

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE LONGEVIDAD Y PRODUCCIÓN DE LECHE EN GANADO HOLSTEIN EN MÉXICO

Mauricio Valencia Posadas, Felipe de Jesús Ruíz López
y Hugo Horacio Montaldo Valdenegro

RESUMEN

Se utilizaron datos de 47609 vacas e información de pedigrí de 57787 animales Holstein, obtenidos entre 1970 y 1997, para estimar las heredabilidades (h^2) así como correlaciones genéticas y fenotípicas para la duración de la vida productiva a la tercera lactancia (DVP), producción total de leche acumulada a la tercera lactancia (PTA), habilidad de permanencia a los 48 meses de edad (HP48) y producción de leche de la primera lactancia (PLI). Para estimar los componentes de covarianza se utilizó el procedimiento de máxima verosimilitud restringida con modelos animales uni y bivariados. Para DVP, PTA y HP48, el modelo incluyó el efecto de hato-año-estación de parto, considerado fijo, la producción de leche real a 305 días como covariable y los efectos aleatorios del animal y error. Para PLI el modelo incluyó el hato-año-estación de parto como efecto

fijo, y los efectos aleatorios del animal y error. Los promedios para DVP, PTA HP48 y PLI fueron 51,4 meses, 16469kg, 60% y 7673kg, respectivamente. Las heredabilidades para DVP, PTA, HP48 y PLI fueron 0,04; 0,06; 0,03 y 0,25 respectivamente. Todas las correlaciones genéticas y fenotípicas entre las distintas variables estudiadas fueron positivas. Las correlaciones genéticas y fenotípicas de HP48 con DVP y PTA fueron entre 0,72 y 0,94. Los resultados sugieren que la HP48 puede utilizarse como indicador temprano de longevidad, que se debe continuar seleccionando sobre PLI en función de su valor económico y que algunas de las características de longevidad estudiadas pueden incluirse como criterios u objetivos de selección en programas de mejoramiento para ganado Holstein en México.

Introducción

La longevidad en el ganado lechero es una medida de la capacidad que tienen las vacas para sobrevivir el desecho voluntario e involuntario. El desecho voluntario es provocado parcialmente por baja producción de leche y el desecho involuntario se produce cuando la vaca muere o debe dejar el hato por problemas reproductivos o de salud (Vollema, 1998). Disminuyendo el nivel de desecho involuntario se mejora la eficiencia económica de una empresa lechera y aumentan las posibilidades de efectuar desecho voluntario (Vollema y Groen, 1996).

Las dos principales razones para mejorar la longevidad en ganado lechero son: 1) reducir los costos por reemplazos, ya que cuando las vacas permanecen mayor tiempo dentro del hato, se requiere un menor número de reemplazos; 2) incrementar el promedio de producción de leche del hato, al incrementar la proporción de vacas adultas, cuyos niveles de producción son mayores que en vacas más jóvenes (Strandberg y Solkner, 1996; Vollema, 1998).

Diferentes variables han sido usadas para estudiar la longevidad en ganado lechero. Algunas de las características más utilizadas (Hudson y Van Vleck, 1981; Strandberg y So-

lkner, 1996; Vollema y Groen, 1996; Ducrocq y Solkner, 1998) han sido: 1) características de vida productiva, como la duración de vida productiva en el hato (diferencia entre la fecha del primer parto y la fecha de desecho o fecha del último registro de producción) medida en meses o días, el número total de lactancias y la producción de leche acumulada de todas las lactancias, en kilogramos; 2) habilidades de permanencia hasta cierto número de meses de edad (36, 48, 60, 72, 84 meses), o cierto número de meses después del primer parto (12, 36 u otros).

Ducrocq *et al.* (1988) definieron la vida productiva de dos maneras: 1) vida pro-

ductiva (o vida hato) verdadera, que es la vida productiva o longevidad total que depende de la productividad del animal; 2) vida productiva funcional, que depende de la habilidad de la vaca para evitar el desecho por razones involuntarias, distintas a la baja producción, tales como esterilidad o enfermedades. Para reducir la influencia del desecho voluntario en la estimación de parámetros genéticos en características de vida productiva, éstas han sido corregidas para la producción de leche de la primera lactancia, incluyendo en el modelo de análisis como covariable, la producción de la primera

PALABRAS CLAVE / Correlación Genética / Habilidad de Permanencia / Heredabilidad / Vida Productiva /

Recibido: 21/11/2003. Aceptado: 20/01/2004.

Mauricio Valencia Posadas. Doctor en Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Profesor, Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad de Guanajuato. Dirección: ExHacienda El Copal, AP311, Ira-

puato, Guanajuato, México, CP 36500. e-mail: posadas@dulcinea.ugto.mx. Felipe de Jesús Ruíz López. Ph.D. (Animal Science), Universidad de Cornell, NY, EEUU. Investigador, Centro Nacional de Investigación en

Fisiología Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México.

Hugo Horacio Montaldo Valdenegro. Ph.D. (Animal Science), Universidad de Nebraska-Lincoln. Profesor Titular y Jefe, Departamento de Genética y Bioestadística, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México.

SUMMARY

Data from 47609 cows and pedigree information from 57787 Holstein animals, obtained from 1970 to 1997, were used to estimate heritabilities as well as genetic and phenotypic correlations for length of productive life until third lactation (DVP), total milk production until third lactation (PTA), stayability to 48 months of age (HP48) and first lactation milk yield (PLI). Restricted maximum likelihood procedure was used to estimate the covariance components with uni and bivariate animal models. For DVP, PTA and HP48, the model included the effect of herd-year-season of calving, considered fixed, actual 305-day milk production as covariate, and the random effects of animal and error. The model used for PLI included herd-year-season as fixed effect, and ani-

mal and error as random effects. Averages for DVP, PTA, HP48 and PLI were 51.4 months, 16469kg, 60% and 7673kg, respectively. Heritabilities for DVP, PTA, HP48 and PLI were 0.04, 0.06, 0.03 and 0.25 respectively. All genetic and phenotypic correlations among the studied variables were positive. The genetic and phenotypic correlations obtained between HP48 with DVP and PTA were from 0.72 to 0.94. Results suggest that HP48 can be used as an early indicator of longevity, that selection on PLI should be continued because of their economic value, and that some of the longevity traits studied may be included as selection criteria or selection objectives in the improvement programs for Holstein cattle in Mexico.

RESUMO

Se utilizaram dados de 47609 vacas e informação de pedigree de 57787 animais Holstein, obtidos entre 1970 e 1997, para estimar as herdabilidades (h^2) assim como correlações genéticas e fenotípicas para a duração da vida produtiva à terceira lactância (DVP), produção total de leite acumulada à terceira lactância (PTA), habilidade de permanência aos 48 meses de idade (HP48) e produção de leite da primeira lactância (PLI). Para estimar os componentes de covariância utilizou-se o procedimento de máxima verosimilitude restringida com modelos animais uni e bi-variados. Para DVP, PTA e HP48, o modelo incluiu o efeito de rebanho-ano-estação de parto, considerado fixo, a produção de leite real a 305 dias como co-variável e os efeitos aleatórios do animal e erro. Para PLI o modelo incluiu o rebanho-ano-estação de parto como efeito fixo, e os efeitos

aleatórios do animal e erro. As médias para DVP, PTA HP48 e PLI foram 51,4 meses, 16469 kg, 60% e 7673 kg, respectivamente. As herdabilidades para DVP, PTA, HP48 e PLI foram 0,04; 0,06; 0,03 e 0,25 respectivamente. Todas as correlações genéticas e fenotípicas entre as distintas variáveis estudadas foram positivas. As correlações genéticas e fenotípicas de HP48 com DVP e PTA foram entre 0,72 e 0,94. Os resultados sugerem que a HP48 pode utilizar-se como indicador temprano de longevidade, que se deve continuar selecionando sobre PLI em função de seu valor econômico e que algumas das características de longevidade estudadas podem incluir-se como critérios ou objetivos de seleção em programas de melhoramento para gado Holstein no México.

lactancia o alguna medida relacionada a este valor. Esta definición de vida productiva se ha denominado vida productiva funcional (Short y Lawlor, 1992; Vollema y Groen, 1996). La metodología de máxima verosimilitud restringida con el uso de un modelo animal, es una de las más utilizadas para estimar parámetros genéticos en características de longevidad (Short y Lawlor, 1992; Chauhan *et al.*, 1993; Visscher y Goddard, 1995).

En la actualidad, el mejoramiento genético de los bovinos lecheros en muchos países tiende a efectuarse en base de la selección sobre múltiples características, entre las que se han incluido características de producción, longevidad y tipo, y otras relacionadas a la salud de las vacas, a través de índices de selección (INTERBULL, 1996). Para efectuar evaluaciones genéticas y poder desarrollar los índices de selección, es neces-

sario estimar heredabilidades y correlaciones genéticas y fenotípicas en aquellas características que serán incluidas en el índice (VanRaden y Klaaskate, 1993; Jairath *et al.*, 1995).

En América Latina existen pocos estudios relacionados a la longevidad del ganado lechero (Ruíz *et al.*, 1994; Aidar y Pelicioni, 2001) y en México no existen estimadores de parámetros genéticos en características de longevidad en ganado Holstein. Por ello resulta de interés estudiar la longevidad del ganado lechero y estimar heredabilidades y correlaciones genéticas y fenotípicas entre éstas y la producción de leche de la primera lactancia, dado que las condiciones de producción de México son diferentes a las de otros países. Esto permite evaluar su posible incorporación a los programas de selección del ganado Holstein en México.

Materiales y Métodos

Los datos utilizados en este estudio fueron proporcionados por la Asociación Holstein de México a partir de información de 120399 vacas obtenida entre 1970 y 1997. Para garantizar una mayor precisión en la estimación de los parámetros, fueron eliminados los registros de animales que no tuvieron información de una primera lactancia, aquellos que carecían de información del número de lactancia a la que pertenecía cada registro, los hatos que tuvieron menos de 5 vacas, las vacas con lactancias cuyo código de terminación era no utilizable (lactancias iniciadas con aborto, venta, muerte, enfermedades o lesiones) y vacas con producciones por lactancia menores de 1500kg de leche (por considerarlas anormales). Se eliminaron también las vacas que tuvieron menos de 60 días en lac-

tación y animales con menos de 18 meses de edad al primer parto.

Los criterios para decidir las variables de longevidad a estudiar y su duración fueron: 1) que fueran indicadores tempranos de longevidad; 2) que representaran el punto en el que teóricamente la vaca se pagó y teóricamente dejó por lo menos una cría para reemplazo, que es alrededor de la tercera lactancia (Hoque y Hodges, 1980; Weller, 1994).

Las variables relacionadas a la longevidad analizadas en este estudio fueron: 1) la duración de vida productiva hasta la tercera lactancia (DVP); 2) la producción de leche acumulada a la tercera lactancia (PTA); 3) la habilidad de permanencia a los 48 meses de edad (HP48). También se estimó la heredabilidad de la producción de leche de la primera lactancia a equivalente maduro, 305 días de ordeño

y dos ordeños (PL1), y las correlaciones genéticas y fenotípicas entre DVP, PTA, HP48 y PL1.

Las variables DVP, PTA y HP48 fueron analizadas corrigiendo para la selección voluntaria para la producción de leche en la primera lactancia (PL1), incluyendo ésta última como covariable en el modelo de análisis (Short y Lawlor, 1992; Strandberg y Solkner, 1996; Vollema y Groen, 1996).

Todas las vacas incluidas en el estudio tuvieron la misma oportunidad de llegar a los 48 meses de edad, o a la tercera lactancia, según correspondiera, al incluir en el análisis únicamente datos de animales que tuvieron dicha oportunidad, de acuerdo a las fechas de nacimiento y los periodos de obtención de información a nivel hato.

Se estimó la edad final de las vacas para asignar 0 o 1 a la variable HP48, asignándose 0 cuando la vaca no llegó a los 48 meses de edad, o 1 si su edad final fue igual o mayor que 48 meses. Para DVP hasta la tercera lactancia (en meses), se calculó el tiempo transcurrido entre la fecha del primer parto y la fecha del último parto registrado, más los días que tuvo en leche en la tercera lactancia. Se calculó la producción de leche acumulada hasta la tercera lactancia (PTA), sumando la producción de leche corregida a equivalente maduro, 305 días y tres ordeños, de las tres primeras lactancias de cada vaca.

En el archivo final de datos, todas las vacas tuvieron información para las cuatro variables, haciendo un total de 47609 animales. Las covarianzas se estimaron en análisis bivariados. El número de toros y hatos utilizados en el análisis fue de 3605 y 142 respectivamente, teniendo en promedio 13,2 hijas cada semental y 25,4 toros cada hato. El archivo de pedigrí utilizado para estimar los componentes de varianza de este estudio, incluyó un total de 57787 animales.

Para representar mejor los efectos ambientales e incrementar la precisión, se definieron dos estaciones de primer parto de acuerdo a las características climáticas de México y los números de observaciones por mes de parto; de diciembre a mayo (estación 1) y de junio a noviembre (estación 2), y se creó un efecto de hato-año-estación combinando dichos factores.

La estimación de los componentes de varianza se hizo con el método de máxima verosimilitud restringida (REML), usando el procedimiento libre de derivadas con el programa MTDFREML (Boldman *et al.*, 1995).

Se utilizó un modelo animal univariado para estimar las heredabilidades de las características. Para HP48, DVP y PTA, el modelo incluyó el efecto de hato-año-estación de primer parto (considerado fijo), la producción de leche real como covariable, y los efectos aleatorios del animal y el error. El modelo para PL1 incluyó hato-año-estación como efecto fijo, y los efectos de animal y el error como aleatorios. La heredabilidad de HP48 fue obtenida en la escala original y además en una escala normal subyacente, utilizando el método de Van Vleck (1972).

El modelo utilizado para la estimación de las heredabilidades, representado en notación matricial fue (Henderson, 1984)

$$y = Xb + Zu + e,$$

donde **y**: vector (nx1) de observaciones; **X**: matriz de incidencia (nxp) de efectos fijos, donde se incluyó hato-año-estación y la producción de leche real de la primera lactancia; **b**: vector (px1) de efectos fijos desconocido; **Z**: matriz incidencia (nxq) de efectos aleatorios, que incluyó animal; **u**: vector (qx1) de efectos genéticos aditivos; y **e**: vector (nx1) aleatorio (error).

Al efectuar los análisis, se supuso que los elementos de **u** y **e** se distribuyeron nor-

malmente, que no estaban correlacionados y que los elementos de **y** se distribuyeron normalmente. Las suposiciones hechas para las varianzas y covarianzas fueron las usuales para este tipo de estudio (por ejemplo Vollema y Groen, 1996).

Las correlaciones genéticas se obtuvieron a través de análisis bivariados entre las características, utilizando el mismo programa y el modelo

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

identifican la característica a evaluar y los otros términos dentro del modelo fueron descritos anteriormente. En los análisis bivariados se utilizaron los mismos efectos fijos incluidos en los análisis para cada característica.

La convergencia fue obtenida cuando L (-2 veces el logaritmo de verosimilitud) fue $\leq 10^{-6}$. Cuando se obtuvieron los mismos valores en al menos tres reinicios con diferentes valores, se supuso que el máximo global fue encontrado (Boldman *et al.*, 1995).

Resultados y Discusión

Variabilidad en las características

Los promedios de las características de longevidad y producción de leche de la primera lactancia se muestran en la Tabla I, donde se puede observar mayor variabilidad para PTA y HP48 con coefi-

cientes de variación de 51% y 48% que para PL1 y DVP.

En este estudio, el 91% de las vacas llegaron a los 36 meses de edad, que coinciden aproximadamente con el final de la primera lactancia, y solamente el 60% de ellas alcanzaron los 48 meses de edad. Estos resultados sugieren que los ganaderos probablemente desechan un porcentaje importante de vacas por bajas producciones de leche así como por problemas reproductivos y de salud al terminar la primera lactancia.

Ruiz *et al.* (1994) concluyeron en su estudio que bajas producciones de leche en la primera lactancia es un factor importante en el desecho de vacas Holstein en México. En vacas Holstein de Estados Unidos, VanRaden y Klaaskate (1993) encontraron en su estudio que aproximadamente el 85% de las vacas alcanzaron los 36 meses de edad y el 63% los 48 meses.

Los promedios obtenidos en este trabajo para DVP, PTA y PL1, se encuentran dentro de los rangos obtenidos para estas variables en otras poblaciones de vacas lecheras (Hogue y Hodges, 1981; Boldman *et al.*, 1992; Klassen *et al.*, 1992; Short y Lawlor, 1992; Chauhan *et al.*, 1993; VanRaden y Klaaskate, 1993).

Parámetros genéticos

Las heredabilidades obtenidas para HP48, DVP, PTA y PL1 se presentan en la Tabla

TABLA I
ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LAS VARIABLES DE LONGEVIDAD Y PRODUCCIÓN DE LECHE DE LA PRIMERA LACTANCIA A EQUIVALENTE MADURO Y 305 DÍAS DE ORDEÑO (PL1) SIN AJUSTAR

Característica	Promedio	DE	CV(%)
DVP (meses)	51,4	12	23
PTA (kg)	16469	8407	51
PL1 (kg)	7673	2133	28
HP48*	0,60	0,29	48

DVP: duración de vida productiva a la tercera lactancia, PTA: producción de leche acumulada a la tercera lactancia, HP48: habilidad de permanencia a los 48 meses de edad, *: variable medida como 0 o 1, DE: desviación estándar, CV: coeficiente de variación.

TABLA II
HEREDABILIDADES Y CORRELACIONES GENÉTICAS Y FENOTÍPICAS
EN CARACTERÍSTICAS DE LONGEVIDAD Y PRODUCCIÓN DE LECHE A
EQUIVALENTE MADURO Y 305 DÍAS DE LA PRIMERA LACTANCIA (PL1)

Característica	HP48	DVP	PTA	PL1
HP48	0,03±0,006 (0,05)*	0,94±0,12**	0,86±0,21	0,38±0,10
DVP	0,87	0,04±0,007	0,73±0,11	0,33±0,10
PTA	0,72	0,77	0,06±0,007	0,64±0,09
PL1	0,08	0,08	0,54	0,25±0,01

Las heredabilidades aparecen sobre la diagonal principal, las correlaciones genéticas por encima de la diagonal, y las correlaciones fenotípicas por debajo de la diagonal.

HP48=habilidad de permanencia a los 48 meses de edad; DVP=duración de vida productiva a la tercera lactancia; PTA=producción de leche acumulada a la tercera lactancia.

* Entre paréntesis, heredabilidad corregida a una escala normal subyacente.

** Error estándar de la correlación genética.

II. Los errores estándar aproximados en las heredabilidades de todas las características fueron $\leq 0,01$. Esto indica que aunque los valores de las heredabilidades son pequeños, la estructura y cantidad de datos, permitió una estimación precisa de las heredabilidades.

Las heredabilidades de HP48, DVP y PTA fueron de alrededor de 0,04 incluyendo el valor de la heredabilidad de HP48 corregida a una escala normal subyacente, y se encuentran dentro de los rangos de valores obtenidos por Hoque y Hodges (1980), Hudson y Van Vleck (1981), Klassen *et al.* (1992), Short y Lawlor (1992), Chauhan *et al.* (1993), VanRaden y Klaaskate (1993), Jairath *et al.* (1994) y Vollema (1998) para las mismas características, u otras características de longevidad similares a las estudiadas en este trabajo.

La heredabilidad obtenida para PL1 en este estudio fue de 0,25, que concuerda con los estimados obtenidos por otros autores en otras poblaciones Holstein, ente 0,21 y 0,44 (Manfredi *et al.*, 1984; Van Der Werf y DeBoer, 1989; Chauhan y Hayes, 1991; Misztal *et al.*, 1992; VanRaden *et al.*, 1993; Vischer y Goddard, 1995).

En la Tabla II se presentan las correlaciones genéticas y fenotípicas entre las características de longevidad y PL1. Todos los valores obtenidos para las correlaciones genéticas y fenotípicas entre las

distintas variables estudiadas fueron positivas. Las correlaciones genéticas y fenotípicas obtenidas entre HP48 con DVP y PTA fueron altas, entre 0,72 y 0,94, lo que parece indicar que al seleccionar a los animales sobre HP48, pueden obtenerse mejoras en DVP y PTA.

Las correlaciones genéticas estimadas en este trabajo entre las distintas características estudiadas, tendieron a ser menores que las obtenidas por otros autores entre diversas características de longevidad (Hoque y Hodges, 1980; Hudson y Van Vleck, 1981; Short y Lawlor, 1992; Chauhan *et al.*, 1993; Jairath *et al.*, 1994). Al estimar las correlaciones genéticas entre HP48, DVP y PTA en este estudio, éstas fueron corregidas para la producción de leche de la primera lactancia para reducir el efecto del desecho voluntario por producción de leche. Las correlaciones genéticas estimadas entre algunas características de vida productiva funcional y producción de leche, han sido menores que las no corregidas (Short y Lawlor, 1992; Strandberg y Solkner, 1996), lo que pudiera explicar en parte los valores menores de las correlaciones genéticas obtenidas en este trabajo.

La correlación fenotípica estimada entre PL1 y PTA fue de 0,54, y entre PL1 con HP48 y PL1 con DVP, de 0,08. Otros autores han estimado correlaciones fenotípi-

cas entre características de longevidad, mayores a las obtenidas en este estudio (Chauhan *et al.* 1993; Vollema y Groen, 1996).

El error estándar estimado en las correlaciones genéticas de las distintas características tuvo un rango de 0,09 a 0,12 (Tabla II), excepto para la correlación entre HP48 y PTA que fue de 0,21, debido probablemente al tipo de distribución que tiene HP48 y a la naturaleza de los datos.

Las heredabilidades y correlaciones genéticas y fenotípicas en las características de longevidad y PL1 estimadas en este estudio, pueden ser utilizadas para predecir la respuesta directa e indirecta a la selección, así como para desarrollar índices de selección para varias características, evaluando su importancia económica relativa para posteriormente valorar su implementación en los programas de mejoramiento del ganado Holstein en México. Esto podría propiciar en lo futuro el desarrollo de índices de selección multicarácter adecuados para optimizar el mejoramiento de las características incluidas en los índices para maximizar el retorno económico para la industria lechera basada en animales de tipo Holstein.

Al seleccionar simultáneamente para PL1 y HP48, se puede esperar que las vacas no solo mejorarán sus promedios en ambas características, sino además se podría mejorar la duración de vida

productiva y la producción total acumulada hasta la tercera lactancia, debido a las altas correlaciones genéticas obtenidas entre HP48 y estas características en este estudio.

Conclusiones

Las heredabilidades obtenidas para la habilidad de permanencia a los 48 meses de edad, la duración de vida productiva y producción total acumulada en este estudio fueron aproximadamente similares a las obtenidas por otros autores en otras poblaciones de ganado lechero. Esto indica que la selección para mejorar la longevidad es posible. Sin embargo, considerando el bajo valor de la heredabilidad para HP48 (0,03), las respuestas a la selección en las características de longevidad a la selección sobre esta característica pueden ser relativamente pequeñas, particularmente al seleccionar hembras o machos sin información de progenie. Para conseguir una confiabilidad (coeficiente de determinación) de 0,60 en la prueba de progenie para HP48, se requiere que cada toro tenga 200 hijas. Esto puede no ser óptimo para el progreso genético de otras características económicamente importantes más heredables como la producción de leche y componentes, si el tamaño de la población controlada es relativamente pequeño como es el caso de México.

Las correlaciones genéticas de HP48 con DVP y PTA fueron entre 0,86 y 0,94 por lo que HP48 puede ser utilizada como un indicador temprano de longevidad en los programas de selección del ganado Holstein en México.

Es probable que lo más adecuado sea tratar de incrementar la precisión para mejorar las características de longevidad, usando grupos de características correlacionadas, incluyendo características de conformación, como se hace en el Net Merit Index de Estados Unidos (Van-

Raden y Seykora, 2003). La selección sobre producción de leche en la primera lactancia puede mejorar la producción por vida y la longevidad, sin embargo se pueden obtener beneficios adicionales al seleccionar tempranamente para longevidad usando HP48 y otras características, dado que la selección directa sobre longevidad o producción por vida no es factible en la práctica.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de Rafael Núñez Domínguez, Belem Trejo Valdivia, Pedro Ochoa Galván, Carlos Sosa Ferreyra e Ignacio Mondragón Vázquez en la discusión de los resultados, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por una beca de doctorado al primer autor y por financiamiento parcial (Proyecto K0222B).

REFERENCIAS

- Aidar QS, Pelicioni LC (2001) Estimativas de parámetros genéticos da vida productiva de vacas da raça Caracu. En *Memoria XVII, Asoc. Latinoamericana de Producción Animal*. La Habana, Cuba. Comunicación G47. pp. 1918-1920.
- Boldman KG, Freeman AE, Harris BL, Kuck AL (1992) Prediction of sire transmitting abilities for herd life from transmitting abilities for linear type traits. *J. Dairy Sci.* 75: 552-563.
- Boldman KG, Kriese LA, Van Vleck D, Van Tassell CP, Kachman SD (1995) *A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances* (Draft). Agricultural Research Service. USDA. Washington DC, EEUU. 114 pp.
- Chauhan VPS, Hayes JF (1991) Genetic parameters for first lactation milk production and composition traits for Holstein using multivariate restricted maximum likelihood. *J. Dairy Sci.* 74: 603-610.
- Chauhan VPS, Hayes JF, Jairath LK (1993) Genetic parameters of lifetime performance traits in Holstein cows. *J. Anim. Breed. Genet.* 110: 135-139.
- Ducrocq V, Solkner J (1998) Implementation of a routine breeding value evaluation for longevity of dairy cows using survival analysis techniques. En *Proceedings 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Armidale, NSW. Vol 23. pp. 359-362.
- Ducrocq V, Quaas RL, Pollak EJ, Casella G (1988) Length of productive life in dairy cows. 2. Variance component estimation and sire evaluation. *J. Dairy Sci.* 71: 3071-3079.
- Henderson CR (1984) *Application for linear models in animal breeding*. University of Guelph Press. Canadá. 423 pp.
- Hoque M, Hodges J (1980) Genetic and phenotypic parameters of lifetime production traits in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 63: 1900-1910.
- Hudson GFS, Van Vleck LD (1981) Relationship between production and stayability in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 64: 2246-2250.
- INTERBULL (1996) Sire evaluation procedures for non-dairy-production and growth & beef cattle production traits practiced in various countries. *International Bull Evaluation Service. Bulletin N°13*. Upsala, Suecia. pp. 1-16.
- Jairath LK, Hayes JF, Cue RI (1994) Multitrait restricted maximum likelihood estimates of genetic and phenotypic parameters of lifetime performance traits for Canadian Holsteins. *J. Dairy Sci.* 77: 303-312.
- Jairath LK, Hayes JF, Cue RI (1995) Correlations between first lactation and lifetime performance traits of Canadian Holsteins. *J. Dairy Sci.* 78: 438-448.
- Klassen DJ, Monardes HG, Jairath L, Cue RI, Hayes JF (1992) Genetic correlations between lifetime production and linearized type in Canadian Holsteins. *J. Dairy Sci.* 75: 2272-2282.
- Manfredi EJ, Everett RW, Searle SR (1984) Phenotypic and genetic statistics of component of milk and two measures of somatic cell concentrations. *J. Dairy Sci.* 67: 2028-2036.
- Misztal I, Lawlor TJ, Short TH, VanRaden PM (1992) Multiple-trait estimation of variance component of yield and type traits using an animal model. *J. Dairy Sci.* 75: 544-551.
- Ruíz LF, Oltenacu PA, Blake RW (1994) Efecto del nivel de producción de leche sobre la duración de vida productiva en ganado Holstein de registro en México. *Téc. Pec. Méx.* 32: 105-112.
- Short TH, Lawlor TJ (1992) Genetic parameters of conformation traits, milk yield and herd life in Holstein. *J. Dairy Sci.* 75: 1987-1998.
- Strandberg E, Solkner J (1996) Breeding for longevity and survival in dairy cattle. *Proc. International Workshop on Genetic Improvement of Functional Traits in Cattle*. Faculte Universitaire des Sciences Agronomiques, Cembleur, Belgium. pp 111-119.
- Van der Werf J, DeBoer W (1989) Estimation of genetic parameters in a crossbred population of black and white dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 72: 2615-2623.
- VanRaden PM, Klaaskate EJJ (1993) Genetic evaluation of length of productive life including predicted longevity of live cows. *J. Dairy Sci.* 76: 2758-2764.
- VanRaden PM, Seykora AJ (2003) Net merit as a measure of lifetime profit: 2003 version. Web available in: <http://www.aipl.arsusda.gov/reference/nmcalc.htm>
- Van Vleck LD (1972) Estimation of heritability of threshold characters. *J. Dairy Sci.* 55: 218-225.
- Visscher PM, Goddard ME (1995) Genetic parameters for milk yield, survival, workability and type traits for Australian dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 78: 205-220.
- Vollema AR (1998) *Selection for longevity in dairy cattle*. Doctoral thesis. Wageningen Agricultural University. Holanda. 155 pp.
- Vollema AR, Groen AF (1996) Genetic parameters of longevity traits of an upgrading population of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 79: 2261-2267.
- Weller JI (1994) *Economic aspects of animal breeding*. Chapman and Hall. Londres, RU. 243 pp.