

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS Y REPRODUCTIVAS EN LOS SISTEMAS DOBLE PROPÓSITO DEL TRÓPICO BAJO COLOMBIANO

A. P. Galeano¹, C. Manrique²

Departamento de Producción Animal,
Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia,
Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá

Recibido: 25 de marzo de 2010; aprobado: junio 21 de 2010

RESUMEN

Con el objetivo de estimar los componentes de varianza, las heredabilidades, repetibilidades y correlaciones genéticas y fenotípicas para la producción de leche por lactancia (PL), el peso al destete (PD), el intervalo entre partos (IEP) y el Índice de Vaca (IV), de las hembras bovinas manejadas en los sistemas de producción de doble propósito del trópico bajo colombiano, se analizaron los registros productivos y reproductivos de 1.687 vacas registradas en la Asociación Colombiana de Criadores de Ganado en Doble Propósito (Asodoble), durante el periodo comprendido entre 1998 y 2007. Se empleó un modelo animal mixto que incluyó los efectos fijos del grupo contemporáneo (finca-sexo-época-año), la composición racial, y la duración de la lactancia como covariable; así como los efectos genéticos aleatorios del animal, el medio ambiente permanente y el residual. Las heredabilidades estimadas para IEP (0,04) y PD (0,11) fueron bajas, y moderadas para PL (0,35) e IV (0,24), respectivamente. La repetibilidad estimada para IEP fue baja (0,08), y para PL (0,41) e IV (0,31) moderada; en el caso de PD este valor fue igual a la heredabilidad (0,11). Las correlaciones genéticas y fenotípicas obtenidas entre PL y PD con respecto a IEP fueron positivas, y se determinó una asociación genética negativa entre PL y PD. Los resultados demostraron que el IV es un buen indicador, desde el punto de vista genético, de la eficiencia productiva y reproductiva de los animales manejados en estos sistemas productivos.

Palabras clave: heredabilidad, repetibilidad, correlación, Índice de Vaca, doble propósito.

1. apgaleanor@unal.edu.co
2. cmanriquep@unal.edu.co

GENETIC PARAMETERS ESTIMATION FOR PRODUCTIVE AND REPRODUCTIVE TRAITS IN DUAL PURPOSE SYSTEMS IN THE COLOMBIAN LOW TROPIC

ABSTRACT

In order to estimate the variance components, heritabilities, repeatabilities, and genetic and phenotypic correlations for the milk yield (MY), weaning weight (WW), calving interval (CI) and cow index (IV) of bovine females handled in dual purpose production systems in the Colombian low tropic, productive and reproductive records of 1687 cows registered in the Colombian Dual Purpose Breeders Association (ASODOBLE) were analyzed during the period from 1998 to 2007. A mixed animal model which included the fixed effects of the contemporary group (farm-sex-season-year), breed composition and lactation length as a covariate; as well as the random animal genetic effects and the permanent and residual environment was used. Estimated heritabilities for CI (0.04) and WW (0.11) were low, and moderate for MY (0.35) and IV (0.24), respectively. Estimated repeatability for IEP was low (0.08) and for MY (0.41) and IV (0.31) moderate; in the case of WW this value was equal to the heritability (0.11). Genetic and phenotypic correlations obtained between MY and WW over CI were positive, and a negative genetic association between MY and WW was determined. The results showed that the IV is a good indicator, from the standpoint genetic, of productive and reproductive efficiency of animals handled in these production systems.

Key words: Heritability, repeatability, correlation, cow index, dual purpose.

INTRODUCCIÓN

En la ganadería tropical coexisten múltiples sistemas de producción en diferentes pisos térmicos, distintos grados de intensificación y ubicados en ambientes socioeconómicos de muy diversa naturaleza, en los que la producción sostenible y competitiva de proteína de origen animal es posible en gran medida gracias al uso de razas adaptadas a las condiciones climáticas, económicas y de manejo características de cada región.

Uno de ellos es el sistema de producción de doble propósito, el cual es definido como un sistema de manejo en el que se producen simultáneamente y en forma rentable, carne y leche en una misma explotación bovina, considerando que la vaca y su cría constituyen una unidad biológica y natural de produc-

ción durante el periodo de lactancia (1, 2); se caracteriza por la presencia de pequeños y medianos productores, con recursos físicos, técnicos y financieros muy limitados y a menudo ubicados en áreas de producción marginales (2).

En Colombia la producción de carne y leche se sustenta básicamente en este tipo de explotaciones, las cuales comprenden cerca del 80,5% del total del inventario ganadero nacional (3), y contribuyen con cerca del 70% de la leche y el 50% de los terneros de levante y ceba que proporcionan la carne a los mercados internos (2, 4).

Los bajos índices productivos y reproductivos que generalmente caracterizan a estos sistemas de producción en el trópico colombiano son atribuidos, entre otros aspectos, a la implementación

de planes de cruzamiento desordenados, y al desconocimiento del verdadero potencial de los recursos animales y vegetales con los que se cuenta en la región (5). Una de las herramientas que permite mitigar en gran parte esta problemática es la implementación adecuada de programas de evaluación y mejoramiento genético animal. Dichos programas contribuyen a determinar la proporción de la variación de una característica que es debida al efecto de la genética, teniendo en cuenta los factores de carácter no genético (medio ambiente, manejo, clima, alimentación) que influyen en su expresión (6, 7). Esto se logra a través de la expresión de la información contenida en los registros de los animales o de las progenies, mediante parámetros que reflejan su mérito genético para una característica determinada; los parámetros genéticos básicos con los cuales se establecen los programas de mejoramiento animal son: la heredabilidad, la repetibilidad y las correlaciones genéticas.

La heredabilidad (h^2) es considerada como el parámetro fundamental para la selección, puesto que determina la cantidad de la variación total encontrada en una característica que es atribuida al efecto directo de los genes (variación aditiva), es decir, a la herencia (7, 8). Por su parte, la repetibilidad (R) permite determinar la correlación que existe entre medidas repetibles de una misma característica en un mismo animal, teniendo en cuenta las condiciones ambientales constantes a través del tiempo (7, 9, 10). Y la correlación genética (r_g), cuantifica el grado de asociación que existe entre dos características que se quieran mejorar, con base en la contribución común de los mismos genes (7, 9).

El presente estudio se desarrolló con el objetivo de determinar los diferentes componentes de varianza y parámetros genéticos de algunas de las características de mayor importancia económica dentro de los sistemas doble propósito, tales como: la producción de leche, el peso del ternero al destete, el intervalo entre partos, y adicionalmente para el Índice de Vaca, el cual ha sido uno de los criterios utilizados por excelencia por la Asociación Colombiana de Criadores de Ganado en Doble Propósito (Asodoble) para la selección de hembras reproductoras (1):

$$I.V. = \frac{\frac{\text{Producción leche / lactancia (kg)}}{\text{Factor K}} + \text{Peso al destete cría (kg)}}{\text{Intervalo entre partos (días)}} \times 100$$

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la estimación de los componentes de varianza y parámetros genéticos de las características analizadas se tomaron los registros productivos y reproductivos de 14.268 vacas adultas distribuidas en 15 fincas ubicadas en los departamentos de Atlántico, Bolívar y Córdoba, información que fue aportada por la Asociación Colombiana de Criadores de Ganado en Doble Propósito (Asodoble), a través de bases de datos originales creadas en el Software Ganadero TP V. 8.0 ®³, para un periodo consecutivo de 10 años comprendido entre 1998 y 2007.

Se estructuró un sistema de información central a partir de la exportación de toda la información contenida en el software para cada uno de los animales en estudio, correspondiente a: código de la finca, número de identificación del

- Herramienta diseñada por Usati Ltda., para el registro de la información productiva, reproductiva, sanitaria, técnica, análisis y planeación de las empresas ganaderas.

animal, número de identificación del padre, fecha de nacimiento, raza, edad al primer parto, fecha, número y época de parto, intervalo entre partos, duración de lactancia, producción de leche por lactancia, sexo de la cría, peso y edad al destete, Índice de Vaca y factor divisor de lactancia empleado en éste.

El proceso de edición y depuración general de la información se realizó teniendo en cuenta que los animales contarán con registros productivos y reproductivos generados a partir del año 1998 (no se tuvieron en cuenta reportes anteriores), y que estuvieran actualizados hasta el 31 de diciembre de 2007; adicionalmente, que tuvieran toda la información completa por lactancia y que contarán como mínimo con dos lactancias, con el fin de generar fuentes de variación para los análisis estadísticos posteriores. De esta manera se obtuvo un total de 5.259 registros para cada una de las cuatro características evaluadas, correspondientes a 1.687 vacas adultas.

Análisis de datos. Se consideró que dentro de los factores de tipo no genético que influyen en la expresión de las características evaluadas para la región se encuentran: la procedencia o zona de influencia del animal expresada a través de la finca, el grupo genético o la raza del animal, la época, el número y el año de parto, la duración de la lactancia, el sexo de la cría y la edad al destete; teniendo en cuenta que en las bases de datos originales no se encontraba de manera específica la información relacionada con las épocas de parto, se procedió a generar las categorías respectivas con base en la distribución de las lluvias reportada para la región por Botero et ál. (11): invierno (abril-noviembre), y verano (diciembre-marzo).

Adicionalmente, fue necesario reagrupar la información de la raza o grupo genético de los animales debido a su amplia variabilidad, de acuerdo con el porcentaje de contribución de los diferentes grupos genéticos de tipo cebuino en la composición racial: 0% cebuino - 100% taurino, 25% cebuino - 75% taurino, 50% cebuino - 50% taurino, 75% cebuino - 25% taurino, 100% cebuino - 0% taurino, criollo y mestizo.

Es importante tener en cuenta que tanto la producción de leche por lactancia como el peso de las crías al destete no fueron previamente ajustados por ningún factor, ya que se considera que en estos sistemas productivos las vacas generalmente no completan la lactancia por destetar con un mejor peso al ternero, o viceversa; sin embargo, por disposiciones técnicas de la Asociación se determinó que estos dos factores son equivalentes asumiendo que la vaca deja de producir leche tan pronto se desteta la cría. De esta manera, en los análisis se decidió trabajar únicamente con la duración de la lactancia, ya que se estimó que es de mayor importancia en la expresión de la mayoría de las características analizadas.

Análisis estadístico. Con el objetivo de eliminar valores extremos en cada una de las variables cuantitativas analizadas, se generaron intervalos de confianza del 95% (± 2 desviaciones estándar) a través de un análisis de estadística descriptiva obtenido con el procedimiento MEANS de SAS 9,0 (12). Para la estimación de los componentes de varianza y parámetros genéticos se empleó un modelo mixto basado en la metodología del Modelo Animal la cual precisa la conformación de grupos contemporáneos entendidos como el agrupamiento de animales eva-

luados en una misma época, en el mismo año, pertenecientes a una misma región, del mismo sexo, de una misma finca o con un determinado nivel de manejo, entre otros; para la presente investigación la generación de los grupos contemporáneos incluyó los efectos de la finca, el sexo de la cría, la época y el año de parto.

Los componentes de varianza requeridos para la estimación de los parámetros genéticos fueron obtenidos con el método de máxima verosimilitud restringida (13), empleando el procedimiento Mixed del programa estadístico SAS 9.0 (12). Los modelos mixtos incluyeron los efectos fijos del grupo contemporáneo, la composición racial y la duración de la lactancia empleada como covariable; como efectos aleatorios fueron incluidos el efecto genético del animal, el ambiente permanente y el residual (ambiente temporal). El modelo estadístico empleado es descrito de manera general de la siguiente forma:

$$Y_{ijklm} = \mu + g_i + c_j + b(d_{ik} - \bar{d}) + a_l + p_m + e_{ijklm}$$

Donde:

- Y_{ijklm} = PL, PD, IEP ó IV
- μ = media poblacional
- g_i = efecto fijo del i-ésimo grupo contemporáneo, i: 1, ..., 400
- c_j = efecto fijo de la j-ésima composición racial, j: 1, ..., 7
- $b(d_{ik} - \bar{d})$ = coeficiente de regresión de la duración de lactancia k en el animal l
- a_l = efecto genético aleatorio del l-ésimo animal, l: 1, ..., 1.687
- p_m = efecto aleatorio del entorno permanente
- e_{ijklm} = efecto residual

En notación matricial el modelo se expresa de la siguiente manera:

$$Y = X\beta + Z_a + Z_p + e$$

Donde:

- Y = vector de observaciones (PL, PD, IEP ó IV)
- β = vector de efectos fijos (grupo contemporáneo, composición racial, duración de lactancia)
- X = matriz de incidencia de los efectos fijos
- Z = matriz de incidencia de los efectos aleatorios
- a = vector de efectos aleatorios genéticos
- p = vector de efectos aleatorios del entorno permanente
- e = vector de efectos aleatorios residuales

Con los componentes de varianza genéticos y ambientales obtenidos para cada una de las características en estudio se estimaron las heredabilidades y repetibilidades correspondientes, entendidas como la fracción de la varianza fenotípica total que es debida a la variación genética del animal (varianza aditiva más no aditiva), y la proporción de la varianza fenotípica total, entre registros sucesivos, que es debida a la varianza genética más la varianza ambiental permanente, respectivamente (7, 13).

Adicionalmente, con los componentes de varianza obtenidos tanto para las características analizadas, como para la sumatoria de cada par de variables correlacionadas, se obtuvieron las covarianzas y correlaciones genéticas y fenotípicas existentes. Los errores estándar de las estimaciones realizadas fueron obtenidos de acuerdo con las metodologías descritas por Ruales et ál. (7) y Falconer (9).

RESULTADOS

Se determinó que dentro de los factores de tipo no genético que influyeron significativamente ($P < 0,05$) en cada una de las características analizadas se encuentra el grupo contemporáneo, el cual para esta investigación expresa los efectos y las interacciones presentes entre factores como la zona de procedencia del animal, el año, la época de parto y el sexo de la cría. Adicionalmente, se determinó un

efecto significativo ($P < 0,05$) de la composición racial del animal sobre la expresión fenotípica de la producción de leche por lactancia, el peso del ternero al destete y el Índice de Vaca de los animales evaluados, aunque su efecto no fue significativo ($P > 0,05$) en el caso del intervalo entre partos.

Los componentes de varianza genéticos y ambientales estimados para cada una de las características evaluadas se presentan en la tabla 1. A partir de estos análisis de variación se obtuvieron los estimadores de heredabilidad y repetibilidad para cada una de ellas en la población analizada (tabla 2).

TABLA 1. Componentes de varianza estimados para características productivas y reproductivas del recurso animal de los sistemas doble propósito

| Variable | Componentes de Varianza | | | | |
|------------------------|-------------------------|--------------------|----------|----------|------------|
| | Animal | Entorno permanente | Residual | Genético | Fenotípico |
| Intervalo entre partos | 265.83 | 119.94 | 3025.31 | 145.89 | 3291.14 |
| Producción de leche | 28789 | 4142.29 | 40660 | 24646.71 | 69449 |
| Peso al destete | 52.54 | 0 | 411.96 | 52.54 | 464.50 |
| Índice de vaca | 123.33 | 29.40 | 272.40 | 93.93 | 395.73 |

TABLA 2. Heredabilidades (h^2) y repetibilidades (R) estimadas para características productivas y reproductivas del recurso animal de los sistemas doble propósito

| Variable | h^2 | R |
|------------------------|-------------|-------------|
| Intervalo entre partos | 0,04 ± 0,06 | 0,08 ± 0,01 |
| Producción de leche | 0,35 ± 0,06 | 0,41 ± 0,01 |
| Peso al destete | 0,11 ± 0,06 | 0,11 ± 0,01 |
| Índice de Vaca | 0,24 ± 0,06 | 0,31 ± 0,02 |

La heredabilidad y repetibilidad estimadas para el intervalo entre partos en la presente investigación son consideradas bajas. En el caso de la heredabilidad, esto indica que la característica depende en su gran mayoría (96%) del efecto de otras variables de tipo medioambiental y de manejo, y no de las posibles variaciones genéticas existentes entre animales. Adicionalmente, se infiere que la correlación existente entre los intervalos entre partos de una misma vaca a través de sus dife-

rentes lactancias es mínima, de acuerdo con la baja repetibilidad obtenida para esta característica.

La heredabilidad estimada para la producción de leche por lactancia demuestra que cerca del 35% de su variación es atribuida al efecto de los genes que regulan su expresión; mientras que la repetibilidad media obtenida señala la correlación positiva presente entre los registros sucesivos del mismo animal, lo cual desde el punto de vista práctico es un buen indicador en las fases iniciales de los programas de selección y descarte de vacas productoras.

En el caso del peso de las crías al destete la heredabilidad estimada fue baja, e indica que solamente el 11% de la variación fenotípica de la característica se debe al efecto genético de las crías, mientras que el 89% restante es aportado por las variaciones propias del entorno y el medio ambiente. La repetibilidad

obtenida coincide con el estimador de la heredabilidad, ya que el efecto del medio ambiente permanente de la vaca calculado fue nulo.

Los estimadores de heredabilidad y repetibilidad para el Índice de Vaca en la población analizada fueron moderados, indicando una contribución media del efecto de la genética en la variación total de la característica, y una correlación aceptable entre los diferentes índices de

una misma vaca a través de sus diversas lactancias.

En la tabla 3 se presentan las correlaciones genéticas (arriba de la diagonal) y fenotípicas (abajo de la diagonal) presentes entre la producción de leche por lactancia, el peso del ternero al destete, el intervalo entre partos y el Índice de Vaca de las hembras bovinas en las regiones analizadas.

TABLA 3. Correlaciones genéticas y fenotípicas estimadas para las características productivas y reproductivas del recurso animal de los sistemas doble propósito

| Variable | Intervalo entre partos | Producción de leche | Peso al destete | Índice de vaca |
|------------------------|------------------------|---------------------|-----------------|----------------|
| Intervalo entre partos | | 0,53 ± 0,02 | 0,22 ± 0,02 | 0,09 ± 0,02 |
| Producción de leche | 0,04 ± 0,02 | | -0,12 ± 0,02 | 0,80 ± 0,01 |
| Peso al destete | 0,08 ± 0,02 | 0,02 ± 0,02 | | 0,11 ± 0,02 |
| Índice de Vaca | -0,49 ± 0,02 | 0,68 ± 0,02 | 0,24 ± 0,02 | |

La correlación genética estimada entre la producción de leche por lactancia y el intervalo entre partos para el presente estudio fue positiva y alta, lo cual indica que las hembras con mayores producciones de leche tienden a tener intervalos más prolongados entre partos. De igual forma, se estimó que la relación genética existente entre esta última y el peso al destete fue positiva y media, lo cual indica que las madres de los terneros más pesados presentan mayores intervalos entre partos, probablemente debido al efecto común de los genes que regulan la expresión de esta característica asociado con la producción de leche, y al estrés causado por el amamantamiento.

La correlación genética negativa obtenida entre el peso al destete y la producción de leche, expresa uno de los comportamientos más frecuentes que se presentan en los sistemas doble propó-

sito, relacionado con la limitación del total de leche producida por lactancia debido a la presencia del ternero. Las correlaciones genéticas obtenidas para la producción de leche y el peso al destete con respecto al Índice de Vaca fueron positivas, incrementando el valor del índice a medida que se mejora la eficiencia para cada una de ellas por parte del animal.

Por otra parte, se obtuvo una correlación fenotípica negativa y moderada entre el Índice de Vaca y el intervalo entre partos, la cual se ve reflejada en disminuciones progresivas del mismo a medida que se incrementan los días transcurridos entre un parto y otro, lo cual no es deseable teniendo en cuenta que el índice ideal establecido de acuerdo con las metas productivas y reproductivas de Asodoble es cercano a 100. Comportamiento opuesto al que se observa en el caso de la relación positiva que se pre-

senta entre las características productivas evaluadas con respecto a este Índice.

DISCUSIÓN

Resultados similares a los obtenidos en la presente investigación han sido reportados en estudios desarrollados a nivel latinoamericano en condiciones de trópico húmedo y subhúmedo, señalando que el efecto que ejercen los factores de tipo no genético (año, época y número de parto, nutrición, sanidad, sexo de la cría) sobre el comportamiento productivo y reproductivo de las hembras bovinas manejadas en estas regiones es atribuido en gran medida tanto a las variaciones que se presentan en las condiciones climáticas y medioambientales, como en el manejo y en la tendencia productiva de las empresas ganaderas a través del tiempo (14, 15, 16).

El efecto significativo de la composición racial sobre la expresión fenotípica de las características productivas evaluadas (leche y peso al destete), concuerda con los resultados obtenidos en ganado criollo y mestizo por López y Vaccaro (14), en los que generalmente las vacas con mayor proporción de sangre *Bos taurus* (hasta en un 75%), presentan un mejor potencial lechero con respecto a los grupos genéticos con alta composición *Bos indicus*, quienes a pesar de mostrar una mejor adaptación y resistencia al medio, se caracterizan por presentar bajas producciones de leche y lactancias cortas.

Por otra parte, el efecto no significativo de la composición racial sobre el intervalo entre partos también ha sido reportado por Vergara et ál. (15) y Osorio y Segura (16) en estudios desarrollados en el departamento de Bolívar, y en el trópico subhúmedo de México res-

pectivamente, en los que se reafirma la premisa de que las características de tipo reproductivo generalmente presentan bajos índices de herencia, y se encuentran más estrechamente relacionadas con factores medioambientales y de manejo que condicionan su expresión.

Intervalo entre partos

La heredabilidad obtenida para el intervalo entre partos se encuentra dentro de los rangos reportados por otros autores para características reproductivas (17, 18, 19) en trabajos desarrollados en condiciones tropicales y subtropicales para ganado criollo y especializado, en los que se confirma que las características relacionadas con la eficiencia reproductiva presentan bajos grados de herencia, y son consideradas de manera general como componentes de manejo del sistema de producción, en asociación con el estrés climático al que deben ser sometidos los animales. Heredabilidades bajas también han sido reportadas en trabajos desarrollados en condiciones metodológicamente similares a las del presente estudio en climas templados (20, 21), en los que la heredabilidad para el intervalo entre partos no supera el 5%.

Estimadores de repetibilidad similares al reportado en la presente investigación fueron obtenidos por Casas et ál. (17) en ganado criollo en Costa Rica (0,07) y por Amimo et ál. (22) en vacas Ayrshire en Kenia (0,09), mientras que en algunos estudios desarrollados en ganado especializado (20, 23) se señala que este índice para una población sin selección se encuentra en un rango entre 0,03 y 0,06.

En términos generales, se considera que para las características reproductivas y específicamente para el intervalo entre

partos, el rango en el cual se encuentra la repetibilidad es bajo, lo cual se debe en gran medida a que la proporción de la variación fenotípica total de la característica que es atribuida al medio ambiente permanente del animal es mínima (3,5% en el presente estudio), tal y como lo reportan Ojango et ál. (23) y Ríos et ál. (18) en sus respectivas investigaciones. Mientras que los factores relacionados con el medio ambiente temporal del animal (enfermedades parasitarias, mastitis, niveles nutricionales, entre otros) son los que contribuyen de manera drástica en su expresión.

Producción de leche

La heredabilidad estimada es similar a la reportada por Campos et ál. (24) en condiciones tropicales y subtropicales con ganado lechero especializado, en donde se reportan heredabilidades para la producción total de leche de 0,34 y 0,33 para vacas Holstein y Jersey respectivamente. De igual manera, Kadarmideen et ál. (20) reportaron valores de heredabilidad para producción de leche ajustada a 305 días en hembras Holstein del Reino Unido en un rango de 0,38-0,40; resultados que se encuentran por encima de los rangos de heredabilidad obtenidos para esta característica en la mayoría de estudios desarrollados tanto en climas tropicales y subtropicales (25, 26) como en climas templados (27, 28), los cuales se encuentran entre 0,20 y 0,29.

La repetibilidad obtenida para la producción de leche por lactancia fue un poco mayor que la heredabilidad, lo cual indica que los efectos del medio ambiente permanente de la vaca no fueron tan importantes como los efectos genéticos, ya que la varianza del ambiente permanente como proporción de la varianza

fenotípica fue de 0,06; comportamiento que también fue reportado por Chirinos et ál. (25) en vacas mestizas en el trópico de Venezuela.

Resultados similares de repetibilidad se obtuvieron en los trabajos desarrollados por Ojango y Pollott (23) en Kenia con ganado Holstein (0,34), y por Pérez y Gómez (29) en ganado pardo suizo en el trópico venezolano (0,42); mientras que valores de repetibilidad un poco mayores (0,50 y 0,59) fueron obtenidos en estudios con bovinos Overo Colorado en Chile, y vacas Holstein en el Reino Unido (20, 26).

Peso al destete

El estimador de heredabilidad obtenido en este estudio es superior al reportado por Arboleda et ál. (30) en bovinos mestizos en la costa norte colombiana (0,08), pero inferior a los valores de heredabilidad reportados en estudios desarrollados en ganado mestizo y criollo en condiciones tropicales, los cuales oscilan entre un rango de 0,17 y 0,33 (31, 32).

El efecto del medio ambiente permanente de la vaca estimado para esta característica fue igual a cero, lo cual concuerda con los reportes realizados por Aranguren et ál. (31) en animales mestizos de doble propósito en el estado de Zulia (Venezuela), bajo condiciones metodológicas semejantes a las del presente estudio. Sin embargo, se han encontrado valores de este efecto que explican cerca del 12 y 14% de la variación fenotípica total de la característica en ganado de carne Australiano y Brahman, respectivamente (33, 34); aunque en ganado criollo y mestizo las estimaciones reportadas para este efecto representan cerca del 3,5-5% de la variación total (32, 35).

Por su parte, la repetibilidad obtenida es similar a la reportada por Abdullah y Olutogun (36) (0,15) en ganado N'Dama en el trópico húmedo de Nigeria; e inferior a los resultados obtenidos por Martínez et ál. (32) quienes reportaron un valor de repetibilidad para el peso al destete a los 270 días en ganado costeño con cuernos de 0,24, y por Meyer et ál. (33) cuyos estimadores fueron de 0,35 y 0,23 en un rebaño Hereford y en la raza sintética Wokalup, respectivamente.

Índice de Vaca

Uno de los objetivos principales de este estudio fue evaluar por primera vez desde el punto de vista genético el Índice de Vaca, implementado desde hace más de veinte años por Asodoble como método de selección de hembras reproductoras; este fue desarrollado asumiendo que las heredabilidades de las características productivas (peso al destete y producción de leche) son similares. Sin embargo, en trabajos desarrollados en condiciones climáticas tropicales en ganado criollo y mestizo se ha planteado que los índices de herencia para estas dos características difieren en cerca de un 9%, situando a la producción de leche en un rango de heredabilidad moderada, y al peso al destete en un rango de heredabilidad baja (25, 26, 30, 32).

La heredabilidad moderada estimada para esta característica indica que a pesar de que la respuesta que se podría obtener por selección no es la mejor, sí se puede considerar como un buen indicador (desde el punto de vista genético), de la eficiencia productiva y reproductiva de los animales para la expresión de las demás características evaluadas de una manera simultánea. De igual manera,

el estimador de repetibilidad moderado obtenido señala que existe una correlación media entre los registros sucesivos de un mismo animal para el conjunto de características evaluadas.

CORRELACIONES

Resultados similares de correlación genética entre producción de leche e intervalo entre partos han sido reportados por Kadarmideen et ál. (20) en trabajos desarrollados con ganado Holstein (0,54), en los que se afirma que el antagonismo que comúnmente se presenta se debe desde el punto de vista biológico al efecto pleiotrópico desfavorable que existe entre los genes responsables de la expresión de estas características.

Estas relaciones antagonicas también han sido reportadas en varios estudios (16, 23, 24) en los que se afirma que el detrimento en las características asociadas a la fertilidad se debe más a los factores de tipo medioambiental que a los factores genéticos que influyen en la expresión de estas características; sin embargo, esta afirmación no coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde la correlación fenotípica estimada entre el intervalo entre partos y la producción de leche por lactancia fue baja.

Desde el punto de vista fisiológico, este efecto antagonico se puede explicar principalmente por el balance energético negativo que se presenta durante las primeras etapas de la lactancia, lo cual afecta el retorno al estro y resulta en un incremento directo del intervalo entre partos. De otro lado, se afirma que este comportamiento se acentúa en las zonas tropicales y subtropicales debido a las condiciones nutricionales limitadas y al estrés climático al que son sometidos estos animales.

CONCLUSIONES

Las estimaciones obtenidas para el intervalo entre partos indican que es una característica poco heredable, por lo que se sugiere que su mejoramiento debe realizarse a través de la optimización de las condiciones de alimentación, sanidad y manejo reproductivo del sistema de producción.

Los parámetros genéticos estimados para la producción de leche por lactancia indican que se puede obtener una buena respuesta a la selección con base en esta característica, en comparación con el peso de los terneros al destete, en cuya expresión priman los factores de tipo medioambiental y de manejo.

Con base en los resultados obtenidos, se puede considerar al Índice de Vaca como un buen indicador, desde el punto de vista genético, de la eficiencia productiva y reproductiva de las hembras de los sistemas de producción de doble propósito, para la expresión de las demás características evaluadas de una manera simultánea.

Las correlaciones del Índice de Vaca con las características productivas y reproductivas evaluadas, están dadas por la participación y el comportamiento de cada una de ellas dentro del índice.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de la Asociación Colombiana de Criadores de Ganado en Doble Propósito, por el suministro de las bases de datos empleadas para el desarrollo de la presente investigación.

REFERENCIAS

1. Tatis RE, Botero LM. Génesis y consolidación del sistema vacuno en doble propósito. Bogotá: Produmedios; 2005.

2. Botero LM. Ganadería vacuna trashumante: desarrollo del sistema doble propósito y su valor para la seguridad alimentaria. I Congreso Internacional de Bovinos en doble propósito trópico alto, medio y bajo; 2009 May 25-7; Cartagena de Indias, Colombia.
3. Ministerio de Agricultura (Colombia). Censo Nacional Agropecuario. Sistema Nacional de Información del Sector Agropecuario. Departamento Administrativo Nacional de Estadística; 2000.
4. Holmann F, Rivas L, Carulla J, Rivera B, Giraldo LA, Guzmán S et ál. Evolución de los Sistemas de Producción de Leche en el Trópico Latinoamericano y su interrelación con los Mercados: Un Análisis del Caso Colombiano [en línea] 2003. Disponible en: URL: <http://www.ciat.cgiar.org>
5. Arias J, Balcázar A, Hurtado R. Sistemas de producción bovina en Colombia. Coyuntura Agropecuaria 1990; 6(4):83-119.
6. Pérez GA y Gómez MG. Factores genéticos y ambientales que afectan el comportamiento productivo de un rebaño pardo suizo en el trópico. 1. Producción de leche. Rev Cient 2005;15(2):141-47.
7. Ruales FR, Manrique C, Cerón MF. Fundamentos en mejoramiento animal. 1 ed. Medellín: L. Vieco e Hijos Ltda.; 2007.
8. Dalton DC. Introducción a la genética animal práctica. Zaragoza: Acribia; 1980.
9. Falconer DS. Introduction to quantitative genetics. 2 ed. Longman Group Ltd.; 1981.
10. Quijano JH, Montoya C. El modelo animal y su comparación con otras ayudas de selección, para producción de leche. Rev Fac Nal Agr 1998;51(2):51-64.
11. Botero L, Botero P, Botero A. Trashumancia: Historia de hombres, reses y ríos. Sucre, Colombia: Ed. Universidad de Sucre; 2006.
12. Statistical Analysis Systems [programa de ordenador]. Version 9.0. Statistical Analysis System Institute. Statistics. Cary, NC.; 2007.
13. Montoya C. Estimación del valor genético para producción de leche a través de un modelo lineal mixto con repetibilidad (modelo animal) [informe de año sabático]. Facultad

- de Ciencias Agropecuarias: Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín; 1996.
14. López J, Vaccaro L. Comportamiento productivo de cruces Holstein Friesian- cebú comparados con Pardo Suizo-cebú en sistemas de doble propósito en tres zonas de Venezuela. *Zoot Trop* 2002;20(3):397-414.
 15. Vergara O, Salgado R, Maza L, Botero L, Martínez C, Medina C, Pestana J. Factores que afectan el primer intervalo de parto de hembras bovinas manejadas bajo el sistema doble propósito. *Liv Res Rur Dev* 2007;19(10).
 16. Osorio MM, Segura JC. Relación entre peso corporal, reproducción y producción de leche de vacas cruzadas en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de México. *Liv Res Rur Dev* 2006; 18(12).
 17. Casas E, Tewolde A. Evaluación de características relacionadas con la eficiencia reproductiva de genotipos criollos de carne en el trópico húmedo. *Arch Latinoam Prod Anim* 2001;9(2):68-73.
 18. Ríos A, Calderón RC. Análisis genético de la fertilidad de un hato de hembras Holstein en condiciones subtropicales. XXI Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz y I del Trópico Mexicano; 2008, Veracruz, México.
 19. Montes D, Vergara O, Prieto E. Una nota sobre la estimación de la heredabilidad del intervalo entre partos en hembras bovinas de ganado Brahman *Liv Res Rur Dev* 2009; Vol. 21, Art. 1.
 20. Kadarmideen HN, Thompson R, Simm G. Linear and threshold model genetic parameters for disease, fertility and milk production in dairy cattle. *Anim Sci* 2000; 71:411-9.
 21. Veerkamp RF, Koenen EPC, De Jong G. Genetic correlations among body condition score, yield, and first-parity cows estimated by random regression models. *J Dairy Sci* 2001;84:2327-35.
 22. Amimo JO, Mosi RO, Wakhungu JW, Muasya TK, Inyangala BO. Phenotypic and genetic parameters of reproductive traits for Ayrshire cattle on large-scale farms in Kenya. *Liv Res Rur Dev* 2006; 18, Art. 10.
 23. Ojango JM, Pollott GE. Genetics of milk yield and fertility traits in Holstein- Friesian cattle on large- scale Kenyan farms. *J Anim Sci* 2001;79:1742-50.
 24. Campos MS, Wilcox CJ, Becerril CM, Diz A. Genetic parameters for yield and reproductive traits of Holstein an Jersey cattle in Florida. *J Dairy Sci* 1994;77:867-73.
 25. Chirinos Z, Márquez O. Parámetros genéticos para caracteres de producción de leche en vacas mestizas tropicales. *Arch Latinoam Prod Anim* 2005; 20: 51-60.
 26. Uribe HA, Smulders JP. Estimación de parámetros y tendencias fenotípicas, ambientales y genéticas para características de producción de leche en bovinos overos colorados. *Arch Med Vet* 2004; 36(2):137-46.
 27. Guo Z, Lund MS, Madsen P, Korsgaard I, Jensen J. Genetic parameters estimation for milk yield over multiple parities and various lengths of lactation in Danish Jerseys by random regression models. *J Dairy Sci* 2002;85:1596-606.
 28. Jacobsen JH, Madsen P, Jensen J, Pedersen J, Christensen LG, Sorensen DA. Genetic parameters for milk production and persistency for Danish Holsteins estimated in random regression models using REML. *J Dairy Sci* 2002; 85: 1607-16.
 29. Pérez GA y Gómez MG. Factores genéticos y ambientales que afectan el comportamiento productivo de un rebaño pardo suizo en el trópico. 1. Producción de leche. *Rev Cient* 2005; 15(2):141-7.
 30. Arboleda EM, Vergara OD, Restrepo LF. Características de crecimiento en bovinos mestizos en la costa norte colombiana. *Liv Res Rur Dev* 2007; 19, Art. 5.
 31. Aranguren J, Román R, Villasmil Y, Chirinos Z, Romero J, Soto E. Componentes de (co) varianza y parámetros genéticos para características de crecimiento en animales mestizos de doble propósito. *Rev FCV-LUZ* 2006; XVI (1):55-61.
 32. Martínez RA, Pérez JE, Herazo T. Evaluación fenotípica y genética para características de crecimiento en la raza criolla colombiana Costeño con Cuernos. *Rev Corpoica - Cien-*

- cia y Tecnología Agropecuaria 2006; 7(2):12-20.
33. Meyer K, Carrick JM, Donnelly BJ. Genetic parameters for growth traits of Australian beef cattle from a multibred selection experiment. *J Anim Sci* 1993;71: 2614-22.
34. Plasse D, Verde O, Arango J, Camaripano L, Fossi H et ál. (Co)variance components, genetic parameters and annual trends for calf weights in a Brahman herd kept on floodable savanna. *Genet and Molec Res* 2002;1(4): 282-97.
35. Ferraz PB, Ramos A, Da Silva LO, De Sousa JC, De Alencar MM. Alternative animal models to estimate heritabilities and genetic correlations between direct and maternal effects of pre and post-weaning weights of Tabapua cattle. *Arch Latin Prod Anim* 2004; 12(3):119-25.
36. Abdullah AR and Olutogun O. Estimates of genetic and phenotypic parameters for pre-weaning growth traits of N'Dama (*Bos Taurus*) calves in the humid tropics of Nigeria. *Liv Res Rur Dev* 2006; 18, Art. 8.