 631-638.
- Vaccaro, L. 1990. Survival of European dairy breeds and their crosses with zebus in the tropics. *Animal breeding Abstracts*, 58 (6): 475-493
- Vaccaro,L. y J. Florio. 2002. Herd life, stayability to fourth calving and reasons for disposal of *Bos taurus x Bos indicus* cows on dual purpose farms in Venezuela. *Livestock Research for Rural Development*.14 (3) .
- Vargas, B., M. Herrero y J.A.M. Van Arendonk. 2001. Interactions between optimal replacement policies and feeding strategies in dairy herds. *Livest. Prod. Sci.*, 69: 17-31.

Vukasinovic, N. 1997. Analysis of productive life in Swiss Brown cattle. *J. Dairy Sci.*, 80: 2572-2579.

Vukasinovic, N., Moll y J., Künzi, N. (1998): Weibull survival models in practice: An example from dairy cattle breeding. Proc. of the Biometrics Section, American Statistical Association, 210-215.

Vukasinovic, N., J. Moll y N. Künzi (1999): Genetic evaluation for the length of productive life with censored records. *J. Dairy Sci.* 82: 2178-2185.

Capítulo 2

**Optimización de políticas de descarte en vacas lecheras de
Costa Rica**

Cedeño, D.A.¹ B. Vargas²

¹ Estudiante graduado, Posgrado Regional en Ciencias Veterinarias Tropicales, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

² Programa de Producción Animal Sostenible. Universidad Nacional de Costa Rica. Posgrado Regional en Ciencias Veterinarias Tropicales

OPTIMIZACIÓN DE POLÍTICAS DE DESCARTE EN VACAS LECHERAS DE COSTA RICA

OPTIMIZATION OF CULLING POLICIES IN DAIRY CATTLE OF COSTA RICA

Cedeño, D.A. y B. Vargas²

¹ Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. Facultad Ciencias Pecuarias. Programa Medicina Veterinaria. E. mail: Darioc5753@Yahoo.com

² Universidad Nacional de Costa Rica. Posgrado Regional en Ciencias Veterinarias Tropicales. E.mail: bvargas@medvet.una.ac.cr.

PALABRAS CLAVES ADICIONALES

Optimización. Programación dinámica. Políticas de descarte. Ganado lechero.

RESUMEN

Se estimaron políticas óptimas de descarte para cuatro grupos raciales de ganado bovino lechero de Costa Rica, utilizando programación dinámica evaluado en un horizonte de tiempo de 15 años, tomando en cuenta la producción, condiciones y circunstancias del mercado en Costa Rica. Las razas Holstein y Jersey son intensivamente utilizadas para producción de leche en las partes altas y los grupos raciales Pardo Suizo y Holstein x Pardo Suizo animales de doble propósito que se adaptan a las condiciones del trópico seco y húmedo. La vida productiva óptima para la raza Holstein fue de 50.9 meses, correspondiente a una tasa de reemplazo anual y de descarte voluntario de 23.6% y 11.7% respectivamente. En Jersey fue de 54.7 meses con tasas de reemplazo de 21.9% y descarte voluntario de y 11.7%. Para el grupo Pardo Suizo el óptimo fue de 58.0 meses con tasas de reemplazo anual de 20.7% y descarte voluntario de 11.7% y finalmente para el grupo racial Holstein x Pardo Suizo de 52.4 meses con tasas de reemplazo anual y descarte voluntario de 22.9% y 13.7% respectivamente. Los resultados obtenidos bajo las condiciones descritas en los módulos bioeconómicos para cada grupo racial muestran una vida productiva óptima ligeramente inferior a la real en las razas Holstein y Jersey, pero intervalos entre partos reales considerablemente superiores a los reales, especialmente en Holstein. El descarte voluntario fue inferior debido principalmente a las relativamente bajas probabilidades de concepción que se ingresaron en el modelo. Las probabilidades bajas de concepción limitan las oportunidades de incrementar la

rentabilidad a través del descarte voluntario. Al reducirse el descarte voluntario, los efectos del descarte involuntario sobre vida productiva son amplios, mientras los efectos sobre ingresos anuales son pequeños comparados a una situación con descarte voluntario. Los resultados indican que la estrategia de alimentación afecta el ingreso mensual y la rentabilidad futura por vaca en cada grupo racial. Las razas lecheras altamente especializadas como Holstein y Jersey presentan niveles de producción considerablemente superiores, pero su costo de mantenimiento es también alto.

ADDITIONAL KEYWORDS

Optimization. Dynamic programming. Culling policies. Dairy cattle.

SUMMARY

Optimum culling policies were estimated for four racial groups using dynamic programming, for a 15-year horizon taking into account the production, conditions and market circumstances of Costa Rica. The racial groups Holstein and Jersey are intensively used at high altitudes in Costa Rica for milk production, while Brown Swiss and Holstein x Brown Swiss are used as dual purpose due to their adaptability to tropical humid and dry conditions. The optimum productive life for Holstein was 50.9 months, corresponding to annual replacement and voluntary culling rates of 23.9% and 11.4%, respectively. The breed Brown Swiss presented 54.7 months with annual replacement and voluntary culling rates of 20.7% and 11.75%, respectively. For the racial group Brown Swiss was 58.0 months with an annual replacement of 20.7% and voluntary culling rate of 11.7%. Finally for Holstein x Brown Swiss, optimum productive life was 52.4 months, corresponding to annual replacement and voluntary culling rates of 22.9% and 13.7% respectively. The results obtained in this work in the conditions described in the bioeconomic module for each race demonstrates a optimal productive life lower than the real productive life in Jersey and Holstein breeds, but with a considerable high calving intervals. The voluntary culling was small due to the relative low conception probabilities introduced in the model. In the absence of voluntary culling, the effects of changes in involuntary culling on average herd life are larger, while effects on annual income are smaller compared to a situation with voluntary culling. The food strategy affects the monthly income and the future profitability for cow in each racial group.

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. Es importante determinar el momento más adecuado para el descarte de una vaca lechera. La definición de este momento requiere, sin embargo, del conocimiento de los parámetros bioeconómicos reales de las razas analizadas.

Desde un punto de vista económico, la vaca debe ser rentable para poder asegurar la continuidad de la empresa 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). El momento óptimo de descarte difiere según sean las características de la vaca, por ejemplo, una vaca cuyo nivel de producción es mayor al promedio del hato tendrá una vida productiva óptima más alta que una vaca cuyo nivel de producción es inferior al promedio del hato. Otros factores a tomar en cuenta son la etapa de la lactancia y la edad de la vaca, valores genéticos y algunos atributos individuales de las vacas tales como enfermedades crónicas o defectos en su conformación (Hansen *et al.*, 1999). Intervalos entre partos muy extensos o muy cortos, pueden derivar en pérdidas económicas considerables. Igualmente, edades de descarte muy elevadas o muy reducidas pueden significar pérdidas económicas (Beaudeau *et al.*, 2000). Los finqueros consideran los eventos de salud que se presentan durante la lactancia o en las últimas etapas de la lactancia una causa para la toma de decisión de descarte (Bascom y Young, 1998). Beaudeau *et al.* (2000) consideran que las posibilidades de descarte basado en el reemplazo y selección voluntaria están limitados en el caso de una alta incidencia de

descartes involuntarios. Para optimizar las ganancias en un hato se necesita minimizar la proporción de los descartes ocurridos por causas involuntarias y optimizar la proporción de los descartes voluntarios.

Programación dinámica. La programación dinámica es una técnica matemática que se utiliza en situaciones donde existe una secuencia de decisiones a tomar, como es en el caso de 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). Los ciclos biológicos inherentes a la reproducción y lactancia hacen que el manejo de decisiones en ganado de ordeño sea dinámico, recursivo y estocástico; de manera que las decisiones son dependientes del tiempo. En problemas de optimización multiperiodicos, la programación dinámica tiene la ventaja de determinar decisiones óptimas sin que se requiera una exhaustiva enumeración de todas las secuencias posibles. La mayoría de los modelos de programación dinámica para optimización de políticas de reemplazo calculan el valor presente de las ganancias futuras de una vaca en un periodo dado sobre un horizonte de tiempo fijo, y cotejan este valor contra el estimado para un reemplazo promedio. Cuando el valor estimado para el reemplazo es mayor, el descarte es considerado como la decisión óptima.

Antecedentes. Estudios previos (Vargas *et al.*, 2001) determinaron que el promedio de vida productiva óptima de vacas Holstein en sistemas de producción intensivos en Costa Rica fue de 63.4 meses, correspondiendo a una tasa de reemplazo absoluta de 18.9%. En otros trabajos realizados en Latinoamérica, Cardoso *et al.* (1999a) reportan un promedio óptimo de vida productiva de 75.6 meses para un cruce racial Holstein × Cebú en una región al sureste de Brasil, correspondiente a reemplazos anuales y descarte voluntario de 15.9 y 10.7% 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%, respectivamente. Cedeño y Vargas (artículo 1, esta tesis) determinaron una vida

esperada promedio de 51.6 meses para ganado Holstein, 55.6 meses para Jersey, 46.8 meses para Pardo Suizo y 60.0 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.

MATERIALES 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 desde el 1 de enero de 1985 hasta el 31 de diciembre del 2002. Además se utilizaron parámetros biológicos reportados por estudios anteriores que fueron realizados con la misma base de datos (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.

Criterios de inclusión y exclusión

Se seleccionaron cuatro grupos raciales: Holstein(H), Jersey (J), Pardo Suizo (PS) y Holstein×Pardo Suizo (HxPS). El grupo HxPS incluyó combinaciones de Holstein y Pardo Suizo en distintos grados, desde $\frac{1}{4}H \times \frac{3}{4}PS$ hasta $\frac{3}{4}H \times \frac{1}{4}PS$. Estos grupos se seleccionaron principalmente con base en la disponibilidad de información sobre crecimiento, sobrevivencia, registros reproductivos y producción de leche.

Procedimiento general

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 (curvas de crecimiento, curvas de lactancia, probabilidades de descarte, probabilidades de concepción), la especificación de las características de la dieta, y parámetros de tipo económico (precios de insumos y productos). 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.

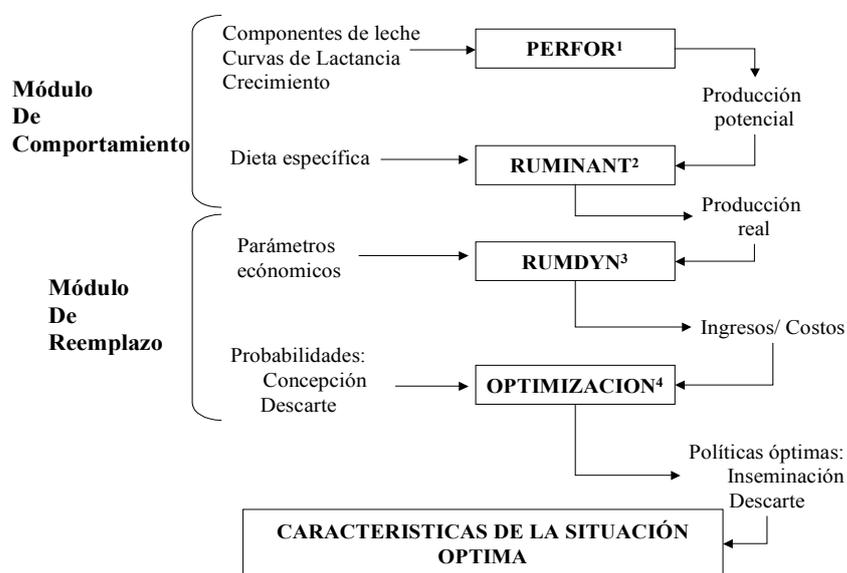


Figura 1. Estructura de modelo bioeconómico para optimización de políticas de descarte (Structure of the bioeconomic model for calculation of optimal culling policies).

Módulo de comportamiento animal

El objetivo del módulo de comportamiento es generar producciones potenciales de 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 estos de producción.

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

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

<u>Raza</u>	<u>Cantidad de registros disponibles</u>			
	<u>Vacas</u>	<u>Lactancias¹</u>	<u>Concepciones</u>	<u>Peso Corporal²</u>
Holstein	10780	22526	84492	64298
Holstein x Pardo Suizo	1679	1218	4471	31952
Jersey	6508	9888	41302	37155
Pardo Suizo	1003	1932	5524	14310
Total	19970	35564	135789	147715

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

²Observaciones de peso corporal tomadas a distintas edades.

Las curvas de crecimiento fueron obtenidas mediante el ajuste de un modelo no lineal a los registros disponibles de peso corporal tomado a distintas edades dentro de las poblaciones analizadas. El modelo utilizado fue Brody [1], el cual fue seleccionado con base en estudios anteriores realizados en la misma población (Solano y Vargas, 1995).

$$y = a \times (1 - b \times e^{-k \times t}) \quad [1]$$

donde,

- y = peso a edad t ,
- a = peso asintótico cuando t tiende a infinito (peso a edad madura),
- b = parámetro de integración
- k = tasa de crecimiento en relación al tamaño maduro,
- t = edad en semanas.

Las curvas de lactancia fueron obtenidas mediante el ajuste de un modelo no lineal a los datos disponibles de producción de leche diaria. Para describir las curvas de lactancias de los cuatro grupos raciales se utilizó el modelo Difásico (Grossman y Koops, 1988) [2], el cual fue seleccionado con base en un estudio realizado por Vargas *et al.* (2000) dentro de la misma población.

$$\sum_{i=1}^2 [a_i \times b_i \times (\tanh^2 \times b_i \times (t - c_i))] \quad [2]$$

Este modelo representa la producción de leche a lo largo de la lactancia como el resultado de 2 fases simétricas adyacentes cuya elevación y forma están determinadas por los parámetros a , b y c . Las curvas fueron generadas dentro de cada grupo racial para 3 grupos de lactancias: primera, segunda y lactancias mayores de 2. La producción a 305-d resultante dentro del 3 grupo se utilizó como producción equivalente-maduro. Los valores de composición de la leche (% de grasa, % de proteína) fueron obtenidos de estudios anteriores (AMHL, 1992) o de la industria. 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%. Los niveles de producción se expresaron como fracción (0.70 hasta 1.30) de la producción promedio de cada lactancia. El cálculo de la edad a primer parto se realizó utilizando los datos disponibles para cada grupo racial.

Submódulo RUMINANT. En este submódulo se obtuvieron estimados de rendimiento *real* con base en el rendimiento *potenciales* descrito en el submódulo anterior y la estrategia de alimentación específica descrita para cada grupo racial. De esta manera, el rendimiento real siempre está limitado por la disponibilidad de alimento. Los cambios de peso a través de la lactancia se restringieron a un máximo de un 10% del peso corporal al inicio de la lactancia. El cambio de peso corporal fue restringido a un máximo de 0.8 kg/día.

La estrategia de alimentación se estableció con base en las condiciones imperantes a nivel local según grupo racial. Se asumió que las vacas pastorean en 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. 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 x Pardo Suizo 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 total, requerimientos energéticos, crecimiento, ganancia de peso y consumo alimenticio sobre lactancia están detallados por Van Arendonk (1985b), Herrero *et al.* (1996,1997), 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 económico, 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).

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

<u>Parámetros</u>	<u>Unidades</u>	<u>Valor</u>
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
Forraje ¹ :		
Kikuyo	US\$/KG MS	0.0342
Estrella	US\$/KG MS	0.0479

¹ Costos estimados de producción de forraje con base en datos de 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 marginales de concepción para cada etapa posparto (mes 2 hasta 7) según grupo racial fueron calculadas con base en la información disponible (**tabla I**).

Las probabilidades marginales de descarte involuntario por lactancia (1 a la 12), se obtuvo 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 (artículo 1, esta tesis). 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 considera en el proceso de la toma de decisiones a través de las probabilidades de concepción. Las vacas que aún permanecen abiertas al 8 mes de lactancia fueron consideradas infértiles y fueron incluidas en la tasa de descarte involuntario, sin embargo esta vacas se mantienen en el hato hasta que alcancen el tiempo óptimo de reemplazo.

Las políticas óptimas de descarte se calcularon por medio de un programa dinámico basado en el modelo descrito por Van Arendonk (1985 a,b), modificado por Vargas *et al.* (2001). La política de descarte óptima se define como el conjunto de decisiones secuenciales en el tiempo que maximizan el valor de una función objetivo. La función objetivo utilizada en este estudio es el *beneficio esperado* (ingresos menos costos) evaluado en periodos de longitud un mes a lo largo de un horizonte de tiempo de 15 años (180 meses). Para el descarte de una vaca, la decisión y el tiempo óptimo para el reemplazo se obtiene comparando los beneficios por mantener la vaca y los beneficios por reemplazarla inmediatamente por una novilla cuyo nivel de producción se asume igual al promedio. Las *ganancia futura* se calcula como la diferencia entre ambos beneficios. Si el beneficio de mantener la vaca es mayor al de reemplazarla, entonces la vaca permanece en el hato; 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

Cálculo de parámetros biológicos

Curvas de crecimiento. Los parámetros de crecimiento obtenidos mediante el ajuste del modelo de Brody [1] se especifican en la **tabla III**. La raza con mayor peso fue la Holstein seguida de la Pardo Suizo, Holstein x Pardo Suizo y por último la raza Jersey. Los pesos maduros obtenidos (parámetro a) fueron un poco menores a lo esperado, debido probablemente a que la mayoría de los pesos disponibles en la base de datos correspondieron a terneras y novillas, y en menor grado a vacas adultas.

Tabla III. *Parámetros estimados de la curva de crecimiento según el modelo de Brody para los grupos raciales Holstein, Jersey, Pardo Suizo y Holstein×Pardo Suizo (Parameters of the growth curve estimated using a Brody model for the breed types Holstein, Jersey, Pardo Suizo and Holstein ×Pardo Suizo)*

<u>Parámetro</u>	<u>Holstein</u>	<u>Jersey</u>	<u>Pardo Suizo</u>	<u>Holstein x Pardo Suizo</u>
a	568.5	401.5	561.2	547.1
b	0.9934	1.0055	1.0158	1.0107
k	0.0116	0.0129	0.0119	0.0133

Curvas de lactancia. En la **tabla IV** se presentan los parámetros de ajuste obtenidos para el modelo difásico [2] y la producción de leche a 305-d estimada por grupo racial. Solo se incluye la información correspondiente a las vacas adultas (3ra lactancia y posteriores). Como se esperaba, la raza con niveles más altos de producción fue la raza Holstein, seguida del cruce racial Holstein × Pardo Suizo, Jersey y por último Pardo Suizo.

Tabla IV. *Parámetros de la curva de lactancia obtenido mediante ajuste del modelo difásico en vacas de grupos raciales Holstein, Jersey, Pardo Suizo y Holstein×Pardo Suizo* (Lactation curve parameters obtained from a diphasic model adjusted to lactation data from breed types Holstein, Jersey, Pardo Suizo y Holstein×Pardo Suizo)

<u>Parámetro</u>	<u>Holstein</u>	<u>Jersey</u>	<u>Pardo Suizo</u>	<u>Holstein× P. Suizo</u>
a_1	3287.3	2094.3	2906.8	2279.3
b_1	0.0056	0.0061	0.0045	0.0059
c_1	41.089	39.878	10.286	32.325
a_2	5480.5	5499.8	4804.2	4960.9
b_2	0.0016	0.0015	0.0015	0.0016
c_2	490.08	443.97	570.48	319.54
$Kg\ 305_1$	5727.1	4512.8	4188.7	4709.6

¹Producción de leche a 305 días

Los parámetros promedio de composición de la leche utilizados se muestran en la **tabla V**. La edad promedio a primer parto (en meses) fue de 31.0, 29.3, 32.0 y 30.0 para Holstein, Jersey, Pardo Suizo y Holstein x Pardo Suizo, respectivamente.

Tabla V. *Composición promedio de la leche por grupo racial* (Milk components according to breed type)

<u>Parámetros</u>	<u>Unidades</u>	<u>Holstein</u>	<u>Jersey</u>	<u>Pardo Suizo</u>	<u>Holstein x Pardo Suizo</u>
Grasa	%	3.5	4.3	4.0	3.9
Proteína	%	3.2	3.5	3.5	3.4
Lactosa	%	4.5	4.5	4.5	4.5

Probabilidades de Concepción. Las probabilidades de concepción obtenidas para cada grupo racial según lactancia (1 a 8) y etapa posparto (2 a 7) se adjuntan en el

Anexo 1. La probabilidad condicional de concepción promedio más alta fue de la raza Jersey (0.34), seguida de la Pardo Suizo (0.33), Holstein x Pardo Suizo (0.31) y por último Holstein (0.30). Se observó una tendencia general de reducción en las probabilidad de concepción conforme aumenta el número de lactancia y en menor grado al aumentar la etapa posparto. Los estimados de concepción para lactancias mayores a la 8 fueron muy irregulares, probablemente debido al número reducido de observaciones en estas etapas. Por esta razón se decidió asumir una reducción progresiva de 0.01% en la probabilidad de concepción de las lactancias 9 hasta 12. Las probabilidades encontradas en este estudio son similares a los reportados para la raza Holstein en el trabajo de Vargas *et al.* (2001) y a los de Cardozo *et al.*(1999) con estudios en Brasil con un grupo racial Holstein x Cebú. Las bajas probabilidades de concepción son una restricción en las oportunidades para aumentar la rentabilidad a través del descarte voluntario.

Probabilidades de descarte. Las probabilidades de descarte involuntario según grupo racial, por lactancia y etapa posparto se muestran en el **Anexo 1**. Los valores fueron altos en la primera lactancia, se redujeron en la segunda y luego tendieron a aumentar con la edad. La tasa más alta en la primera lactancia se debe probablemente a la mayor incidencia de problemas reproductivos y nutricionales en vaquillas de primer parto. Las probabilidades de descarte por etapa de lactancia manifestaron un comportamiento similar, siendo mayores en el posparto, para luego disminuir ligeramente y aumentar visiblemente a partir de tercero y cuarto mes de lactancia.

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 VI**.

Tabla VI. *Parámetros promedio resultantes de una situación bajo políticas óptimas de descarte* (Average parameters obtained for a situation under optimal culling policies)

<u>Parámetros</u>	<u>Unidad</u>			<u>Pardo</u>	<u>Holstein x</u>
		<u>Holstein</u>	<u>Jersey</u>	<u>Suizo</u>	<u>P. Suizo</u>
Vida productiva óptima ¹	mes	50.93	54.75	58.01	52.44
Intervalo entre Partos	día	386.5	378.35	382.19	383.4
Tasa reemplazo	%	23.6	21.9	20.7	22.9
Voluntario	%	11.7	11.4	11.7	13.7
Involuntario	%	11.9	10.6	8.9	9.2
Ingreso esperado ²	EUA \$/vaca	5865.7	5497.3	4568.2	5050.0

¹ Promedio de vida productiva en todos los periodos

² Ingreso (bruto) esperado de una vaca a lo largo de su vida productiva

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 IEP óptimo oscila entre 378.3 d para Jersey y 386 d para Holstein. La vida productiva óptima está altamente influenciada por las tasas de descarte involuntario que alimentan el modelo, mientras que el IEP 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% y 8,5% respectivamente. La vida productiva es mayor respecto al que se obtuvo 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 producción. En Brasil Cardoso *et al.* (1999), 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% y 10,7% respectivamente.

El ingreso bruto esperado es mayor para Holstein, seguido por Jersey, Holstein×Pardo Suizo y por último Pardo Suizo. Este parámetro está relacionado principalmente con el nivel de producción ingresado en el modelo. Cabe señalar sin embargo que este valor se refiere exclusivamente a los ingresos, sin considerar los costos.

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* (1999) 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.* (1999). En la **figura 2** se observa como la tasa de descarte involuntario aumenta con la edad. La tasa de descarte en la primera lactancia es mayor que en la segunda. A partir de la segunda lactancia aumenta la tasa de descarte involuntario con cada lactancia.

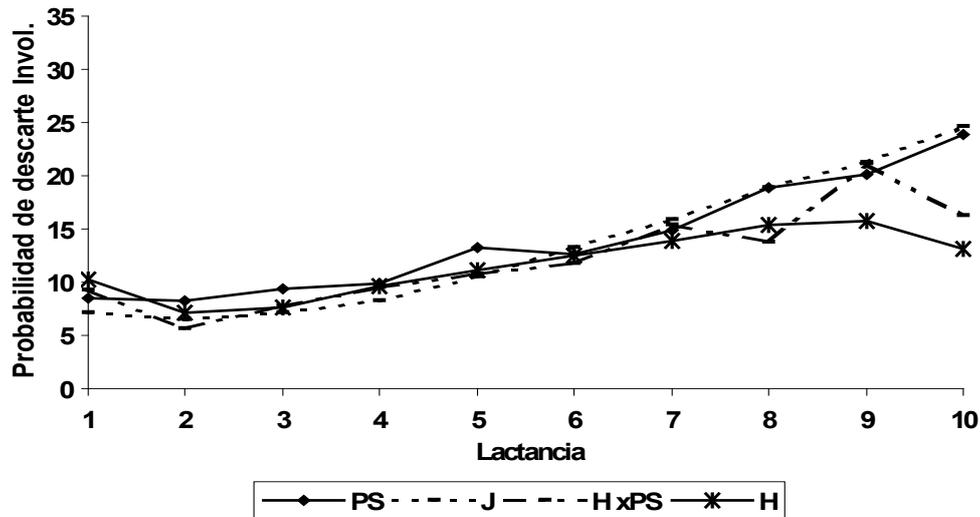


Figura 2. Probabilidades marginales de descarte involuntario de cuatro grupos raciales bajo políticas óptimas de descarte (Marginal probabilities of involuntary culling in four breed types undergoing optimal culling policies)

Es evidente que la tasa de descarte involuntario ingresada en el modelo determina en gran manera el espacio disponible para descarte voluntario. Si el descarte involuntario es bajo, existe mayor opción de optimizar el descarte voluntario. El aumento en el descarte voluntario reduce el efecto de tasas bajas de descarte involuntario sobre la vida productiva óptima pero aumenta las consecuencias económicas (Van Arendonk; 1985a).

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.*; 1999). 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 8^{avo} y 9^{no} 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 grafica 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 valores 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 en la figura, la ganancia futura para las razas Pardo Suizo y Holstein×Pardo Suizo son siempre más altas. Esto se principalmente a que los costos por alimentación asociados con estas razas son menores debido al uso más restringido de concentrado en la dieta.

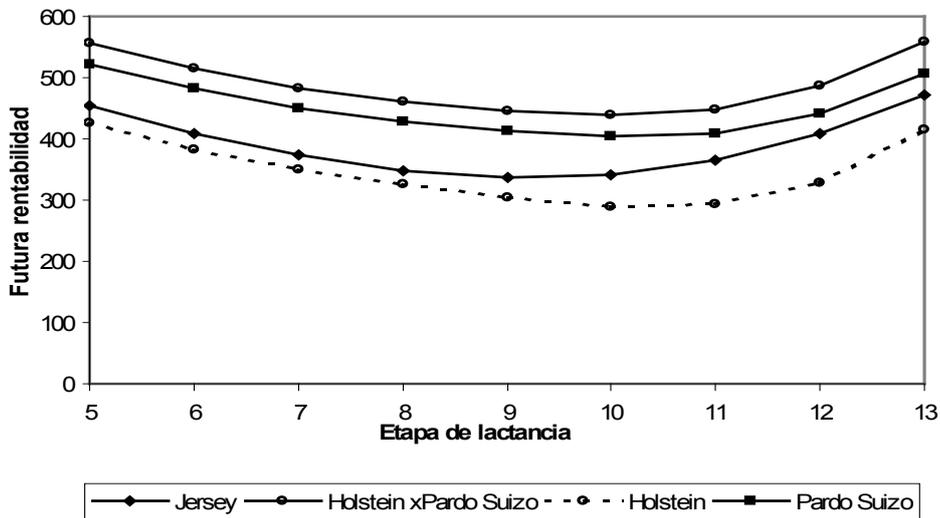


Figura 3. Ganancia futura (\$EUA) en diferentes etapas de la quinta lactancia con vacas de un nivel de producción 1.00 e intervalos entre partos de 13 meses (future profitability in different stages of the fifth lactation with cows with a production level 1.00 and 13 months of interval calvings)

La **figura 4** muestra el comportamiento de la ganancia futura de vacas con intervalos entre partos de 13 meses, en su octavo mes de lactancias 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 Arendonk (1988) en ganado Holstein y por Cardoso *et al.*(1999) en ganado Holstein x 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.

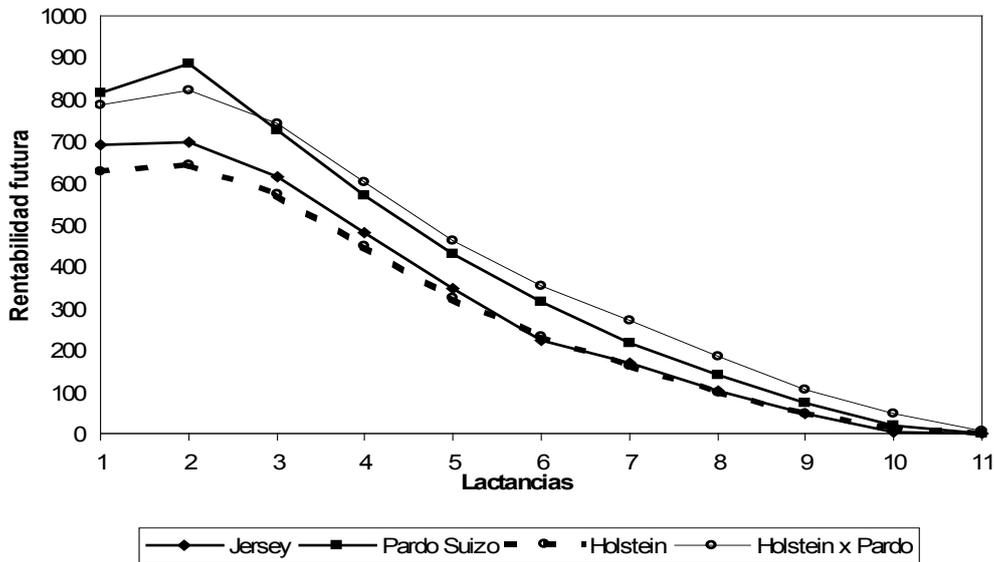


Figura 4. Ganancia futura (\$EUA) al 8^{avo} mes en lactancias para vacas con intervalo de 13 meses y una producción 1.00 (future profitability at the 8 month of lactations for cows with 13 months of calving interval and a 1.00 production level)

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 VII**). Los valores muestran que, en promedio, las vacas son descartadas cerca del tiempo óptimo en las razas Holstein y Jersey. En Pardo Suizo la

vida productiva real es casi un año más baja que la óptima. En Holstein×Pardo Suizo, por el contrario, el parámetro real es cerca de 8 meses más alto.

Los intervalos entre partos reales son en todos los casos superiores a los óptimos, siendo de casi 1 mes la diferencia en Holstein, Pardo Suizo y Holstein×Pardo Suizo. Dividiendo la vida productiva entre el intervalo entre partos podemos obtener un estimado del número promedio de lactancias completas en ambos casos. En el caso de Pardo Suizo, esto significaría una reducción de aproximadamente 1.1 lactancias por vaca a través de la vida productiva, mientras que en Holstein y Jersey la reducción sería de 0.2 y 0.1. En Holstein×Pardo Suizo el parámetro real está sobre el óptimo, sin embargo, los niveles de rentabilidad serían menores.

Tabla VII. *Valores reales¹ versus. valores óptimos de vida productiva, tasas de reemplazo, intervalo entre partos y número de lactancias completas (Actual vs. optimum values for herd-life, calving interval, culling rate and number of finished lactations)*

<u>Parámetros</u>	<u>Holstein</u>	<u>Jersey</u>	<u>Pardo Suizo</u>	<u>Holstein x Pardo Suizo</u>
Vida productiva óptima	50.9	54.8	58.0	52.4
Vida productiva real	51.6	55.6	46.8	60.0
Tasa reemplazo óptima	23.6	21.9	20.7	22.9
Tasa reemplazo real	23.3	21.6	25.6	20.0
IEP óptimo	386.5	382.5	378.3	383.8
IEP real	416.9	395.7	415.9	417.9
Lactancias completas óptimo	3.9	4.3	4.5	4.1
Lactancias completas real	3.7	4.2	3.3	4.3

¹Los parámetros reales fueron obtenidos de Cedeño y Vargas (Artículo 1, esta tesis).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos bajo las condiciones descritas en los módulos bioeconómicos para cada grupo racial muestran una vida productiva óptima ligeramente inferior a la real en las razas Holstein y Jersey, pero intervalos entre partos reales considerablemente superiores a los óptimos, especialmente en Holstein. Ambos resultados combinados implican una ‘pérdida’ promedio aproximada de 0.2 y 0.1 lactancias por vaca de la raza Holstein y Jersey, respectivamente. En Pardo Suizo la situación sería aún más extrema con una diferencia mayor a una lactancia. Si bien estos estimados han sido calculados con base en promedios poblacionales es evidente que las decisiones de descarte podrían ser considerablemente optimizadas.

El descarte voluntario fue inferior en el presente trabajo debido principalmente a las relativamente bajas probabilidades de concepción que se ingresaron en el modelo. Las probabilidades bajas de concepción limitan las oportunidades de incrementar la rentabilidad a través del descarte voluntario. Al reducirse el descarte voluntario, los efectos del descarte involuntario sobre vida productiva son amplios, mientras los efectos sobre ingresos anuales son pequeños comparados a una situación con descarte voluntario.

Los resultados indican que la estrategia de alimentación afecta el ingreso mensual y la rentabilidad futura por vaca en cada grupo racial. Las razas lecheras altamente especializadas como Holstein y Jersey presentan 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, es evidente que 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, es relativamente simple la adecuación del modelo a las características específicas de cada sistema, siempre y cuando exista suficiente información disponible.

REFERENCIAS

- AMHL., 1992. Reporte técnico. Asociación de Mejoramiento de Hatos Lecheros, Costa Rica. 31 p.
- Bascom, S.S., A.J Young. 1998. A summary of the reasons why farmers cull cows. *J. of Dairy Sci.* 81(8): 2299-2305.
- Beaudeau, F., H . Seegers, V. Ducrocq, C. Fourichon y N. Baraeille. 2000. Effect of health disorders on culling in dairy cows; a review and a critical discussion. *Ann. Zootech.* , 49 pp 293-311.
- Cardoso, L.V., J.R. Nogueira, 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, 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.* 82: 14449-1458.
- DeLorenzo, M.A., T.H. Spreen, G.R. Bryan; JAM. Van Arendonk. 1992. Optimizing model: insemination, replacement, seasonal production, and cash flow. *J. of Dairy Sci.* 75: 885-896.
- Grossman, M y W.J. Koops. 1988. Multiphasic analysis of lactation curves in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 71:1598-1608
- Hansen, L.B., J.B. Cole, A.J. Seykora. 1999. Productivity life and reasons for disposal of Holstein cows selected for large versus small body size. *J. of Dairy Sci.* 82: 795-801.
- Herrero, M., Fawcett, R.H., Dent, J.B., 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, RBM; A.A. Dijkhuizen, P. Van Beek, J.A. Renkema. 1997. Dynamic programming to optimize treatment and replacement decisions. *Animal Health Economics*. Post Graduate Foundation, University of Sydney (7);85-97.
- Lehenbauer, TW. 1998. Production Management. Dairy cow-culling decisions. *The Compendium, Food Animal dec.*1362-1368.
- Lehenbauer, T.W., J.W. Oltjen. 1998. Symposium: Dairy Farms in Transition. Dairy culling strategies: Making economical culling decisions. *J. of Dairy Sci.* 81: 264-271.
- Lemos, AM., R. Teodoro, R. L. Madalena.1996. Comparative performance of six holstein Friesian X Guzera in Brasil. 9. Stayability, herd life and reasons for disposal. *Braz. J. of Gen.* 19,259-264.
- Pearson, R.E., A.E. Freeman. 1973. Effect of female culling and age distribution of the dairy herd on profitability. *J. of Dairy Sci.* 56: 1459-1464
- Rogers, G.W., JAM Van Arendonk, 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., Vargas, B., 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. 1986. Studies on the replacement policies in dairy cattle IV. Influences of seasonal variation in performance and prices. *Livest. Prod. Sci.* 14:16-28
- Van Arendonk, JAM. 1987. Contribution of variables to the optimal policy for insemination and replacement of dairy cows, *J. Anim. Breed. Gen.* 104. 35
- Van Arendonk, JAM. 1988. Management guides for insemination and replacement decisions. *J. Dairy Sci.* 71. 1059-1057.
- Vanraden, P.M., . G.R. Wiggans.1995. Productive life evaluation: Calculation, accuracy and economic value. *J. of Dairy Sci.* 78: 631-638.
- Vargas, B; 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, J.A.M. 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. 2000. *J. of Dairy Sci.* 83:1371-1380.

ANEXO 1

PROBABILIDADES CONDICIONALES DE CONCEPCION X RAZA X MES POSPARTO

Holstein							
Lac.	Mes posparto						
	2	3	4	5	6	7	
1	0,22	0,28	0,27	0,29	0,29	0,30	
2	0,23	0,31	0,30	0,32	0,30	0,34	
3	0,24	0,31	0,31	0,32	0,32	0,34	
4	0,24	0,32	0,31	0,32	0,32	0,33	
5	0,23	0,32	0,31	0,31	0,32	0,33	
6	0,23	0,31	0,30	0,30	0,33	0,33	
7	0,23	0,31	0,31	0,30	0,31	0,31	
8	0,23	0,31	0,31	0,32	0,31	0,34	

Holstein x Pardo Suizo							
Lac.	Mes posparto						
	2	3	4	5	6	7	
1	0,23	0,30	0,27	0,25	0,29	0,31	
2	0,25	0,34	0,29	0,31	0,28	0,31	
3	0,27	0,29	0,29	0,31	0,31	0,31	
4	0,29	0,38	0,35	0,32	0,27	0,31	
5	0,27	0,35	0,35	0,32	0,35	0,33	
6	0,25	0,33	0,41	0,28	0,31	0,34	
7	0,26	0,32	0,44	0,40	0,25	0,17	
8	0,26	0,24	0,31	0,34	0,48	0,58	

Jersey							
Lac.	Mes posparto						
	2	3	4	5	6	7	
1	0,31	0,37	0,34	0,33	0,32	0,33	
2	0,31	0,38	0,36	0,35	0,31	0,33	
3	0,31	0,37	0,36	0,33	0,32	0,35	
4	0,31	0,38	0,35	0,34	0,30	0,39	
5	0,29	0,38	0,33	0,35	0,32	0,32	
6	0,29	0,37	0,34	0,33	0,35	0,36	
7	0,28	0,37	0,35	0,37	0,38	0,35	
8	0,26	0,24	0,31	0,34	0,48	0,58	

Pardo Suizo							
Lac.	Mes posparto						
	2	3	4	5	6	7	
1	0,22	0,27	0,27	0,28	0,29	0,35	
2	0,27	0,33	0,34	0,28	0,33	0,31	
3	0,29	0,37	0,31	0,31	0,33	0,37	
4	0,31	0,36	0,32	0,43	0,32	0,43	
5	0,27	0,36	0,30	0,36	0,34	0,32	
6	0,32	0,35	0,38	0,34	0,22	0,41	
7	0,33	0,34	0,30	0,36	0,43	0,44	
8	0,30	0,33	0,25	0,34	0,28	0,29	

PROBABILIDADES DE DESCARTE X RAZA X LACTANCIA

Raza	Lactancia											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Holstein	0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,09	0,10	0,10
H x PS	0,10	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,08	0,11	0,10
Jersey	0,10	0,05	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,09	0,10	0,11
P.Suizo	0,08	0,04	0,02	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,07	0,10	0,10	0,11

PROBABILIDADES DE DESCARTE X RAZA X ETAPA DE LA LACTANCIA

Raza	Etapa de lactancia											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Holstein	0,12	0,11	0,12	0,15	0,18	0,23	0,28	0,34	0,41	0,46	0,54	0,51
H X PS	0,17	0,10	0,11	0,14	0,18	0,21	0,29	0,26	0,35	0,47	0,43	0,51
Jersey	0,12	0,11	0,12	0,14	0,18	0,23	0,28	0,34	0,40	0,49	0,46	0,56
P.Suizo	0,13	0,09	0,08	0,11	0,15	0,17	0,24	0,30	0,36	0,49	0,56	0,57

CONCLUSIONES GENERALES

Se determinó que la vida productiva de los grupos raciales considerados es en general baja, lo que significa que las tasas de descarte son elevadas. Se encontraron diferencias significativas en la vida productiva entre los grupos raciales analizados. Las diferencias entre los grupos raciales fueron mínimas, debido a que se trata de grupos manejados generalmente bajo condiciones intensivas similares.

Se encontraron amplias diferencias en la vida productiva esperada y en las curvas de sobrevivencia de las fincas analizadas. Estas diferencias fueron aún mayores que las detectadas entre grupos raciales. Esto indica que el manejo tiene un efecto muy importante sobre la vida productiva. No se encontraron correlaciones significativas entre las medias de vida esperada de las fincas y el nivel de producción o el intervalo entre partos. Aparentemente, otros factores tienen mayor efecto sobre las tasas de descarte. Esto se confirmó en los mayores niveles de descarte involuntario encontrados en todas las fincas estudiadas. La alta variación encontrada en vida productiva esperada y las altas tasas de descarte involuntario plantean la necesidad de determinar el nivel óptimo de reemplazo con base en las características específicas del grupo racial involucrado y las condiciones de producción imperantes.

Los resultados muestran una vida productiva óptima ligeramente inferior a la real en las razas Holstein y Jersey, pero intervalos entre partos reales considerablemente superiores a los óptimos, especialmente en Holstein. Ambos resultados combinados implican una 'pérdida' promedio aproximada de 0.2 y 0.1 lactancias por vaca de la raza Holstein y Jersey, respectivamente. En Pardo Suizo la situación sería aún más extrema con una diferencia mayor a una lactancia. Si bien estos estimados han sido calculados con base en promedios poblacionales es evidente que las decisiones de descarte podrían ser considerablemente optimizadas.

El descarte voluntario fue inferior en el presente trabajo debido principalmente a las relativamente bajas probabilidades de concepción que se ingresaron en el modelo. Las probabilidades bajas de concepción limitan las oportunidades de incrementar la rentabilidad a través del descarte voluntario.

Los resultados indican que la estrategia de alimentación afecta el ingreso mensual y la rentabilidad futura por vaca en cada grupo racial. Las razas lecheras

altamente especializadas como Holstein y Jersey presentan 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.

RECOMENDACIONES

Sistema de codificación de descartes

Se debe dirigir campañas educativas entre los productores y técnicos para mejorar la calidad de información recolectada en los registros de descartes para la base de datos. En el trabajo presente se detectó repetición de causas de descarte en los grupos de descarte voluntario e involuntario, igualmente por falta de información idónea hay descartes que no se podían clasificar por lo tanto se recurrió a la creación de un tercer grupo de ‘desconocidos’. Como primera medida se deben eliminar las causas de descarte VENTA, VEJEZ Y OTRAS CAUSAS, ya que éstas no aportan la información necesaria para clasificar las causas de descarte. La información que se recolecta tiene que servir para investigadores de producción, genética y epidemiología. Esto conlleva a diseñar categorías de descarte que contengan la suficiente información para suplir los requerimientos de las distintas áreas y de igual manera una codificación que sea fácil de manipular, y entendible para los productores y técnicos.

Se recomiendan las siguientes categorías con su respectivo código:

1. Baja producción (BPRO) : definir si es por disminución en la producción de grasa o si es por baja en la producción en cantidad de leche.
2. Problemas reproductivos (PREP) : Definir si es por infertilidad o por abortos.
3. Aumento de células somáticas (AUMCS): también puede definirse como mastitis.
4. Ubre (UBRE): definir si es mala conformación o problemas para el ordeño.
5. Problemas en pezuñas y extremidades (P&E): definir si es lesión por trauma o infeccioso.
6. Traumático (TRAUM): detallar la causa, metabólica, digestiva, parto, envenenamiento, fulguración, etc.
7. Enfermedad (ENF): detallar la causa, leucosis, paratuberculosis, etc.

Es recomendable, además, llevar registros de vacas que salen de la finca y siguen produciendo en otras partes.

8. Traspaso (TRAS): Vacas en buenas condiciones de producción y salud que son vendidas, permutadas, regaladas o trasladadas de finca.

9. Muerte (MUE): En el caso de muerte dentro de la finca debe especificarse además la causa exacta.

Implementación de modelo de optimización de descartes

El presente trabajo demostró que la utilización de un modelo de optimización puede ser de gran ayuda en la toma de decisiones a nivel de finca. Sería conveniente explorar la posibilidad de incorporar un modelo de optimización similar al utilizado para este análisis dentro del sistema de información que opera actualmente en las fincas. De esta manera los parámetros biológicos que alimentan el modelo serían calculados de manera dinámica dentro de cada finca y podrían ser actualizados de manera regular. Esta información, junto con los parámetros económicos y de manejo general suministrados por el usuario, permitirían la definición de políticas de reemplazo adecuadas para cada finca.