

# Componentes de (co)varianza de caracteres reproductivos y su relación genética con el peso al destete en el ganado Cebú de Cuba

## Components of (co)variance for reproductive traits and their genetic relationship to weaning weight in Cuban Zebu cattle

Rafael de Luna de la Peña<sup>a</sup>, Danilo Guerra Iglesias<sup>b</sup>, Dianelys González Peña<sup>b</sup>, José Luis Espinoza Villavicencio<sup>a</sup>, Alejandro Palacios Espinosa<sup>a</sup>, Rafael Núñez Domínguez<sup>c</sup>

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estimar componentes de (co)varianza de caracteres reproductivos y su relación genética con el peso al destete (PD) en el ganado Cebú de Cuba. Se utilizaron datos de 51,193 partos de 17,890 vacas paridas entre 1981 y 2000 en 48 hatos. El pedigrí incluyó 23,903 individuos. Para estimar las correlaciones genéticas entre el PD y los caracteres reproductivos se utilizaron 67,829 registros, 19,768 fueron para PD y 48,061 para rasgos reproductivos. Se aplicaron modelos univariados y bivariados con el procedimiento REML y utilizando el programa ASREML. La heredabilidad para las variables reproductivas fue baja (0.01 a 0.09). Las correlaciones genéticas entre días abiertos (DA) fueron altas entre los tres primeros partos (0.92 a 0.99) y menores entre estos y los posteriores (0.45 a 0.90). Las correlaciones genéticas entre los DA y el intervalo a la primera inseminación, intervalo entre partos y servicios por gestación fueron de 0.98, 0.99 y 0.39, respectivamente. Las correlaciones genéticas del PD con los rasgos reproductivos señalados variaron de 0.04 a 0.07. Se concluye que la heredabilidad estimada para los caracteres reproductivos fue baja, las correlaciones genéticas entre ellos por lo general fueron altas, y su correlación genética con el peso al destete fue baja.

**PALABRAS CLAVE:** Cebú Cubano, Correlaciones genéticas, Parámetros genéticos, Eficiencia reproductiva, Peso al destete.

### ABSTRACT

The objective of this study was to estimate (co)variance components for reproductive traits and genetic correlations with weaning weight (WW) in Zebu cattle in Cuba. Data for 51,193 calvings of 17,890 cows in 48 herds were used. The pedigree file included 23,903 individuals. In order to estimate genetic correlations between WW and reproductive traits, 67,829 records were used, of which 19,768 were for WW and 48,061 for reproductive traits. Univariate and bivariate models were applied using the REML procedure of the ASREML program. Heritability for reproductive traits was low (0.01 to 0.09). Genetic correlations between days open (DO) were high only for the first three births (0.92 to 0.99) and low between these and later ones (0.45 to 0.90). Genetic correlations between DO and calving to first insemination interval, calving interval and number of inseminations for pregnancy were 0.98, 0.99 and 0.39, respectively. Genetic correlations of WW with reproductive traits varied between 0.04 and 0.07. As a conclusion, estimated heritability for reproductive traits was low, genetic correlations among reproductive traits were high and its genetic correlation with weaning weight was low.

**KEY WORDS:** Cuban Zebu, Genetic correlations, Genetic parameters, Reproductive efficiency, Weaning weight.

### INTRODUCCIÓN

El intervalo desde el parto a la gestación ha sido ampliamente investigado en bovinos lecheros<sup>(1)</sup>, sin

### INTRODUCTION

The interval between calving and pregnancy has been widely researched in milk cows<sup>(1)</sup>, however, very

Recibido el 10 de octubre de 2007. Aceptado para su publicación el 26 de diciembre de 2007.

<sup>a</sup> 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. [jvilla@uabcs.mx](mailto:jvilla@uabcs.mx) Correspondencia al cuarto autor.

<sup>b</sup> Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT), La Habana, Cuba.

<sup>c</sup> Producción Animal. Universidad Autónoma de Chapingo.

embargo, son pocos los trabajos realizados en bovinos productores de carne. En un estudio en la raza Asturiana de los Valles realizado en España concluyeron que los días abiertos (DA) se pueden utilizar en programas de mejoramiento genético de bovinos para carne como un indicador temprano del comportamiento reproductivo de las vacas<sup>(2)</sup>. Dado que los DA se miden repetidamente en la vida del animal es importante conocer las relaciones genéticas de este carácter en los diferentes partos y con otros rasgos reproductivos como el intervalo desde el parto a la primera inseminación artificial, el número de servicios por gestación y el intervalo entre partos. Se ha sugerido que en bovinos lecheros, los días abiertos son afectados por genes diferentes en las distintas lactancias<sup>(3)</sup>. También se ha señalado que en bovinos Nelore existe una correlación genética negativa cercana a cero entre la eficiencia reproductiva y características de crecimiento, como el peso ajustado a los 240 días de edad<sup>(4)</sup>.

El propósito de este trabajo fue estimar en vacas Cebú de Cuba: 1) componentes de (co)varianza de los días abiertos en los diferentes partos; 2) correlaciones genéticas entre los días abiertos y el intervalo del parto a la primera inseminación, servicios por gestación y el intervalo entre partos; 3) correlaciones genéticas entre el peso al destete y los rasgos reproductivos señalados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos analizados provinieron de los archivos del Centro Nacional de Control Pecuario (CENCOP) de la República de Cuba, situada en la entrada del Golfo de México, entre los paralelos 20 y 23° N y los meridianos 74 y 85° O<sup>(5)</sup>.

El sistema de alimentación se basó principalmente en pastoreo sobre zacate Estrella (*Cynodon nlemfuensis*), zacate Guinea (*Panicum máximum*) y sales minerales a libre demanda. En todos los hatos se utilizó la inseminación artificial después de la observación del estro natural durante todo el año. Los animales recibieron la vacuna contra leptospira, la vacuna recombinante contra la garrapata *Boophilus microplus* cada tres meses a partir del mes de nacido, septicemia hemorrágica y carbunco.

few studies are available on beef cattle. In a study carried out in Spain in the Asturiana de los Valles breed, its conclusion was that days open can be used in beef cattle genetic improvement programs as an early indicator of cows' reproductive behavior<sup>(2)</sup>. Given that days open (DO) are measured several times during an animal's life, it should be of importance to know what genetic relationships in different calvings exist between this trait and others, as interval from calving to first insemination or number of services per gestation or interval between births. It has been suggested that in milk herds, days open are affected by different genes in successive gestations<sup>(3)</sup>. It has been pointed out that in the Nelore breed a negative correlation near to zero between reproductive efficiency and growth traits (as weaning weight adjusted to 240 d) is found<sup>(4)</sup>.

The purpose of this study was to estimate the following in Zebu cows in Cuba: 1) (Co)variance components in days open in different gestations; 2) genetic correlations between days open and interval from calving to first insemination, services per gestation and calving interval; and 3) genetic correlations between weaning weight and those reproductive traits already mentioned.

## MATERIALS AND METHODS

Data used was obtained from the files of CENCOP (Centro Nacional de Control Pecuario) in Cuba, located at the entrance of the Gulf of Mexico, between 20° and 23° N and 74° and 85° W<sup>(5)</sup>.

Animals were fed mainly by grazing freely Star grass (*Cynodon niemfuensis*) and Guinea grass (*Panicum maximum*) pastures. Mineral salts were provided *ad libitum*. In all herds, artificial insemination was used after observing natural estrus all year long. Animals were vaccinated against leptospirosis, *Boophilus microplus* by means of recombinant vaccines every 3 mo from one month old, hemorrhagic septicemia and anthrax.

### *Experiment's procedure*

The initial sample took into account 76,345 calvings of Zebu cows distributed throughout the five more important genetic centers of Cuba, where animals

*Procedimiento experimental*

La muestra inicial consideró 76,345 partos de hembras Cebú distribuidas en los hatos pertenecientes a los cinco Centros Genéticos más importantes del país, donde se encuentran los animales con control de producción. La reproducción se lleva a cabo mediante inseminación artificial de las vacas con celo natural y durante todo el año.

En la edición de los datos se eliminaron los registros de intervalos entre partos fuera del rango entre los 300 y 730 días, así como los hatos con menos de 50 hembras con partos registrados. Sólo se incluyeron registros de los primeros cinco partos, condicionados a que tuvieran al menos el primer parto. Después de las restricciones anteriores, la muestra final quedó constituida por 51,193 partos de 17,890 vacas que parieron entre los años 1981 y 2000 en 48 hatos, con un total de 446 padres y 9,435 madres. El pedigrí incluyó 23,903 individuos.

Los rasgos estudiados fueron intervalo a la primera inseminación (IPI), días abiertos (DA), servicios por gestación (SG), intervalo entre partos (IP) y peso al destete (PD) de las crías a los siete meses de edad.

Como consecuencia de un análisis previo<sup>(6)</sup> se identificó al año, el hato y la época de parto como los factores ambientales más importantes. En el caso particular donde se analizó la muestra completa, se tuvo en cuenta también el número del parto de la vaca.

*Procedimiento estadístico*

Se aplicaron diferentes modelos estadísticos para la estimación de los componentes de (co)varianza de los caracteres estudiados:

El Modelo 1 se utilizó para estimar los componentes de varianza y la heredabilidad ( $h^2$ ) de los DA para cada parto. Este modelo animal univariado incluyó el efecto genético aditivo y el error como efectos aleatorios, y la combinación año-hato-época de parto como efecto fijo (2,070 combinaciones con al menos cinco registros cada una). En notación matricial el Modelo 1 puede ser escrito de la siguiente forma:

are under production control. Reproduction is carried out by means of AI all year long observing natural estrus.

Data were edited and calving intervals less than 300 or more than 700 d were discarded, as well as herds with less than 50 females with recorded calvings. Only data pertaining to the first five calvings were included. After edition, the final sample included 51,193 calvings from 17,890 cows between 1981 and 2000 in 48 herds, with a total of 446 fathers and 9,435 mothers. The pedigree file included 23,903 individuals.

Traits studied included interval to first insemination (IFI), days open (DO), services per gestation (SG), calving interval (IP) and weaning weight (WW) at seven months of age.

As a consequence of a previous study<sup>(6)</sup>, year of birth, herd and time of year of birth was recorded as the more important environment factors. In those cases where the complete sample was analyzed, which birth was, was taken into account.

*Statistical procedure*

Different statistical models were applied for estimating (co)variance components of the studied traits:

Model 1 was used for estimating DO variance and heritability ( $h^2$ ) in each birth. This univariate model included additive genetic effect and error as aleatory elements and the combination birth season-herd-year as fixed effect (2,070 combinations with at least 5 records each). In matrix notation, Model 1 can be expressed as follows:

$$y = Xb + Za + e$$

Where:  $y$  is an observation vector (DO in five births),  $b$  is a fixed group effects vector of contemporary year-herd-season,  $a$  is an additive genetic effects vector and,  $X$  and  $Z$  are incidence matrices which link data to fixed and aleatory effects, respectively.

It can be assumed that:

$$y = Xb + Za + e$$

Donde  $y$  es un vector de observaciones (DA en uno de los cinco partos),  $b$  es un vector de efectos fijos de grupo de contemporáneas año-hato-estación,  $a$  es un vector de efectos genéticos aditivos del animal,  $X$  y  $Z$  son matrices de incidencia que relacionan los datos a los efectos fijos y aleatorios, respectivamente.

Se asume que:

$$\text{Var} \begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & 0 \\ 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

Donde  $A$  es la matriz de relaciones genéticas aditivas,  $I$  es la matriz identidad,  $\sigma_a^2$  es la varianza aditiva y  $\sigma_e^2$  es la varianza residual.

El Modelo 2 fue un modelo de repetibilidad que se aplicó a la muestra completa y se consideró que la correlación genética entre los DA de los diferentes partos era la unidad. Los efectos aleatorios fueron el genético aditivo, el del ambiente permanente y el del error. Los efectos fijos fueron los del Modelo 1, pero adicionando el efecto del número del parto. En notación matricial el Modelo 2 puede expresarse de la manera siguiente:

$$y = Xb + Za + Wpe + e$$

Donde  $y$ ,  $b$ ,  $a$ ,  $e$ ,  $X$  y  $Z$  se definen como en el Modelo 1, excepto que en  $b$  se agrega el efecto fijo de paridad,  $pe$  es un vector de efectos aleatorios del ambiente permanente y  $W$  es la matriz de incidencia que relaciona las observaciones en  $y$  con el animal en cuestión.

Se asume que:

$$\text{Var} \begin{bmatrix} a \\ pe \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & 0 & 0 \\ 0 & I\sigma_{pe}^2 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

Donde  $\sigma_{pe}^2$  es la varianza del efecto del ambiente permanente y  $\sigma_a^2$  y  $\sigma_e^2$  se definen igual que en el Modelo 1.

$$\text{Var} \begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & 0 \\ 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

Where:  $A$  represents the additive genetic matrix,  $I$  is the identity matrix,  $\sigma_a^2$  is the additive variance and,  $\sigma_e^2$  represents the residual variance.

Model 2 was a repetition model applied to the whole sample and DO genetic correlation of different births was taken as the unit. Additive genetic, permanent environment and error were considered as aleatory effects in this model. Model 1 effects were considered as fixed effects, and parity number was added also as a fixed effect.

In matrix notation this model can be expressed as follows:

$$y = Xb + Za + Wpe + e$$

Where:  $y$ ,  $a$ ,  $e$ ,  $X$  and  $Z$  represent the same as in Model 1,  $b$  represents the same as in Model 1 but a fixed parity effect is added,  $pe$  is an aleatory effect vector of the permanent environment, and,  $W$  represents the incidence matrix which links observations in  $y$  to the animal in question.

It can be assumed that:

$$\text{Var} \begin{bmatrix} a \\ pe \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & 0 & 0 \\ 0 & I\sigma_{pe}^2 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

Where:

$\sigma_{pe}^2$  represents the variance of the permanent environment effect and and represent the same variables as in Model 1.

Model 3 is a bivariate animal model that considers DO as a different trait for each of the five births per female. The objective of this analysis was estimating genetic correlations between DO from the first to the last birth.

Model 4 is a bivariate animal model which takes into account every birth with the objective of estimating genetic correlations between DO and IFI, IP and SG.

El Modelo 3 fue un modelo animal bivariado que consideró los DA como un rasgo diferente para cada uno de los cinco partos. El objetivo de este análisis fue estimar las correlaciones genéticas entre los DA, del primero al quinto parto.

El Modelo 4 fue un modelo animal bivariado donde se consideraron todos los partos, y el objetivo fue estimar las correlaciones genéticas de DA con IPI, IP y SG.

El Modelo 5 fue un modelo animal bivariado que se utilizó para estimar las correlaciones genéticas de PD con IPI, DA, IP y SG. Esta muestra quedó conformada por 67,829 registros, donde 19,768 fueron para PD y 48,061 para los rasgos reproductivos.

La notación matricial de los Modelos 3, 4 y 5 es la siguiente:

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

Donde  $y_i$  en el Modelo 3 se refiere a los DA para las combinaciones de paridad, del primero al quinto parto,  $y_i$  en el Modelo 4 se refiere a las combinaciones de DA con IPI, IP y SG,  $y_i$  en el Modelo 5 se refiere a las combinaciones de PD con IPI, DA, IP y SG,  $b_i$  es el vector de efectos fijos de grupos contemporáneos,  $a_i$  es el vector de efectos genéticos aditivos aleatorios del animal,  $e_i$  es el vector de efectos aleatorios residuales y  $X_i$  y  $Z_i$  son las matrices de incidencia que relacionan los datos a los efectos fijos y aleatorios, respectivamente. Cabe precisar que en el Modelo 4 se incluyó también el efecto del ambiente permanente para todas las características; mientras que en el Modelo 5 se incluyeron además para PD el efecto materno, la covarianza entre efectos directos y maternos, y para todas las características el efecto del ambiente permanente. Se asume que:

$$Var = \begin{bmatrix} a_i \\ e_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_0 & \otimes A & 0 \\ 0 & R_0 & \otimes I \end{bmatrix}$$

Donde  $G_0$  es una matriz de varianzas y covarianzas genéticas aditivas,  $\otimes$  es el producto Kronecker,

Model 5 is also a bivariate animal model which was used for estimating WW genetic correlations with IPI, DO, IP and SG. This matrix included 67,829 records, 19,768 for WW and 48,061 for reproductive traits.

Matrix notation for Models 3, 4 and 5 is as follows:

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

Where:  $y_1$  in Model 3 represents DO for parity combinations from the first to the fifth birth,  $y_1$  in Model 4 represents to the different combinations between DO and IFI, IP and SG,  $y_1$  in Model 5 represents combinations between WW and IFI, DO, IP and SG,  $b$  represents the fixed effects vector of contemporary groups,  $a_1$  represents the aleatory additive genetic effects vector,  $e_1$  represents the aleatory residual additive effects vector and  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  represent incidence matrices which link data to fixed and aleatory effects, respectively.

It should be mentioned that in Model 4 effect of permanent environment was included also for all traits, while in Model 5, WW for mother effect, covariance between direct and mother effects and for all traits permanent environment effect, were included.

It can be assumed that:

$$Var = \begin{bmatrix} a_i \\ e_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_0 & \otimes A & 0 \\ 0 & R_0 & \otimes I \end{bmatrix}$$

Where:  $G_0$  represents additive genetic variance and covariance matrices,  $\otimes$  is the Kroneker product  $R_0$  represents  $A$  represents the  $I$  is the identity matrix.

All analysis were performed through the REML procedure, using the ASREML software<sup>(7)</sup>.

## DISCUSSION AND RESULTS

Averages and Standard Deviations for IFI, DO, IP and SG in the first five deliveries of a female are shown in Table 1. IFI, DO and IP decrease from



Cuadro 1. Medias y desviaciones estándar para los días abiertos (DO), intervalo parto-primera inseminación (IFI), intervalo entre partos (IP) y servicios por gestación (SG) de vacas Cebú Cubanas

Table 1. Means and standard deviations for days open (DO), interval from calving to first insemination (IFI), calving interval (IP) and services per gestation (SG) in Cuban Zebu cows

	Calving (sample size)				
	I (13,375)	II (11,940)	III (10,347)	IV (8,593)	V (6,938)
IFI	184.7 ± 80	154.7 ± 76	135.9 ± 76	126.8 ± 77	121.9 ± 75.2
DO	218.9 ± 82	188.4 ± 83	166.2 ± 84	157.8 ± 87	151.8 ± 85.3
IP	508.3 ± 83	477.8 ± 83	455.8 ± 85	447.2 ± 87	441.2 ± 85.4
SG	1.68 ± 0.97	1.71 ± 1	1.69 ± 1	1.73 ± 1	1.73 ± 1

$R_0$  es la matriz de varianzas y covarianzas residuales,  $A$  es la matriz de relaciones genéticas aditivas e  $I$  es la matriz identidad.

Los análisis se llevaron a cabo mediante el procedimiento REML, utilizando el programa ASREML<sup>(7)</sup>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las medias y desviaciones estándar del IPI, DA, IP y SG en los primeros cinco partos se presentan en el Cuadro 1. A medida que el número de parto aumenta, el IPI, DA y IP decrecen desde el primero al quinto parto en 62.8, 67.1 y 67.1 días, respectivamente. Un descenso similar de los DA y del IP se encontró en bovinos Asturiano de los Valles<sup>(2)</sup>. En el presente trabajo, los SG se mantuvieron constantes en alrededor de 1.7 para todos los partos. Como consecuencia, el intervalo en días entre la primera inseminación y la gestación presentó poca variación (34.2 días para el primero y 29.9 días para el quinto parto). Se aprecia que, aunque el IPI es prolongado, sobre todo en las hembras de primer parto, el tiempo promedio que tardan las vacas para preñarse a partir de la primera inseminación posparto es de 34.2 días. Lo anterior, aunado a los SG relativamente reducidos, revela que la fertilidad durante el periodo de servicios es aceptable, ya que los SG reflejan parte de la variación en la fertilidad de la hembra<sup>(8)</sup>.

En el Cuadro 2 se presentan los componentes de varianza y la  $h^2$  para los DA del primero al quinto

the first to the fifth calving, 62.8, 67.1 and 67.1 d, respectively. A similar decrease for DO and IP was found for the Asturiano del Valle breed<sup>(2)</sup>. In the present study, SG values remained constant around 1.7 for all births. In consequence, the time lapse between first insemination and gestation showed little variation (34.2 d for the first and 29.9 for the fifth). It can be seen that although IFI is long, especially in first birth females, the average time lapse between pregnancy and first insemination after delivery is 34.2 d.

This, together to relatively low SGs, shows an acceptable fertility rate during the service period, as SGs reflect part of the variation in female fertility<sup>(8)</sup>.

Variance components and  $h^2$  for DO from the first to the fifth delivery are shown in Table 2. An univariate analysis was used for each of the five deliveries. No important variation was observed in DO in the different deliveries.  $h^2$  fluctuated between 0.06 and 0.08. These values close to 0 indicate a low genetic variability<sup>(9)</sup>.

There is an abundance of literature related to variance components estimation in reproductive traits focused mainly to milk bovines<sup>(10,11)</sup> and most of these state that an  $h^2$  for these traits is equal or less than 0.05. In this sense, literature related to beef bovines is relatively scant. Other authors obtained  $h^2$  values of more than 0.12 for the Asturiana de los Valles breed<sup>(2)</sup>. Lower  $h^2$  values (0.05) were found for the Japanese Black breed<sup>(12)</sup>.

parto, en donde se utilizó un análisis univariado para cada uno de los cinco partos. Se observa que no hubo una variación importante de los DA en los diferentes partos. La  $h^2$  tomó valores que fluctuaron entre 0.06 y 0.08. Estas estimaciones cercanas a cero indican una variabilidad genética escasa<sup>(9)</sup>.

Existe mucha literatura relacionada con la estimación de componentes de varianza en caracteres reproductivos enfocada fundamentalmente a bovinos lecheros<sup>(10,11)</sup> y la gran mayoría coincide en que la  $h^2$  para los caracteres reproductivos es igual o menor a 0.05. En este sentido, la literatura en bovinos para carne es más escasa. Otros investigadores obtuvieron valores de  $h^2$  para DA superiores a 0.12 en la raza Asturiana de los Valles<sup>(2)</sup>. Valores de  $h^2$  más bajos (0.05) han sido encontrados en bovinos Japonés Negro<sup>(12)</sup>.

Las correlaciones genéticas ( $r_g$ ) y ambientales ( $r_e$ ) entre los DA en diferente número de partos se presentan en el Cuadro 3. Se observa que las  $r_g$  entre los DA de los tres primeros partos casi alcanzan la unidad, lo que hace suponer que los DA en los tres primeros partos están regulados por los mismos genes, pero no ocurre igual para los partos restantes. En la raza de bovinos para carne Asturiana de los Valles encontraron una correlación genética de 1.0 entre DA de novillas y vacas adultas, sugiriendo que los DA fueron genéticamente el mismo rasgo, independientemente del número del parto<sup>(2)</sup>.

Los valores de las correlaciones residuales que se muestran en el Cuadro 3 indican la ausencia de correlación ambiental entre DA de los diferentes partos.

En el Cuadro 4 se presentan la  $h^2$ , el efecto del ambiente permanente y las correlaciones residuales y genéticas entre DA y el resto de los rasgos reproductivos estudiados, estimados mediante un modelo animal bivariado.

La  $h^2$  para todos los rasgos tomó valores alrededor de 0.10, excepto cuando los SG se incluyeron en el modelo. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que el procedimiento BLUP no es adecuado para el análisis de los SG por tratarse de un rasgo

Genetic ( $r_g$ ) and environmental correlations ( $r_e$ ) between DO in different deliveries are shown in Table 3. For the first three deliveries,  $r_g$  values almost reach the unit, which makes us suppose that DO for the first three deliveries are regulated by the same genes, but not so for the following. In the Asturiana de los Valles beef breed, an  $r_g$  of 1.0 was found between heifers' and adult cows' DO, suggesting that DO are genetically the same trait, independent of which delivery<sup>(2)</sup>.

Cuadro 2. Componentes de varianza aditiva ( $\sigma_a^2$ ), ambiental ( $\sigma_e^2$ ), fenotípica ( $\sigma_p^2$ ) y heredabilidad ( $h^2$ ) para los días abiertos en diferentes partos de vacas Cebú Cubanas

Table 2. Additive ( $\sigma_a^2$ ), environmental ( $\sigma_e^2$ ) and phenotypic ( $\sigma_p^2$ ) variance components and heritability ( $h^2$ ) for days open in different parities in Cuban Zebu cows

	Calving				
	I	II	III	IV	V
$\sigma_a^2$	336.9	390.7	389.8	333.2	348.7
$\sigma_e^2$	4324.8	4155.5	4412.9	4797.9	4517.1
$\sigma_p^2$	4661.7	4546.2	4802.7	5131.1	4865.8
$h^2$	0.07	0.08	0.06	0.06	0.07

Cuadro 3. Correlaciones genéticas (encima de la diagonal) y ambientales (debajo de la diagonal) entre días abiertos de los diferentes partos de vacas Cebú Cubanas

Table 3. Genetic (over the diagonal) and environmental correlations (below the diagonal) between days open in different calvings of Cuban Zebu cows

	Calving				
	I	II	III	IV	V
I		0.99	0.99	0.53	0.54
II	-0.01		0.99	0.69	0.61
III	-0.00	0.04		0.92	0.90
IV	-0.08	0.08	0.15		0.45
V	0.04	0.09	0.08	0.19	

que no presenta una distribución normal<sup>(13)</sup> y un modelo lineal estándar asume que la variable de respuesta SG sigue una distribución normal<sup>(14)</sup>.

De manera general, la estimación de  $h^2$  para DA mediante análisis bivariado resultó similar al valor obtenido con el método univariado. De acuerdo con otro estudio<sup>(15)</sup>, en estas circunstancias es razonable recomendar el análisis univariado para la estimación de componentes de varianza y  $h^2$ . En otro trabajo señalan variaciones en los parámetros genéticos entre modelos con una, o más de una variable<sup>(16)</sup>.

Índices de herencia iguales<sup>(17)</sup> o inferiores<sup>(18,19)</sup> al estimado en el presente estudio para el IP fueron reportados en bovinos Nelore. Estimadores de la  $h^2$  para IP más bajos aún (0.01) fueron publicados en bovinos Tabapua<sup>(9)</sup>. En el ganado Cebú de Cuba se han reportado valores de 0.07 y 0.03 para IP y SG, respectivamente<sup>(20)</sup>.

En general, los valores estimados de  $h^2$  son bajos para todos los rasgos reproductivos estudiados, lo cual indica que se trata de variables poco influenciadas por genes de acciones aditivas y muy influenciadas por el medio ambiente y por genes de acción no aditiva<sup>(19)</sup>. Aunque los efectos genéticos no aditivos no se transmiten directamente de los padres a la progenie, estos son importantes para rasgos que tienen un índice de herencia bajo<sup>(21)</sup> y si son ignorados en los modelos de evaluación genética, podrían resultar estimaciones sesgadas de los efectos genéticos aditivos<sup>(22)</sup>.

Los efectos del ambiente permanente en el presente estudio no resultaron importantes para los rasgos analizados. En otro estudio se observó que este efecto representó un 10 % de la variabilidad total para DA<sup>(2)</sup>.

Las correlaciones residuales tomaron valores entre 0.42 y 0.99, obteniendo el mayor valor para DA-IP. Las correlaciones genéticas alcanzaron valores casi de la unidad entre DA con IPI y el IP, no así con SG. De acuerdo con estos resultados, los DA y el IP son regulados por los mismos genes, de ahí la ventaja de los DA sobre IP en los programas de selección, ya que se mide más tempranamente en la vida del animal.

Residual correlation values shown in Table 3 indicate an absence of environment correlation between DO for different deliveries.

In Table 4,  $h^2$  values, permanent environment effect and residual and genetic correlations between DO and the remaining reproductive traits being studied are shown, estimated through a bivariate animal model.

In general,  $h^2$  estimates for DO through bivariate analysis were similar to those obtained by means of univariate methods. In accordance with another study<sup>(15)</sup>, in these circumstances it should be reasonable to recommend univariate analysis to estimate variance components and  $h^2$ . In another study, the authors point out variations in genetic parameters between models with one or more variables<sup>(16)</sup>.

Heredity indices equal to<sup>(17)</sup> or less than<sup>(18,19)</sup> those estimated in the present study for IP were reported for Nelore bovines. Still lower  $h^2$  estimates for IP (0.01) were reported in Tabapua bovines<sup>(16)</sup>. In Zebu cattle in Cuba values of 0.07 and 0.03 were reported for IP and SG, respectively<sup>(20)</sup>.

Cuadro 4. Heredabilidades ( $h^2$ ), efectos del ambiente permanente ( $c^2$ ) y correlaciones residuales ( $r_e$ ) y genéticas ( $r_g$ ) de días abiertos (DO) con intervalo parto-primer inseminación (IFI), intervalo entre partos (IP) y servicios por gestación (SG) en vacas Cebú Cubanas

Table 4. Heritability ( $h^2$ ), permanent environmental effects ( $c^2$ ), residual correlations ( $r_e$ ) and genetic correlations ( $r_g$ ) between days open (DO) and calving to first insemination interval (IFI), calving interval (IP) and services per gestation (SG) in Cuban Zebu cows

	$h^2_{DO}$	$h^2_{OTHER}$	$c^2_{DO}$	$c^2_{OTHER}$	$r_e$	$r_g$
DO - IFI	0.10	0.09	0	0.01	0.74	0.98
DO - IP	0.09	0.10	0	0	0.99	0.99
DO - SG	0.06	0.01	0.03	0.02	0.42	0.39

Other = the second reproductive variable included in the bivariate animal model (DO, IFI, IP or SG, in accordance with columns).



Cuadro 5. Componentes de varianza aditiva ( $\sigma_a^2$ ), covarianza aditiva ( $\sigma_a$ ) y correlaciones genéticas ( $r_g$ ) de peso al destete (PD) con días abiertos (DA), intervalo parto-primera inseminación (IPI), intervalo entre partos (IP), y los servicios por gestación (SG) en vacas Cebú Cubanas

Table 5. Additive variance ( $\sigma_a^2$ ) components, additive covariance ( $\sigma_a$ ) and genetic correlations ( $r_g$ ) between weaning weight (WW) and days open (DO), calving to first insemination interval (IFI), calving interval (IF), and services per gestation (SG) in Cuban Zebu cows

	$\sigma_a^2 WW$	$\sigma_a$ (WW,Other)	(Other)	$r_g$ (WW,Other)
WW-DO	100.5	13.0	656.7	0.05
WW-IFI	100.9	9.1	431.4	0.04
WW-IP	100.5	13.9	660.2	0.05
WW-SG	99.2	0.15	0.04	0.07

Other = the second reproductive variable included in the bivariate animal model (DO, IFI, IP or SG, in accordance with columns).

Las correlaciones genéticas entre el PD y los caracteres reproductivos variaron entre 0.04 y 0.07 (Cuadro 5), lo cual indica que desde el punto de vista práctico, la selección para PD no determinaría una respuesta indeseable en los caracteres reproductivos y viceversa.

Estos resultados son congruentes con los reportados por distintos autores<sup>(23)</sup>; sin embargo, otros han obteniendo una correlación genética de -0.16 entre las características de crecimiento y la eficiencia reproductiva del ganado Nelore de Brasil<sup>(4)</sup>.

### CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

La heredabilidad estimada para días abiertos en los primeros cinco partos en bovinos Cebú Cubano fue baja y similar a la encontrada en otras razas de bovinos lecheros y para carne. Las correlaciones genéticas entre los días abiertos de los primeros tres partos fueron cercanas a la unidad, indicando que los días abiertos son regulados prácticamente por los mismos genes, no así para los partos restantes. La correlación genética de días abiertos con intervalo parto primera inseminación o con intervalo entre partos fue cercana a la unidad, indicando la ventaja de los días abiertos en los programas de selección, ya que se mide antes que el intervalo entre partos. Las correlaciones genéticas de peso al destete con los rasgos

In general, estimated values for  $h^2$  are low for all reproductive traits analyzed, which indicated that these variable are very little influenced by additive genes and very influenced by the environment and also by non-additive genes<sup>(19)</sup>. Although non-additive genetic effects are not transmitted directly from fathers to sons, these are of importance for low heritability traits<sup>(21)</sup> and if not taken into account in genetic assessment models, results biased to additive genetic effects could be estimated<sup>(22)</sup>.

Permanent environment effects on traits analyzed in the present study were practically unimportant. In another study<sup>(2)</sup>, this effect accounted for 10 % total variability for DO.

Residual correlations went from 0.42 to 0.99, obtaining the higher value for DO-IP. Genetic correlations reached values almost equal to the unit between DO and IFI and IP, but not with SG. In accordance with these results, DO and IP are regulated by the same genes, showing the advantage of using DO in selection programs, as it can be obtained earlier.

Genetic correlations between WW and reproductive traits varied between 0.04 and 0.07 (Table 5), which shows that from a practical standpoint, selection for WW would not determine a non desirable response in reproductive traits and vice versa.

reproductivos fueron cercanas a cero, lo cual implica que la selección que se practica en bovinos para carne para peso al destete no compromete el progreso genético de las características reproductivas en estudio y viceversa.

## LITERATURA CITADA

1. Philipsson J. Genetic aspects of female fertility in dairy cattle. *Livest Prod Sci* 1981;8(4):307-319.
2. Goyache F, Gutiérrez JP, Fernández I, Royo LJ, Álvarez I. Genetic analysis of days open in beef cattle. *Livest Prod Sci* 2005;93(3):283-289.
3. Jansen J, Van Der Werf J, De Boer W. Genetic relationships between fertility traits for dairy cows in different parities. *Livest Prod Sci* 1987;17(4):337-349.
4. Mercadante MEZ. Estudo das relações genético-quantitativas entre características de reprodução, crescimento e produção em fêmeas da raça Nelore [Dissertação Mestrado]. Ribeirão Preto, SP: Universidade de São Paulo; 1995.
5. IMRC. Instituto Meteorológico de la República de Cuba [en línea]. <http://www.met.inf.cu/asp/genesis.asp?TB0= PLANTILLAS&TB1=INICIAL>. Consultado 4 de octubre de 2006.
6. Santana Y. Factores genéticos y no genéticos que afectan los caracteres reproductivos en la hembra Cebú [tesis maestría]. La Habana, CU: Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal; 2004.
7. Gilmour AR, Thompson R, Cullis BR, Welham SJ. *ASREML Reference Manual*. Australia: NSW Agriculture. 2000.
8. González-Recio O, Pérez-Cabal MA, Alenda R. Economic value of female fertility and its relationship with profit in Spanish Dairy Cattle. *J Dairy Sci* 2004;87(9):3053-3061.
9. Pereira JCC, Ribeiro SHA, Silva MA, Bergmann JAG, Costa MD. Análise genética de características ponderais e reprodutivas de fêmeas bovinas Tabapuã. *Arq Braz Med Vet Zootec* 2005;57(2):231-236.
10. Oseni S, Tsuruta S, Misztal I, Rekaya R. Genetic parameters for days open and pregnancy rates in US Holsteins using different editing criteria. *J Dairy Sci* 2004;87(12):4327-4333.
11. Chang YM, Andersen-Ranberg IM, Heringstad B, Gianola D, Klemetsdal G. Bivariate analysis of number of services to conception and days open in Norwegian red using a censored threshold-linear model. *J Dairy Sci* 2006;89(2):772-778.
12. Oyama K, Katsuta T, Anada K, Mukai F. Genetic parameters for reproductive performance of breeding cows and carcass traits of fattening animals in Japanese Black (Wagyu) cattle. *Anim Sci* 2004;78(2):195-201.
13. Schaeffer LR. Application of random regression models in animal breeding. *Livest Prod Sci* 2004;86(1-3):35-45.
14. Hoeschele I, Gianola D, Foulley JL. Estimation of variance components with quasi-continuous data using Bayesian methods. *J Anim Breed Genet* 1987;104(5):334-349.
15. Dias DSO. Análise genética de características de crescimento e de reprodução de animais da raça Nelore criados na região Centro-Oeste do Brasil [Tese Doutorado]. Jaboticabal, Sao Paulo, BR: Universidade Estadual Paulista; 2001.

These results concur with those reported by other authors<sup>(23)</sup>. However, other researchers obtained a  $-0.16 r_g$  between growth and reproductive efficiency traits in Nelore cattle in Brazil<sup>(4)</sup>.

## CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Estimated heritability for DO in the first five deliveries in Cuban Zebu cattle was low and similar to values found in other milk and beef breeds. Genetic correlations between days open in the first three deliveries were close to the unit, pointing out that days open are regulated practically by the same genes, and not so in the following deliveries. Genetic correlation between days open and calving interval or interval to first insemination was close to the unit, indicating an advantage for days open in selection programs, because it is obtained earlier. Genetic correlations between weaning weight and reproductive traits were close to zero, implying that selection carried out in beef breeds for weaning weight does not compromise genetic progress of the reproductive traits analyzed in this study and vice versa.

*End of english version*

- 
16. Johnston DJ, Bunter KL. Days to calving in Angus cattle: genetics and environmental effects and covariances with other traits. *Livest Prod Sci* 1996;45(1):13-22.
  17. Gressler SL, Garcia JA, Silva C, Maldini V, Campos JC, de Menezes MG. Estudo das associações genéticas entre perímetro escrotal e características reprodutivas de fêmeas Nelore. *R Bras Zootec* 2000;29(2):427-437.
  18. Simioni VM. Estudo genético-quantitativo de algumas características reprodutivas na raça Nelore [Tese Doutorado]. Jaboticabal, SP: Universidade Estadual Paulista; 2002.
  19. Gressler MGM, Pereira JCC, Bergmann JAG, Andrade VJ, Paulino MF, Gressler SL. Aspectos genéticos do peso à desmama e de algumas características reprodutivas de fêmeas Nelore. *Arq Braz Med Vet Zootec* 2005;57(4):533-538.
  20. Menéndez A. Variabilidad genética del comportamiento reproductivo del vacuno. *Rev Cubana Reprod Anim* 1989;19(1):1-60.
  21. Falconer DS. *Quantitative genetics*, 3rd ed. England: Longman Scientific & Technical; 1989.
  22. Palucci V, Schaeffer LR, Miglior F, Osborne V. Non-additive genetic effects for fertility traits in Canadian Holstein cattle. *Genet Sel Evol* 2007;39(2):181-193.
  23. Smith BA, Brinks JS, Richardson GV. Estimation of genetic parameters among reproductive and growth traits in yearling heifers. *J Anim Sci* 1989;67(11):2881-2885.