

Parámetros genéticos para la persistencia de la lactación en vacas Siboney usando modelos de regresión aleatoria

Evaluation of genetic parameters for lactation persistency in Siboney cows with random regression models

Dianelys González-Peña Fundora^a, José Luis Espinoza Villavicencio^b, Alejandro Palacios Espinosa^b, Danilo Guerra Iglesias^a, Juan Carlos Évora Manero^a, Anaysis Portales González^a, Ricardo Ortega Pérez^b, Ariel Guillén Trujillo^b

RESUMEN

Con el objetivo de estimar los valores de heredabilidad y las correlaciones genéticas entre cinco medidas de persistencia usando un modelo de regresión aleatoria con polinomios de Legendre, se analizaron 17,034 registros de producción de leche del día del control de 2,086 vacas Siboney de Cuba (primera lactancia) que parieron entre 1995 y 2003 en 50 hatos. Los estimados de heredabilidad para la persistencia de la lactación variaron de 0.18 ± 0.02 a 0.29 ± 0.02 . Las correlaciones genéticas entre las diferentes medidas de persistencia oscilaron de -0.71 a 0.95. Las correlaciones genéticas entre la producción de leche en los distintos días del control, así como la producción acumulada hasta los 305 días de lactación (PL305) y las distintas medidas de persistencia tomaron valores de -0.06 hasta 0.11. Basado en los niveles de heredabilidad y en las correlaciones genéticas de las medidas de persistencia con la PL305, se concluye que es factible efectuar la selección conjunta para la PL305 y persistencia de la lactación en el ganado Siboney utilizando la diferencia en el área bajo la curva entre el tercio final de la lactación (día 201 al 300) y el tercio inicial del día 1 al 100, (sumatoria de la contribución de cada día, en el periodo de los 61 a 280 días de lactación, como una desviación de la producción en el día 60) como medidas de persistencia.

PALABRAS CLAVE: Ganado Siboney, Persistencia, Lactación, Parámetros genéticos, Polinomios de Legendre.

ABSTRACT

Genetic parameters and genetic correlations, were estimated for five persistency of lactation measures, using a random regression model with Legendre polynomials. Data consisted of test-day yields (PDC) for 17,034 first lactations of 2,086 Siboney cows (5/8 Holstein 3/8 Cuban Zebu) for calvings from 1995 through 2003 in 50 dairy herds. Estimated heritability of persistency of lactation varied from 0.18 ± 0.02 to 0.29 ± 0.02 . Genetic correlations between the five persistency measures varied from -0.71 to 0.95. Genetic correlations between the persistency measures and different PDCs and milk yield at 305 d (PL305) had values ranging from -0.06 to 0.11. Based on heritability values and the genetic correlations between persistency measures and PL305, selection can be done simultaneously for PL305 and persistency of lactation in Siboney cattle using the persistency measures of the difference between the areas below the curve in the final third of lactation (d 201 to 300) and the initial third of lactation (d 1 to 100), and the sum of each day's contribution in the period of 61 to 280 d as a deviation of yield on d 60.

KEY WORDS: Siboney cattle, Persistency, Lactation, Genetic parameters, Legendre polynomials.

INTRODUCCIÓN

La selección en bovinos lecheros durante los últimos 20 años ha estado dirigida a aumentar los volúmenes de producción por lactancia, así lo confirman

INTRODUCTION

Over the last twenty years dairy cow selection has focused on increasing yield volumes per lactation, as shown by rises of 3,500 kg milk, 130 kg fat and

Recibido el 18 de mayo de 2010. Aceptado el 29 de septiembre de 2010.

^a Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT), La Habana, Cuba.

^b Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carr. al Sur, km. 5.5, 23080. La Paz, B.C.S., México. Tel (612)1238800, Ext 5409 y 5410. jlvilla@uabcs.mx. Correspondencia al segundo autor.

incrementos de 3,500 kg de leche, 130 kg de grasa y 100 kg de proteína⁽¹⁾. Sin embargo, en algunos países como aquéllos que conforman la Unión Europea, el incremento en la producción de leche no ofrece ventajas desde el punto de vista económico debido a la existencia de un sistema de cuotas⁽²⁾, de modo que los ganaderos intentan entre otras medidas reducir los costos de producción, y para ello recurren al mejoramiento de la persistencia de la lactación, la cual se refiere a la tasa de descenso en la producción de leche después de alcanzado el pico de la lactancia⁽³⁾. El mejoramiento de la persistencia de la lactación puede contribuir a la reducción de los costos en los sistemas de producción, porque dicha característica está asociada con la disminución de los gastos derivados de una mayor eficiencia alimenticia, menos problemas de salud y reproductivos, así como con una mayor resistencia a enfermedades⁽⁴⁾.

Se ha señalado que existe una relación antagónica entre la producción de leche en el pico de lactancia y la fertilidad de la vaca⁽⁵⁾. Sin embargo, Bar-Anan *et al.*⁽⁶⁾ demostraron una correlación genética positiva entre persistencia y fertilidad de vacas Holstein de Israel. La persistencia parece estar correlacionada positivamente con un pico de lactación más tardío y de menor magnitud⁽⁷⁾.

Un volumen de producción de leche bajo en el pico de la lactación, comparado con un nivel alto, causa un menor desbalance energético y consecuentemente las vacas movilizan menos reservas corporales para cubrir el incremento en la demanda de nutrientes derivado de dicha producción⁽⁸⁾. En consecuencia, el estrés metabólico se reduce, y por ello las vacas con mayor persistencia pueden tener menos problemas reproductivos y de salud que vacas con el mismo nivel de producción pero menor persistencia⁽⁹⁾. Además, vacas con una producción diaria de leche distribuida más uniformemente a lo largo de la lactancia tienen requerimientos más constantes de energía, permitiendo un mejor manejo nutricional⁽¹⁰⁾.

Se ha sugerido⁽⁵⁾ que la selección para un incremento de la persistencia podría aumentar la producción total de leche sin acrecentar la ocurrencia

100 kg protein during this period⁽¹⁾. However, in countries where quotas are in effect, such as in the European Union, increasing milk yield offers no economic advantages⁽²⁾. Farmers in these areas have therefore tried other ways of reducing production costs, such as improving persistency of lactation, that is, the rate of decline in milk yield after the lactation peak⁽³⁾. This can contribute reducing production system costs, because this trait is associated with a decrease in expenses derived from greater feed efficiency, fewer health and reproductive problems and greater disease resistance⁽⁴⁾.

Some reports indicate an antagonistic relationship between milk yield at peak lactation and cow fertility⁽⁵⁾, but Bar-Anan *et al.*⁽⁶⁾ reported a positive genetic correlation between persistency and fertility in Holstein cows in Israel. Apparently, persistency is positively correlated to later, lower magnitude lactation peaks⁽⁷⁾. Compared to a high milk yield at peak lactation, a low yield level causes less of an energy imbalance, allowing cows to mobilize fewer body reserves to cover the increased nutrient demand derived from producing milk⁽⁸⁾. This, in turn, reduces metabolic stress, meaning cows with greater persistency can have fewer reproductive and health problems than cows with the same yield level but less persistency⁽⁹⁾. In addition, cows with a daily milk yield more uniformly distributed throughout lactation have more constant energy requirements, allowing for better nutritional management⁽¹⁰⁾.

Selection for greater persistency may raise total milk yield without increasing disease or reproductive problem frequencies⁽⁵⁾. Other studies, in contrast, state that selection for greater persistency can decrease any gains in milk yield⁽⁷⁾. Still, others suggest that both milk yield and persistency can be selected for with overall positive results^(3,11).

A key element in genetic evaluation of persistency is the definition given persistency, with no consensus yet reached on which model is the most adequate to determine this trait⁽¹²⁾. In some studies, an attempt is made to make the persistency measure independent of milk yield level^(13,14). In others, persistency is defined as the difference between

de enfermedades o problemas reproductivos. Hay algunos estudios que consideran que la selección para una mayor persistencia podría disminuir la ganancia en producción de leche⁽⁷⁾. Sin embargo, hay otros más recientes que sugieren que es posible la selección conjunta para producción de leche y persistencia con resultados positivos^(3,11).

Una clave en la evaluación genética de la persistencia es la definición que se haga de esta característica, no habiendo consenso sobre cuál es el mejor modelo para determinarla⁽¹²⁾. Se ha tratado de lograr que la medida de la persistencia sea independiente del nivel de producción^(13,14); otros han definido la persistencia como la diferencia entre la producción de leche en el pico de la lactación y la producción obtenida el día del control en la lactación tardía, o como la razón de esas producciones^(15,16).

Las estimaciones de heredabilidad para las diferentes medidas de persistencia varían de acuerdo a la definición que se haga de la misma⁽¹⁴⁾. Para tales estimaciones se han propuesto varios procedimientos; el más ampliamente usado en la actualidad se basa en una combinación del modelo de regresión aleatoria y el modelo del día del control^(10,17). La combinación de estos modelos han sido extensamente aplicados a la evaluación de características de producción de leche, puesto que permiten una medición más precisa de los efectos ambientales que actúan sobre los rasgos en cuestión⁽¹⁸⁾. El uso de los modelos de regresión aleatoria del día del control no solamente mejora la exactitud de la evaluación genética, sino que también evalúa la persistencia, en virtud de que pueden ser estimados los valores de cría en diversas partes de la lactación⁽¹⁹⁾.

Considerando el valor económico *per se* de la persistencia⁽⁴⁾, su correlación favorable con la salud⁽¹⁰⁾ y la fertilidad de la hembra⁽⁵⁾ y debido a que en el ganado Siboney de Cuba no existen estudios sobre esta temática, el objetivo del presente trabajo fue estimar la heredabilidad y las correlaciones genéticas y del ambiente permanente entre cinco formas de medición de persistencia de la lactación, utilizando un modelo de regresión aleatoria del día del control con polinomios de Legendre.

milk yield at peak lactation and test-day yield in late lactation, or as the ratio of these yields^(15,16).

Heritability estimations for different persistency measurements vary according to the definition given persistency⁽¹⁴⁾. A number of procedures have been proposed to make these estimations, but currently the most widely used is a combination of the random regression model and the test-day model^(10,17). This combination has been extensively applied to evaluate milk yield traits because it allows precise measurement of the environmental effects which act on the trait in question⁽¹⁸⁾. Test-day random regression models can estimate breeding values at different points during lactation, which both improves the accuracy of genetic evaluation and evaluates persistency⁽¹⁹⁾.

Persistency is therefore economically valuable⁽⁴⁾, and positively correlates to cow health⁽¹⁰⁾ and fertility⁽⁵⁾. No research has been done in this area with Siboney cattle in Cuba. The objective of this study was to estimate heritability, and the genetic and permanent environmental correlations with five persistency of lactation measures, using a test-day random regression model with Legendre polynomials.

MATERIALS AND METHODS

Lactations were analyzed for Siboney (5/8 Holstein 3/8 Cuban Zebu) cows in 50 herds managed as part of a grazing system on the island of Cuba, located at the eastern edge of the Gulf of Mexico (20-23°N; 74-85°W)⁽²⁰⁾. Cuba experiences a rainy season from May to October during which 70 to 80 % (960 mm) of annual rainfall occurs, and a dry season from November to April (240 mm rainfall). Annual average temperature is 23.1 °C with a relative daytime humidity of 60 to 70 % and a nighttime humidity of 80 to 90 %⁽²¹⁾.

The data consisted of test-day yields (PDC) for 17,034 first lactations from 2,086 cows for calvings between 1995 and 2003. The breed consists of 5,471 individuals and the tested cows were daughters of 153 sires and 1,179 cows. Sampling requirements established that cows must have had at least the first four milk yield tests.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron las lactaciones de vacas Siboney (5/8 Holstein 3/8 Cebú Cubano) en 50 hatos explotados en un sistema de pastoreo en la isla de Cuba, situada en la entrada del Golfo de México entre los 20-23°N y 74-85°O⁽²⁰⁾. En la localidad hay dos estaciones claramente definidas; la de lluvias (verano) de mayo a octubre, en la que ocurre del 70 al 80 % de la precipitación (960 mm), y la estación seca (invierno) de noviembre a abril (240 mm). La temperatura media anual es de 23.1 °C y la humedad relativa de 60 a 70 % durante el día y de 80 a 90 % durante la noche⁽²¹⁾.

Se utilizaron 17,034 pesajes de leche en 2,086 vacas de primera lactancia que parieron entre 1995 y 2003, hijas de 153 padres y 1,179 madres. El pedigrí estuvo conformado por 5,471 individuos y se estableció dentro de los requisitos que las hembras tuvieran como mínimo, los primeros cuatro controles de producción de leche.

Para la estimación de componentes de varianza se utilizó el siguiente modelo de regresión aleatoria:

$$y = Xb + Za + Wp + e$$

Donde, y es el vector de las producciones de leche del día del control (PDC); b el vector de los efectos fijos, donde se incluyó la regresión de los días en lactación (DEL) al momento del pesaje dentro de hato-fecha del pesaje, y la edad de la vaca al momento del registro como covariable lineal y cuadrática; a el vector con w coeficientes de regresión aleatoria por animal para el efecto genético aditivo (donde $w = m + 1$ y m es el orden de ajuste del polinomio); p es el vector con w coeficientes de regresión aleatoria por animal para el efecto del ambiente permanente (donde w se define igual que en a); e el vector del efecto residual; X , Z y W son matrices de incidencia que relacionan las PDC con los efectos fijos, el efecto aleatorio genético aditivo del animal y el efecto del ambiente permanente, respectivamente.

Las varianzas genéticas aditivas y del ambiente permanente para el día i fueron calculadas como:

Components of variance were estimated using the random regression model:

$$y = Xb + Za + Wp + e$$

where y is the test-day milk yield (PDC) vector; b is the fixed effects vector, including the lactation days (DEL) regression at the time of weighing within the herd-date of the weighing and cow age at time of recording as linear and quadratic covariables; a is the vector with w random regression coefficients per animal for the additive genetic effect (where $w = m + 1$, and m is the order of polynomial fit); p is the vector with w random regression coefficients per animal for the permanent environmental effect (where w is defined as in a); e is the residual effect vector; X is the incidence matrix relating PDC to fixed effects; Z is the incidence matrix relating PDC to the additive genetic random effect of the animal; and W is the incidence matrix relating PDC to the permanent environmental effect.

The additive genetic and permanent environmental variances for day i were calculated as:

$$\sigma_{a_i}^2 = z_i' G_0 z_i \text{ and } \sigma_{p_i}^2 = w_i' P_0 w_i$$

where, G_0 and P_0 are the matrices for the estimated parameters of the random regression coefficients for additive genetic and permanent environmental effect, respectively; and z_i and w_i are the vectors containing the normalized Legendre polynomial coefficients for day i , applied to the random portion of the model.

In previous analyses⁽²²⁾, it was determined that this database required a fourth-order normalized Legendre polynomial for additive genetic effect and a fifth-order polynomial for permanent environmental effect. The G_0 and P_0 matrices were estimated using the ASREML⁽²³⁾.

Five persistency measures (P1, P2, P3, P4 y P5) were used:

P1: This measure is calculated from the differences between milk yield at day 60 and day 280 of

$$\sigma_{a_i}^2 = z_i' G_0 z_i \text{ y } \sigma_{p_i}^2 = w_i' P_0 w_i$$

Donde, G_0 y P_0 son las matrices de los parámetros estimados por los coeficientes de regresión aleatoria para el efecto genético aditivo y del ambiente permanente, respectivamente; z_i y w_i son los vectores que contienen los coeficientes de los polinomios de Legendre normalizados para el día i , aplicados a la parte aleatoria del modelo.

Mediante análisis previos⁽²²⁾, se determinó que para esta base de datos se requería un polinomio de Legendre normalizado de orden 4 para el efecto genético aditivo, y de orden 5 para el efecto del ambiente permanente. Las matrices G_0 y P_0 fueron estimadas con el ASREML⁽²³⁾.

En este estudio se utilizaron cinco formas de medición de la persistencia (P1, P2, P3, P4 y P5):

P1: determinada por las diferencias entre la producción de leche a partir del día 60 de la lactación y hasta el día 280, en relación con la producción promedio de los individuos en el día 60⁽¹⁹⁾. Las varianzas genéticas aditivas y del ambiente permanente se calcularon de la misma forma que se describió con anterioridad para el día i :

$$z_{P1} = z_{280} - z_{60} \text{ y } w_{P1} = w_{280} - w_{60}$$

Donde, z y w son los vectores de covariables aplicados para 280 y 60 días correspondientes a los polinomios de Legendre normalizados.

P2: determinada por la diferencia entre el área bajo la curva de lactación en el tercio medio (día 101 al 200) y la producción de leche en el tercio inicial, del día 1 al 100⁽¹⁰⁾, de forma tal que:

$$z_{P2} = \sum_{DEL=101}^{200} z_{DEL} - \sum_{DEL=1}^{100} z_{DEL} \quad w_{P2} = \sum_{DEL=101}^{200} w_{DEL} - \sum_{DEL=1}^{100} w_{DEL}$$

P3: determinada por la diferencia en el área bajo la curva entre el tercio final de la lactación (día 201 al 300) y el tercio inicial, del día 1 al 100⁽¹⁰⁾ de manera tal que:

$$z_{P3} = \sum_{DEL=201}^{300} z_{DEL} - \sum_{DEL=1}^{100} z_{DEL} \quad w_{P3} = \sum_{DEL=201}^{300} w_{DEL} - \sum_{DEL=1}^{100} w_{DEL}$$

lactation in relation to average individual yield at day 60⁽¹⁹⁾. The additive genetic and permanent environmental variances were calculated as described above for day i :

$$z_{P1} = z_{280} - z_{60} \text{ and } w_{P1} = w_{280} - w_{60}$$

where z and w are the vectors for the covariables applied for 280 and 60 d corresponding to the normalized Legendre polynomials.

P2: This is calculated by the difference between the area below the lactation curve in its middle third (d 101 to 200) and milk yield in its first third (d 1 to 100)⁽¹⁰⁾, such that:

$$z_{P2} = \sum_{DEL=101}^{200} z_{DEL} - \sum_{DEL=1}^{100} z_{DEL} \quad w_{P2} = \sum_{DEL=101}^{200} w_{DEL} - \sum_{DEL=1}^{100} w_{DEL}$$

P3: Calculation of this measure is done by the difference between the area below the lactation curve in its final third (d 201 to 300) and its first third (d 1 to 100)⁽¹⁰⁾, such that:

$$z_{P3} = \sum_{DEL=201}^{300} z_{DEL} - \sum_{DEL=1}^{100} z_{DEL} \quad w_{P3} = \sum_{DEL=201}^{300} w_{DEL} - \sum_{DEL=1}^{100} w_{DEL}$$

P4: This is calculated as the sum of each day's contribution from lactation d 61 to 270 as a yield deviation on d 60⁽¹⁹⁾ such that:

$$z_{P4} = \sum_{DEL=61}^{280} z_{DEL} - z_{60} \quad w_{P4} = \sum_{DEL=61}^{280} w_{DEL} - w_{60}$$

P5: This is calculated as the sum of each day's contribution from lactation d 60 to 279 as a yield deviation on d 280⁽¹⁹⁾ such that:

$$z_{P5} = \sum_{DEL=60}^{279} z_{DEL} - z_{280} \quad w_{P5} = \sum_{DEL=60}^{279} w_{DEL} - w_{280}$$

The additive genetic and permanent environmental variances for each persistency measure were calculated as follows:

$$\sigma_{a_i}^2 = z_i' G_0 z_i \text{ (2) y } \sigma_{p_i}^2 = w_i' P_0 w_i$$

P4: determinada por la sumatoria de la contribución de cada día, en el período de los 61 a 280 días de lactación, como una desviación de la producción en el día 60⁽¹⁹⁾ de forma tal que:

$$z_{P4} = \sum_{DEL=61}^{280} z_{DEL} - z_{60} \quad w_{P4} = \sum_{DEL=61}^{280} w_{DEL} - w_{60}$$

P5: determinada como la sumatoria de la contribución de cada día en el período de los 60 a 279 días de lactación, como una desviación del día 280⁽¹⁰⁾ de manera que:

$$z_{P5} = \sum_{DEL=60}^{279} z_{DEL} - z_{280} \quad w_{P5} = \sum_{DEL=60}^{279} w_{DEL} - w_{280}$$

Las varianzas genéticas aditivas y del ambiente permanente para cada medida de persistencia fueron calculadas de la siguiente forma:

$$\sigma_{a_i}^2 = z_i' G_0 z_i \quad (2) \quad \text{y} \quad \sigma_{p_i}^2 = w_i' P_0 w_i$$

Donde, G_0 y P_0 son las matrices de los parámetros estimados por los coeficientes de regresión aleatoria para el efecto genético aditivo y del ambiente permanente, respectivamente y z_i y w_i son los vectores que contienen los coeficientes de los polinomios de Legendre normalizados que corresponden a la medida de persistencia i . De forma general la heredabilidad (h^2) para la persistencia de la lactación fue estimada como:

where G_0 and P_0 are the matrices for the estimated parameters of the random regression coefficients for additive genetic and permanent environmental effect, respectively; and z_i and w_i are the vectors containing the normalized Legendre polynomial coefficients corresponding to persistency measurement i . Heritability (h^2) of persistency of lactation was generally estimated as:

$$h_j^2 = \frac{\sigma_{a(j)}^2}{\sigma_{a(j)}^2 + \sigma_{p(j)}^2 + k_j * \sigma_e^2}$$

where $j = P1, P2, P3, P4$ and $P5$; and k is a constant with the values 2 (P1), 200 (P2), 200 (P3), 48620 (P4) and 48620 (P5).

RESULTS AND DISCUSSION

Heritability results for the five persistency measurements showed heritability to range from 0.18 to 0.29 (Table 1). This is within the previously reported range of 0.01 to 0.30^(24,25), and the 0.16 to 0.33 range reported by De Roos *et al.*⁽²⁶⁾ for the first three lactations. However, the present values are lower than the 0.30 and 0.33 reported for first lactation cows^(14,27), although heritability of persistency in this study was 0.10 in later lactations. Sölkner and Funchs⁽²⁸⁾ estimated heritability indices for persistency of 0.12 to 0.24, within the range observed here in P1, P2 and P5; higher values were produced using measures including complete lactations compared to values

Cuadro 1. Estimados de heredabilidad (diagonal), correlaciones genéticas (encima de la diagonal) y del ambiente permanente (debajo de la diagonal) para las medidas de persistencia de la lactación

Table 1. Heritability (diagonal), genetic correlations (above diagonal) and permanent environment (below diagonal) estimates for persistency of lactation measures

	Persistency measures				
	P1	P2	P3	P4	P5
P1	<u>0.18±0.02</u>	0.65	0.95	0.89	-0.71
P2	0.83	<u>0.22±0.01</u>	0.79	0.87	-0.16
P3	0.91	0.42	<u>0.29±0.02</u>	0.89	-0.61
P4	0.89	0.37	0.85	<u>0.28±0.02</u>	-0.30
P5	-0.81	-0.58	-0.68	-0.45	<u>0.19±0.02</u>

$$h_j^2 = \frac{\sigma_{a(j)}^2}{\sigma_{a(j)}^2 + \sigma_{p(j)}^2 + k_j * \sigma_e^2}$$

Donde, j = P1, P2, P3, P4 y P5; k es una constante que toma los valores de 2, 200, 200, 48620 y 48620 para P1, P2, P3, P4 y P5, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las heredabilidades de las cinco medidas de persistencia, así como las correlaciones genéticas entre ellas se presentan en el Cuadro 1. Las heredabilidades variaron de 0.18 a 0.29 y se encuentran dentro del rango de 0.01 a 0.30 referido por otros(24,25), así como dentro del rango de 0.16 a 0.33 reportado por De Roos *et al*(26) para las tres primeras lactancias. Sin embargo son inferiores a los valores de 0.30 y 0.33 mencionados en otros trabajos(14,27) en vacas de primera lactancia, aunque los mismos autores indican una heredabilidad de 0.10 para la persistencia en lactaciones posteriores. Índices de herencia (0.12 a 0.24) dentro de la escala observada en P1, P2 y P5 se estimaron por Sölkner y Funchs(28) para la persistencia, donde los valores más altos se obtuvieron cuando aplicaron medidas que utilizaban lactancias completas con respecto a cuando fueron utilizados intervalos dentro de ellas. Resultados similares (0.09 a 0.24) a los del presente trabajo fueron obtenidos en ganado Holstein(10,17)

calculated using intervals within lactations. Values of 0.09 to 0.24, similar to those in the present study, have been reported for Holstein cattle using random regression models with first lactation cows(10,17). In another study using Holstein cattle, similar heritability values (0.17 to 0.25) were generated using a multi-trait animal model(29). A persistency heritability of 0.10 was estimated with a linear regression model of test-day milk yield(12).

The estimated genetic correlations ranged from -0.71 to 0.95 (Table 1), which is wider than the -0.41 to 0.93 reported elsewhere for the same five persistency measures(10). The permanent environmental correlations exhibited a similar trend (-0.81 to 0.91).

The genetic correlations between the persistency measures and milk yield on lactation d 6 (PDC6) and 30 (PDC30) showed a negative association between persistency and milk yield during initial lactation which became positive between lactation d 150 (PDC150) and 270 (PDC270) (Table 2). This overall trend is similar to that reported by Cobuci *et al*(17). Correlations between persistency and PL305 in the present results range from 0.06 to 0.11, with values near 0 in P3, P4 and P5. These values fall within the previously reported values of 0.05(5) and 0.26(12). The relationship between persistency and milk yield has been researched for many years(30-33), and in recent

Cuadro 2. Estimados de heredabilidad (h²) y correlaciones genéticas entre las medidas de persistencia y la producción de leche en los periodos seleccionados, así como la producción acumulada hasta los 305 días de lactación (PL305)

Table 2. Estimates of heritability (h²) and genetic correlations between persistency measures and selected test-day milk yields and accumulated yield at 305 days lactation (PL305)

Test day	Persistency measures						
	h ²	P1	P2	P3	P4	P5	PL305
PDC6	0.26	-0.08	-0.37	-0.33	-0.10	-0.27	0.30
PDC30	0.25	-0.28	-0.44	-0.48	-0.29	-0.81	0.58
PDC150	0.30	-0.02	0.45	0.17	0.13	0.35	0.80
PDC270	0.26	0.13	0.27	0.36	0.12	0.33	0.94
PL305	0.31	-0.06	0.11	0.03	0.01	0.01	

PDC= test-day milk yield (d 6, 30, 150 and 270 of lactation).

utilizando modelos de regresión aleatoria en vacas de primera lactancia. Valores de heredabilidad equivalentes (0.17 a 0.25) a los de este estudio también fueron encontrados por Weller *et al.*⁽²⁹⁾ en ganado Holstein utilizando un modelo animal multicarácter. También se ha estimado⁽¹²⁾ una heredabilidad de 0.10 para persistencia utilizando un modelo de regresión lineal de la producción de leche del día del control.

Las correlaciones genéticas estimadas variaron de -0.71 a 0.95, presentando un rango más amplio que el encontrado en otro trabajo⁽¹⁰⁾ utilizando las mismas cinco medidas de persistencia (-0.41 a 0.93). Las correlaciones del ambiente permanente presentaron una tendencia semejante, variando de -0.81 a 0.91.

El valor de heredabilidad de la producción de leche en los distintos días del control (PDC); las correlaciones genéticas entre las PDC y las diferentes medidas de persistencia establecidas; y las correlaciones genéticas entre las PDC y la producción de leche acumulada hasta los 305 días de lactación (PL305) se presentan en el Cuadro 2. Las correlaciones genéticas entre las medidas de persistencia y la producción de leche en el día 6 (PDC6) y el 30 (PDC30) de la lactación indicaron la asociación negativa que existe entre la persistencia y la producción de leche en la fase inicial de la lactación, para luego aumentar ligeramente hasta

studies persistency measure values with low correlations with PL305 are considered favorable^(3,10,34). Correlations between permanent environment, the persistency measures, milk yield in the selected periods and PL305 all exhibited values ranging from -0.68 and 0.91 (Table 3).

The persistency measures used in the present study are noteworthy for having high heritability values and low correlations with PL305⁽⁵⁾. According to Gengler⁽²⁴⁾, good persistency measures need to be independent of herd productivity. Genetic correlations between persistency measures and test-day yield values depend largely on the way persistency is defined; small values are best for P1, P2, P3 and P4, high values for P5, persistency measures should have good economic values, genetic variance needs to be high and the genetic correlation with PL305 is best when low⁽¹⁰⁾.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

The persistency measures used in the present study showed persistency to have relatively high heritability, which allows selection of animals aimed at modifying the shape of the lactation curve. Persistency measures P3 and P4 had the highest heritability values and near zero correlations with milk yield at 305 days. This indicates that in Siboney cattle both traits can be simultaneously

Cuadro 3. Estimados de correlaciones del ambiente permanente entre las medidas de persistencia (P1, P2, P3, P4 y P5) y la producción de leche en los días del control seleccionados, así como la producción acumulada hasta los 305 días de lactación (PL305)

Table 3. Estimates of permanent environmental correlations between persistency measures (P1, P2, P3, P4 and P5) and selected test-day milk yields and accumulated yield at 305-d lactation (PL305)

Test day	Persistency measures					PL305
	P1	P2	P3	P4	P5	
PDC6	-0.39	-0.68	-0.29	-0.12	-0.14	0.61
PDC30	-0.25	-0.34	-0.35	-0.32	-0.40	0.78
PDC150	-0.031	0.22	-0.02	0.08	0.10	0.90
PDC270	0.91	0.85	0.90	0.66	0.83	0.70
PL305	0.10	0.08	0.12	0.05	0.05	

PDC= test-day milk yield (d 6, 30, 150 and 270 of lactation).

alcanzar valores positivos a los 150 (PDC150) y 270 días (PDC270). Una tendencia semejante fue descrita por Cobuci *et al*⁽¹⁷⁾.

La relación entre la persistencia y la producción de leche a lo largo de la lactación ha sido objeto de investigación en varias décadas⁽³⁰⁻³³⁾, y recientemente se consideran deseables las medidas de persistencia de baja correlación con la PL305^(3,10,34). En algunas investigaciones^(5,12) se reportó una correlación entre la persistencia y PL305, de 0.05 y 0.26, respectivamente. Las correlaciones encontradas en el presente estudio entre la persistencia y PL305 oscilaron entre -0.06 y 0.11, siendo particularmente cercanas a 0 en las medidas P3, P4 y P5.

Las correlaciones del ambiente permanente entre las medidas de persistencia, la producción de leche en los periodos seleccionados y la PL305 se presentan en el Cuadro 3. Sus valores oscilaron ampliamente entre -0.68 y 0.91.

Es interesante resaltar que las medidas de persistencia utilizadas son características que, de acuerdo con Muir *et al*⁽⁵⁾ poseen la particularidad de tener valores de heredabilidad elevados y bajas correlaciones con la PL305. Gengler⁽²⁴⁾ determinó que una buena medida de persistencia debe ser independiente al nivel productivo del hato. Las correlaciones genéticas entre las medidas de persistencia y los valores de producción del día del control dependen en gran medida de la manera como se defina la persistencia; son deseables valores pequeños de P1, P2, P3 y P4 y valores altos de P5, así como medidas de persistencia con un buen valor económico, varianza genética alta y una correlación genética baja con la producción de leche a los 305 días de lactación⁽¹⁰⁾.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Las medidas de persistencia utilizadas en el presente trabajo demuestran que esta característica posee una heredabilidad cuyo valor es relativamente elevado. Esto permitiría seleccionar animales con el objetivo de modificar la forma de la curva de lactancia. Si se considera que los valores más altos

selected for with favorable results, and that P3 and P4 are appropriate persistency measures.

End of english version

de heredabilidad se dan en las medidas de persistencia P3 y P4, y aunado a que las correlaciones de estas medidas con la producción de leche a los 305 días son cercanas a cero, se puede concluir que es factible efectuar la selección conjunta para ambas características con resultados favorables en el ganado Siboney, utilizando P3 o P4 como medidas de persistencia.

LITERATURA CITADA

1. Shook GE. Major advances in determining appropriate selection goals. *J Dairy Sci* 2006;89(4):1349-1361.
2. Tekerli M, Akincy Z, Dogan I, Akcan A. Factor affecting the shape of lactation curves of Holstein cows from the Balikesir province of Turkey. *J Dairy Sci* 2000;83(6):1381-1386.
3. Togashi K, Lin CY. Efficiency of different selection criteria for persistency and lactation milk yield. *J Dairy Sci* 2004;87(5):1528-1535.
4. Dekkers JCM, Tem Hag JH, Weersink A. Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. *Livest Prod Sci* 1998;53(3):237-252.
5. Muir BL, Fatehi J, Schaeffer, LR. Genetic relationships between persistency and reproductive performance in first-lactation Canadian Holsteins. *J Dairy Sci* 2004;87(9):3029-3037.
6. Bar-Anan R, Ron M, Wiggans GR. Associations among milk yield, yield persistency, conception and culling of Israeli Holstein dairy cattle. *J Dairy Sci* 1985;68(2):382-386.
7. Ferris TA, Mao IL, Anderson CL. Selection for lactation curve and milk yield in cattle. *J Dairy Sci* 1985;68(6):1438-1448.
8. Tamminga S. Issues arising from genetic change: Ruminants. In: Hill WG, Bishop SC, Mc Guirk B, Mc Kay JC, Simm G, Webb AJ. Ed. The challenge of genetic change in animal production. *Br Soc Anim Sci Occ Publ* 2000;27:55-62.
9. Harder B, Bennewitz J, Hinrichs D, Kalm E. Genetic parameters for health traits and their relationship to different persistency traits in German Holstein dairy cattle. *J Dairy Sci* 2006;89(8):3202-3212.
10. Jakobsen JH, Madsen P, Jensen J, Pedersen J, Christensen LG, Sorensen DA. Genetic parameters for milk production and persistency for Danish Holstein estimated in random regression models using REML. *J Dairy Sci* 2002;85(6):1607-1616.
11. Togashi K, Lin CY. Modifying the lactation curve to improve lactation milk and persistency. *J Dairy Sci* 2003;86(4):1487-1493.

12. Cole JB, VanRaden PM. Genetic evaluation and best prediction of lactation persistency. *J Dairy Sci* 2006;89(7):2722-2728.
13. Van Raden DM. Best prediction of lactation yield and persistency. *Proceed 6th World Congress Genetics Applied Livestock Production*. Armidale, Australia. 1998;347-350.
14. Grossman M, Hartz SM, Koops WJ. Persistency of lactation yield: A novel approach. *J Dairy Sci* 1999;82(10):2192-2197.
15. Ptak E, Schaeffer LR. Use of test day yields for genetic evaluation of dairy sires and cows. *Livest Prod Sci* 1993;34(1-2):23-34.
16. Swalve HH. Theoretical basis and computational methods for different test-day genetic evaluation models. *J Dairy Sci* 2000;83(5):1115-1124.
17. Cobuci JÁ, Euclides RF, Costa CN, Lopes OS, de Almeida Torres R, Pereira CS. Análises da persistência na lactação de vacas da raça Holandesa, usando produção no dia do controle e modelo de regressão aleatória. *Rev Bras Zootec* 2004;33(3):543-554.
18. Cobuci JA, Euclides RF, Napolis C, Almeida R, Savio P, Silva C. Genetic evaluation for persistency of lactation in Holstein cows using a random regression model. *Genet Mol Biol* 2007;30(2):349-355.
19. Jamrozik J, Schaeffer L R, Dekkers JCM. Genetic evaluation of dairy cattle using test day yields and random regression model. *J Dairy Sci* 1997;80(6):1217-1226.
20. IMRC. Instituto Meteorológico de la República de Cuba [en línea]. <http://www.met.inf.cu/asp/genesis.asp?TB0=PLANTILLAS&TBI=INICIAL>. Consultado 4 Oct, 2006.
21. Hernández IR, Milera MC, Simón LA, Hernández DG, Iglesias JN, Lamela LO, Toral OL, Matías CA, Francisco GS. Avances en las investigaciones en sistemas silvopastoriles en Cuba. *Memorias de la Conferencia Electrónica FAO-CIPAV sobre agroforestería para la producción animal en Latinoamérica*. 1998;47-59.
22. González-Peña D, Guerra Iglesias D, Espinoza Villavicencio JL, Palacios Espinosa A, De Luna de la Peña R. Estimación de componentes de (co)varianza para la producción de leche del día de control en ganado Siboney utilizando un modelo de regresión Aleatoria. *Interciencia* 2007;32(10):702-706.
23. Gilmour AR, Cullis BR, Erlham SJ, Thompson R. *ASREML Reference manual*. Australia: NSW, Agriculture Biometric. 2000.
24. Gengler N. Persistency of lactation yields: A review. *Proc. Int. Workshop on Genetic Improvement of functional Traits in Cattle*. *Interbull Bulletin* 1996;12:87-96.
25. Swalve HH, Gengler N. Genetics of lactation persistency. *Occ Publ Br Soc Anim Sci* 1999;24:75-82.
26. De Roos APW, Harbers AGF, de Jong G. Random herd curves in a test-day model for milk, fat and protein production of dairy cattle in the Netherlands. *J Dairy Sci* 2004;87(8):2693-2701.
27. Jamrozik J, Jansen G, Schaeffer LR, Liu Z. Analysis of persistency of lactation calculated from a random regression test day model. *Proc Interbull Mtg Rotorua, International Bull Evaluation Service, Uppsala, Sweden, Interbull Bulletin* 1998;17:64-69.
28. Sölkner J, Fuchs W. A comparison of different measures of persistency with special respect to variation of test-day milk yields. *Livest Prod Sci* 1987;16(4):305-319.
29. Weller JI, Ezra E, Leitner G. Genetic analysis of persistency in the Israeli Holstein population by the multitrait animal model. *J Dairy Sci* 2006;89(7):2738-2746.
30. Sanders HG. The analysis of the lactation curve into maximum yield and persistency. *J Agric Sci* 1930;20(2):145-185.
31. Johansson I, Hansson A. Causes of variation in milk and butter fat yield in dairy cows. *Kungl Landtbr Akad Tidsk.* 1940;79:1-127.
32. Ludwick TM, Petersen WE. A measure of persistency of lactation of dairy cattle. *J Dairy Sci* 1943;26(5):439-445.
33. Mahadevan P. The effect of the environment and heredity on lactation. II. Persistency of lactation. *J Agric Sci* 1951;41(1-2):89-93.
34. Strabel T, Jamrozik J. Genetic analysis of milk production traits of Polish black and white cattle using large-scale random regression test-day models. *J Dairy Sci* 2006;89(8):3152-3163.