

# COMPARACIÓN DE MODELOS PARA ESTIMAR PARÁMETROS GENÉTICOS DE CRECIMIENTO EN GANADO MESTIZO DOBLE PROPÓSITO.

## Comparison of Models to Estimate Genetic Parameters of Growth Traits in Dual Purpose Crossbred Cattle.

Rafael Román Bravo<sup>1</sup>, José Aranguren-Méndez<sup>1\*</sup>, Yenen Villasmil Ontiveros<sup>1</sup>,  
Luis Fabián Yáñez Cuéllar<sup>1</sup> y Eleazar Soto Beloso<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidad del Zulia. Facultad de Ciencias Veterinarias. <sup>2</sup> Fundación GANADOBLE.

E-mail: atilioaranguren@icnet.com.ve

### RESUMEN

Los componentes de (co)varianza y parámetros genéticos para las características de crecimiento fueron estimados en dos rebaños afiliados a la fundación para la ganadería de doble propósito (GANADOBLE), ubicados en dos ambientes tropicales del estado Zulia, Venezuela. Los análisis fueron realizados bajo la metodología de los modelos mixtos, implementado por un modelo animal utilizando máxima verosimilitud restringida (REML), bajo el enfoque libre de derivadas, usando el paquete MTDFREML. Cuatro modelos mixtos fueron propuestos bajo un enfoque univariado aplicados sobre las características del peso al nacer (PN) y los pesos ajustados a 244 (P244); 365, (P365) y 548, (P548) días de edad, respectivamente. Se utilizaron 11587; 4412; 5774 y 3720 registros, correspondientes a PN, P244, P365 y P548, respectivamente. Los modelos difirieron para cada característica solamente en la parte aleatoria de los mismos: el modelo I incluyó solamente el efecto aditivo directo del animal; en el modelo II se incorporó además el efecto aditivo materno, el cual se asumió independiente del aditivo directo; en el modelo III, se admitió una covarianza entre los efectos genéticos aditivos directo y materno, de carácter proporcional a la matriz de relación y el modelo IV fue similar al III, pero se incluyó además el efecto ambiental permanente. Los efectos fijos incluidos en el modelo fueron: sexo del animal, grupo racial predominante, rebaño-año-época de nacimiento y el número de partos de la madre, el último solo para PN, P244 y P365. La prueba de la razón de verosimilitud (PRV) fue utilizada como criterio para la escogencia del modelo y fue realizada con el logaritmo de la función de verosimilitud de los modelos II vs. I, III

vs. II y IV vs. III con la finalidad de encontrar la significancia estadística de: el efecto aditivo materno, la covarianza entre los efectos genéticos aditivos directo y el efecto ambiental permanente con el materno, respectivamente. Los resultados obtenidos demostraron la necesidad de incorporar en las evaluaciones del PN, P244 y P365 los efectos genéticos aditivos directo y materno ( $P < 0,01$ ), aunque este último no fue importante para el P548. La covarianza entre los efectos aditivos solo fue detectada en P365, originando una correlación de  $-0,63 \pm 0,15$  entre ellos, la cual pareciera originarse por la estructura de los datos y no por un antagonismo genético real entre estos efectos. Los otros parámetros genéticos obtenidos para PN, P244, P365 fueron: heredabilidad:  $0,23 \pm 0,04$ ;  $0,17 \pm 0,05$  y  $0,23 \pm 0,06$ ; heredabilidad materna  $0,07 \pm 0,02$ ;  $0,10 \pm 0,03$  y  $0,24 \pm 0,06$ , respectivamente. Siendo los mismos comparables a la mayoría de los reportados bajo condiciones tropicales. En ninguna de las características evaluadas fue importante el efecto materno permanente ( $P > 0,05$ ). Por otro lado, la heredabilidad para P548 fue  $0,34 \pm 0,05$ . Se concluye que en esta población, la influencia materna durante el crecimiento predestete de las crías, tiene un efecto residual sobre el crecimiento postdestete hasta los 365 días de edad.

**Palabras clave:** Modelo animal, comparación de modelos, parámetros genéticos, crecimiento, bovinos doble propósito.

### ABSTRACT

(Co)variance components and genetic parameters for growth traits were estimated in two dual purpose herds affiliated to the GANADOBLE foundation. The herds are located in two tropical environments in Zulia State, Venezuela. Animals were from a

crisscrossing program between the Holstein and Brahman breeds mainly. Method of analysis was by Mixed Models, implemented under restricted Maximum Likelihood (REML) on an animal model, by using the derivative free algorithm and the MTDFREML package. Four models were proposed for the analyses under univariate mode and applied to the traits birth weight (PN), and adjusted weights at 244, 365 and 558 days of age (P244), (P365) y (P548) respectively. A total of 11587, 4412, 5774 y 3720 records were used for PN, P244, P365 and P548 respectively. Models differed for each trait only in the random part, as well as, in the assumptions made on them: model I was a simple animal model including the direct additive genetic effect; model II included the maternal additive effect as well, which was assumed to be independent of the first; in model III was admitted a covariance between the additive genetic effects proportional to the numerator relationship matrix; model IV was similar to model III but included the permanent maternal effect. The fixed part of the model included the effects: sex of animal, breed predominance, herd-year-season of birth and parity number of the dam, the later only for PN, P244 and P365. The likelihood ratio test (PRV) was performed based on the logarithm of the likelihood function from results of models II vs. I, III vs. II and IV vs. III in order to assess the significance of the additive maternal, the covariance between the additive effects and the maternal permanent effect. The PRV showed the necessity of incorporating the additive maternal along with the direct additive genetic effects on the prediction of the breeding values for PN, P244 and P365 ( $P < 0.01$ ). The covariance between the additive genetic effects was only detected on P365, originating a  $-0.63 \pm 0.15$  correlation between them. Genetic parameter estimates for PN, P244 and P365 were, direct heritability:  $0.23 \pm 0.04$ ;  $0.17 \pm 0.05$  y  $0.23 \pm 0.06$ , maternal heritability:  $0.07 \pm 0.02$ ;  $0.10 \pm 0.03$  and  $0.24 \pm 0.06$ . These estimations are comparable to most of the reported under tropical environments. None of the traits showed a permanent effect ( $P > 0.05$ ). For P548 estimated of direct heritability was  $0.34 \pm 0.05$ . It can be concluded that the additive maternal effect remains until the year of age affecting the growth of this the population and should be included in the predictions of the breeding values.

**Key words:** Animal model, model comparison, genetic parameters, growth, dual purpose, cattle.

## INTRODUCCIÓN

En la región occidental de Venezuela, específicamente en la cuenca del lago de Maracaibo se ha venido desarrollando una ganadería de doble propósito soportada principalmente en el cruzamiento entre razas, originando lo que se conoce como ganado "mosaico perijanero". Este ha sido el resultado de programas de cruzamiento principalmente del tipo alterno entre el *Bos taurus* y *Bos indicus*, obedeciendo a estrategias de criadores y agro-técnicos con la finalidad de obtener

un animal adaptable a las condiciones ambientales particulares del trópico, y que a la larga ha permitido la estabilidad de estos sistemas doble propósito, a pesar de las inconsistentes y muchas veces erradas políticas nacionales [1, 2]. Esta ganadería es el elemento fundamental sobre la cual se sustenta en gran porcentaje, la producción de leche y carne nacional [18].

Considerables investigaciones, se han venido realizando para estudiar los componentes de varianza y parámetros genéticos en crecimiento, especialmente en poblaciones de ganado de carne, usando para ello, las más modernas metodologías, tales como el modelo animal, el cual es soportado en el método de máxima verosimilitud restringida, incorporando la matriz de parentescos entre los individuos de la población [7, 8, 11, 12, 13, 17]. Las principales conclusiones de dichos reportes, indican que en las diferentes fases del crecimiento del ganado bovino, intervienen efectos genéticos aditivos directos y maternos, además otros posibles efectos asociados, tales como el ambiental permanente [7, 8, 12].

Los efectos maternos se han asociado principalmente con la fase de crecimiento predestete, en donde el cuidado de la cría y la producción de leche juegan un papel fundamental, y en la cual esta última pareciera ser el componente más determinante, debido a las diferencias del potencial de producción encontradas entre razas [11]. Otras evidencias sugieren que estos efectos pudieran persistir en fases posteriores al año de edad de los animales, que van perdiendo importancia a medida que aumenta la edad del animal [7, 14]. Reportándose, inclusive efectos debido a las abuelas maternas, aunque en mucho menor grado [6].

Investigaciones previas, han señalado además la posible existencia de una correlación entre los efectos aditivos directos y los efectos aditivos maternos, la cual por lo general, cuando ha sido detectada, ha correspondido a valores negativos [4, 8, 11, 12, 13]. No obstante, otros estudios, señalan la obtención de valores positivos [6, 14, 16]. Meyer y col. [13] sugieren que cuando son encontradas correlaciones genéticas negativas entre estos efectos, las mismas se deben más al propio sesgo producto de la estructura de los datos analizados, que a un antagonismo genético real entre estas características. Esta afirmación es reforzada con los hallazgos en un experimento de simulación, donde se concluyó que el efecto del reporte selectivo en la correlación entre estos efectos, depende del verdadero valor de la correlación; demostrándose que en el caso de las correlaciones con valores cercanas a cero o bien de valores negativos, el reporte selectivo conduce a estimadores de la correlaciones menos positivas o más negativas, y obteniéndose el efecto opuesto en el caso de que la correlación sea positiva [10].

En Venezuela, existen reportes de estimación de parámetros genéticos de caracteres de crecimiento, pero hasta ahora sólo en poblaciones de ganado Cebú y mediante análisis de modelo padre o la regresión de un progenitor-progenie [14, 15, 16], no existiendo investigaciones con modelo mixtos

en ganado mestizo de doble propósito. Recientemente se ha estructurado una organización ganadera con el objetivo de consolidar el desarrollo de la ganadería de doble propósito, en donde participan en conjunto ganaderos innovadores e investigadores de las universidades locales en el área de la reproducción y la genética animal, dando lugar a la fundación de criadores de ganado de doble propósito (GANADOBLE), en la que se busca sentar las bases para un exitoso programa de mejoramiento animal. Lo anteriormente expuesto motivó la presente investigación que persigue como objetivo: comparar distintos modelos de evaluación genética y estimación de componentes de (co)varianza para las diferentes etapas del crecimiento del ganado de doble propósito.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Pesos al nacer (PN), a los 244 días (P244), al año (P365) y a los 18 meses de edad (P548) de animales mestizos doble propósito fueron estudiados con el objeto de estimar los componentes de (co)varianza, bajo el análisis del modelo animal, usando máxima verosimilitud restringida (REML) y el algoritmo libre de derivadas. Todos los análisis fueron realizados con el conjunto de programas Multiple Trait Derivative Free Restricted Maximum Likelihood (MTDFREML) [3].

Los registros analizados provienen de animales mestizos de doble propósito originados principalmente por el cruce entre las razas Brahman (rojo) y Holstein (rojo), obtenidos de dos fincas de la Agropecuaria Santa Ana CA, entre los años 1997 y 2004.

La evaluación se realizó a partir de la base de datos aportados por la fundación GANADOBLE, de estas dos fincas las cuales se encuentran localizadas en los municipios Machiques y Rosario de Perija del estado Zulia al oeste del país. La primera se ubica en una zona de vida bosque sub-húmedo tropical, con temperatura promedio de 28,3°C y una precipitación anual de 1953 mm/año, con un régimen bimodal y dos picos máximos de precipitación que ocurren en los meses de mayo y octubre y donde predominan potreros de pasto Alemán (*Echinochloa polystachya*). La segunda finca se localiza en una zona de vida correspondiente a bosque seco tropical, con temperatura y precipitaciones media de 28,7°C y 1447 mm/año, respectivamente y al igual que la anterior con picos máximos de precipitación en los meses de mayo y octubre, en la cual predominan potreros con pastos Guinea (*Panicum maximum*) y Humidícola (*Braquiaria humidicola*); en ambas fincas se suplementaba con alimento concentrado a razón de 300 g/animal en la época seca.

El manejo de los animales consistió principalmente en ordeño manual con apoyo del becerro, razón por la cual el efecto materno juega un rol importante hasta cercano a los 8 meses de edad o bien a los 7 meses de gestación que presenta la vaca, momento cuando ocurre el destete del becerro.

Las condiciones agroecológicas antes referidas, hace que el programa de mejoramiento genético sea diferente en cada una de las fincas; en la finca 1, está basado en un programa de cruzamientos alternos, por lo cual existen dos agrupaciones raciales principalmente, la predominante Brahman (BH) y la predominante Holstein (HB), a pesar de que existió en el pasado la participación de otras razas, en la actualidad el rebaño está estabilizado alrededor de una proporción 2/3:1/3 de cada una de las razas utilizadas, dependiendo del toro reproductor usado en la última generación. En la finca 2 el programa está basado en cruzamientos alternos, pero se usan toros mestizos.

En ambas fincas, el programa reproductivo se sustenta principalmente en la inseminación artificial (IA), no obstante, aquellos animales que no logren concebir al tercer servicio son apareados con toros en planes de monta natural controlada, especialmente con toros de la raza Brahman rojo producidos en un centro genético de la agropecuaria "Santa Ana".

Con base al régimen pluvial y la disponibilidad de forrajes para los animales durante el año, se procedió a dividir el mismo en cuatro épocas climáticas: época 1 (diciembre, enero, febrero, marzo y abril), época 2 (mayo y junio), época 3 (julio, agosto y septiembre) y época 4 (octubre y noviembre), de acuerdo a la metodología descrita por Gutiérrez y col. [9].

Los registros genealógicos y de crecimiento fueron tomados de las bases de datos llevadas con el programa ganadero comercial, realizándose la importación al sistema de análisis estadístico SAS, versión 8,2 [19], con el cual se hizo la edición y creación de archivos para el procesamiento con MTDFREML. Para los análisis, se requirió que cada animal presentara la identificación de ambos progenitores, así como el número de partos de la madre, esto último solo para PN, P244 y P365. Toda la información genealógica de los animales con registros fue incluida en el archivo de pedigrí, con la finalidad de eliminar cualquier tendencia debida a selección.

Los modelos mixtos usados incluyeron los efectos fijos del sexo del animal (macho o hembra), el grupo racial predominante (predominio *Bos taurus* o predominio *Bos indicus*), así como la agrupación rebaño-año-época de nacimiento y el número de partos de la madre, este último fue incluido en todos los análisis excepto, para P548.

Se usaron cuatro modelos genéticos, dependiendo de los términos aleatorios incluidos y los supuestos hechos sobre los mismos: el modelo I, correspondió a un modelo animal simple que solo incluyó el efecto genético aditivo del animal (**a**); el modelo II, fue similar al I, pero incluyó además el efecto genético aditivo materno (**m**), asumiendo que ambos eran efectos independientes; el modelo III fue similar al II pero en éste se admitió una correlación entre los efectos genéticos aditivos de forma proporcional a la matriz de parentescos (**A**) y finalmente el modelo IV fue similar al III, pero se incorporó el efecto ambiental permanente materno (**c**).

En notación matricial el modelo IV puede ser expresado de la siguiente manera:

$$y = X\beta + Z_1a + Z_2m + Wc + e$$

En donde **y** es el vector de observaciones, **X** es una matriz de incidencia formada por ceros y unos relacionando los elementos **y** con los efectos fijos de  $\beta$ . Por otro lado, **Z<sub>1</sub>**, **Z<sub>2</sub>** y **W**, corresponden a matrices de incidencia constituidas por ceros y unos y que relacionan los elementos del vector de observaciones con los efectos aleatorios de **a**, **m** y **c**, respectivamente y **e** corresponde al vector de efectos residuales.

Si  $E(\mathbf{a}) = E(\mathbf{m}) = E(\mathbf{c}) = 0$ , las propiedades distribucionales de los elementos de este modelo pueden ser sintetizadas así:

$$E(\mathbf{y}) = X\beta$$

$$V \begin{bmatrix} a \\ m \\ c \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_a^2 A & \sigma_{(a,m)} A & 0 & 0 \\ \sigma_{(m,a)} A & \sigma_m^2 A & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_c^2 I & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_e^2 I \end{bmatrix}$$

donde  $\sigma_a^2$ ,  $\sigma_m^2$ ,  $\sigma_{(a,m)}$ ,  $\sigma_c^2$  y  $\sigma_e^2$ , representan las varianzas genética aditiva directa, varianzas genética aditiva materna, covarianza entre los efectos aditivos directos y maternos, varianzas ambiental permanente materna y varianzas del residual (efectos ambientales temporales maternos). Por otro lado, es la matriz de relación de parentesco entre los individuos e **I** es la matriz identidad. En consecuencia, si definimos  $\mathbf{Z} = [\mathbf{Z}_1 | \mathbf{Z}_2]$ ,  $\mathbf{u}' = [\mathbf{a}' | \mathbf{m}']$ , y además si  $\mathbf{V}(\mathbf{u}) = \mathbf{G}_1$ ,  $\mathbf{V}(\mathbf{c}) = \mathbf{Q}$  y  $\mathbf{V}(\mathbf{e}) = \mathbf{R}$  tenemos que la varianzas de un registro es:  $\mathbf{V}(\mathbf{y}) = \mathbf{ZGZ}' + \mathbf{WQW}' + \mathbf{R}$ .

En todos los análisis, para la estrategia de estimación se fijó en un primer paso de estimación  $1 \times 10^{-6}$  como criterio de convergencia. El proceso de estimación se continuó fijando esta vez en un criterio de convergencia de  $1 \times 10^{-9}$  y para ga-

rantizar la obtención de un máximo global, se evaluó la diferencia en  $\text{Log}(l)$  en dos pasos sucesivos. Las iteraciones se continuaron hasta la satisfacción del criterio de convergencia para la varianzas de la función.

Una vez conocidas las dimensiones de cada problema se elaboraron archivos de entrada para cada una de las variables dependientes para finalmente procesarlos por lotes, en la ventana del sistema operativo MS-DOS.

La comparación de un modelo con el otro se realizó usando la prueba de la razón de verosimilitud (PRV), la cual determina las diferencias entre el logaritmo de la función de verosimilitud ( $\log L$ ) y compara este mediante el valor de la prueba de Ji-cuadrado. Dichas comparaciones se realizaron al comparar el valor de la función de máxima verosimilitud para un modelo más simple ( $\text{Log}(MR)$ ) y el correspondiente al de un modelo más complejo ( $\text{Log}(MC)$ ), siendo la PRV calculada por la fórmula:  $-2[\text{Log}(MR) - \text{Log}(MC)]$ , cantidad que sigue una distribución  $\chi^2(1-\alpha, v)$ , donde  $\alpha$  = el nivel de significancia y  $v$  el número de grados de libertad, dados en este caso como la diferencia entre el número de parámetros entre ambos modelos [5].

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Estructura de los datos y valores medios

La estructura de los datos se presenta en las TABLAS I y II. En la misma, se puede apreciar que el número de individuos analizados estuvo alrededor de 11587 animales al nacer y consecuentemente se fue reduciendo hasta 3720 animales a los 18 meses de edad. Así mismo, el número de individuos base, de padres y madres se fueron reduciendo desde el peso nacer hasta el P548. Los valores medio de los efectos fijos y su variación muestran claramente una ligera ventaja de los pesos de los animales machos en comparación a las hembras; no obstante el predominio racial, la finca y las épocas no mostraron mayores diferencias.

TABLA I

### CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA DE DATOS DE DOS REBAÑOS MESTIZOS DOBLE PROPÓSITO EN VENEZUELA/ CHARACTERISTICS OF DATA STRUCTURE OF TWO DUAL PURPOSE CATTLE HERDS IN VENEZUELA

		Pesos corporales			
		PN	P244	P365	P548
Número de registros	n	11587	4412	5774	3720
Número de animales	a	15073	7094	8589	5257
Animales base	a <sub>0</sub>	3486	2668	2783	1537
Número de padres	s	212	127	134	93
Número de madres	d	5477	2735	3176	1733
Peso corporal (Kg)	$\hat{\mu}_y$	31,78	129,71	180,93	267,32
	$\hat{\sigma}_y$	4,67	22,63	30,72	39,50

PN: peso al nacer; P244: peso a los 244 días; P365: peso a los 365 días; P548: peso a los 548 días.  $\hat{\mu}_y$  = estimador de la media.  $\hat{\sigma}_y$  = estimador de la varianzas.

**TABLA II**  
**NÚMEROS DE INDIVIDUOS Y PESOS PROMEDIOS DE ACUERDO A LOS EFECTOS FIJOS: SEXO DEL ANIMAL, PREDOMINIO RACIAL Y FINCA ESTUDIADA/ NUMBER OF INDIVIDUALS AND MEAN WEIGHTS ACCORDING FIXED EFFECTS: SEX OF ANIMAL, BREED PREDOMINANCE AND FARM STUDIED**

	PN		P244		P365		P548	
	n	$\hat{\mu} \pm \hat{s}$	n	$\hat{\mu} \pm \hat{s}$	n	$\hat{\mu} \pm \hat{s}$	n	$\hat{\mu} \pm \hat{s}$
<b>SEXO</b>								
Machos	5425	32,67±4,84	2230	132,69±23,79	2883	188,68±32,27	1824	283,53±38,22
Hembras	6162	30,99±4,35	2182	126,66±20,15	2891	173,21±26,96	1896	251,73±34,06
<b>PREDOMINIO</b>								
B. taurus	3154	31,74±4,54	1454	132,64±20,97	1860	183,93±29,66	1348	266,16±38,38
B. indicus	8433	31,80±4,71	2958	128,27±22,75	3914	179,51±31,11	2372	267,98±40,11
<b>FINCA</b>								
1	4270	31,99±4,93	2186	141,30±21,24	3617	191,30±29,89	3266	266,81±39,24
2	7317	31,66±4,50	2226	118,32±16,69	2157	163,55±23,36	454	270,97±41,18
<b>EPOCAS</b>								
1	4949	31,53±4,66	1657	130,47±24,87	2308	178,14±30,54	1577	269,78±40,15
2	2165	31,92±4,70	826	129,38±20,26	1134	178,51±28,00	650	273,01±37,70
3	2516	32,22±4,69	1057	126,94±19,66	1237	182,35±29,82	699	269,50±39,23
4	1957	31,67±4,56	872	131,92±21,51	1095	187,74±33,53	814	256,20±37,80
<b>PARTOS</b>								
1	5367	31,43±4,40	1460	127,48±22,91	2380	176,92±29,73	1408	265,27±41,48
2	2346	32,11±4,90	1007	128,06±20,30	1158	178,24±29,54	639	268,94±37,60
3	1411	32,65±4,65	703	129,45±21,04	680	184,69±30,09	455	268,46±37,97
4	828	32,80±4,87	411	134,01±22,64	452	188,70±31,30	360	269,97±40,83
5	483	32,25±5,06	260	137,21±22,81	329	192,12±34,09	285	267,62±41,48
6	374	31,24±4,49	191	134,77±22,57	270	188,37±29,93	222	267,91±35,42
7	282	30,83±4,56	141	134,22±24,85	206	185,65±31,64	157	263,50±34,69
8	238	30,62±4,93	122	129,35±21,91	157	181,38±34,17	117	270,45±38,05
9	161	29,91±4,85	79	128,65±23,36	92	179,78±28,90	59	271,42±35,54
10	97	30,11±4,62	38	126,99±27,04	50	180,70±31,31	18	276,42±28,53

PN: peso al nacer; P244: peso a los 244 días; P365: peso a los 365 días; P548: peso a los 548 días.  $\hat{\mu} \pm \hat{s}$  = media  $\pm$  desviación estándar.

La realización secuencial de la PRV con los resultados del logaritmo de la función de máxima verosimilitud obtenidos de la implementación de los cuatro modelos permitió evaluar la significancia estadística de los componentes de varianza. En particular, las comparaciones de los modelos II vs. I, III vs. II y IV vs. III, permiten probar si las varianzas debidas a los efectos genéticos aditivos maternos, la covarianza entre los efectos genéticos aditivos directo y materno o la varianza ambiental permanente materna, respectivamente, son o no diferentes de cero y por lo tanto significativas.

#### Peso al nacer

En la TABLA III se presentan los componentes de varianza-(co)varianza, las proporciones de cada uno de ellos relativas a la varianza fenotípica, la correlación entre los efectos genéticos

aditivos directo y materno y el valor del logaritmo en el punto de convergencia para el PN (Log (I)). Los componentes de varianza mostraron cambios notables dependiendo del modelo ajustado a los datos. La varianza genética aditiva directa se redujo en un 40,82% con la incorporación del efecto genético aditivo materno en el modelo II, en consecuencia, la varianza genética aditiva directa con el modelo II representa el 59,17% de la varianza genética aditiva directa con el modelo I, con una consecuente disminución en la heredabilidad para el carácter ( $P < 0,028$ ). En este caso, el efecto genético aditivo materno explicó el 7% de la variación total. Al admitir la correlación entre los efectos genéticos aditivos directo y materno (II vs. III), no se produjo un cambio importante en la función de verosimilitud y ocurrieron solo modificaciones muy leves en la magnitud de los componentes de varianza ( $P > 0,902$ ) no significativa.

TABLA III  
**ESTIMADORES DE LOS COMPONENTES DE VARIANZA-COVARIANZA Y LOS PARÁMETROS GENÉTICOS Y AMBIENTALES PARA EL PESO AL NACER (PN) EN UNA POBLACIÓN DE GANADO DE DOBLE PROPÓSITO EN VENEZUELA/ ESTIMATES OF VARIANCE-COVARIANCE COMPONENTS, GENETIC AND ENVIRONMENTAL PARAMETERS FOR BIRTH WEIGHT (PN) IN A DUAL PURPOSE CATTLE POPULATION IN VENEZUELA**

	Modelos			
	I	II	III	IV
$\sigma_a^2$	7,4650	4,4177	4,3469	4,6672
$\sigma_m^2$	-	1,4041	1,3503	0,6396
$\sigma_{a,m}$	-	-	0,0707	0,0506
$\sigma_c^2$	-	-	-	0,7589
$\sigma_e^2$	12,4291	13,4245	13,4646	13,1390
$\sigma_p^2$	19,8956	19,2463	19,2325	19,2552
$h^2$	0,38±0,03	0,23 ± 0,04	0,23 ± 0,04	0,24 ± 0,05
$m^2$	-	0,07 ± 0,02	0,07 ± 0,02	0,04 ± 0,02
$r_{a,m}$	-	-	0,03 ± 0,20	0,03 ± 0,24
$c^2$	-	-	-	0,04 ± 0,02
Log (l)	-22539,2326	-22524,3005	-22524,2929	-22521,8990
P	I vs. II (P<0,028)	II vs. III (P>0,902)	III vs. IV (P<0,029)	

$\sigma_a^2$  = Varianza genética aditiva;  $\sigma_m^2$  = Varianza materna;  $\sigma_{a,m}$  = Covarianza entre el efecto aditivo directo y el efecto materno;  $\sigma_c^2$  = Varianza maternal permanente y  $\sigma_e^2$  = Varianza ambiental temporal;  $\sigma_p^2$  = Varianza fenotípica;  $h^2$  = heredabilidad;  $m^2$  = heredabilidad materna;  $r_{a,m}$  = correlación aditiva-materna;  $c^2$  = proporción de la varianza ambiental permanente.

Consecuentemente, no hubo un cambio significativo en los parámetros estimados según el modelo II en comparación con el III, estando además la correlación entre los efectos genéticos aditivos directos y maternos muy cercana a cero y con un error típico más de seis veces superior al valor del estimador del parámetro. Es necesario destacar, que la comparación de los modelos III y IV reflejó un mejoramiento significativo en el ajuste del modelo con la incorporación del efecto materno permanente (P<0,029), pero este último solo refleja el 4% de la variabilidad total.

De esta manera, la evidencia sugiere con probabilidades (P<0,01), que para el PN el modelo de evaluación debería incluir el efecto genético aditivo directo junto con el aditivo materno (modelo II), ya que aparentemente existen diferencias de importancia entre madres en referencia al ambiente intrauterino que influye en el PN. La necesidad de la incorporación del efecto materno al modelo de evaluación para este carácter, fué demostrada previamente con datos de un experimento de selección en Australia [12], a pesar de que dichos resultados difieren al nuestro debido a que mostraron también significancia con la incorporación del efecto materno permanente.

#### Peso a los 244 días

Los resultados obtenidos para los componentes de varianza-(co)varianza correspondientes al P244 se presentan en la TABLA IV. En este caso, la incorporación del efecto genéti-

co aditivo materno al modelo resultó en un cambio significativo en la composición de la varianza fenotípica. La magnitud del efecto genético aditivo directo estimada con el modelo II tan solo representó el 42,56% del obtenido con el modelo I, con una reducción de la heredabilidad, mientras que, la  $m^2$  representó alrededor del 10% de la variabilidad fenotípica. La PRV al comparar los modelos III y II, sugiere que no hubo un mejoramiento en la función de verosimilitud con la incorporación de la covarianza entre los efectos maternos (P>0,844). Es de hacer notar, que el componente de covarianza fue negativo con una estimación de la correlación de -0,11. Por otra parte, los resultados obtenidos con el modelo IV revelan que el efecto ambiental permanente materno para esta característica es básicamente cero, con un comportamiento similar en los componentes de varianza a los obtenidos con el modelo III.

En el ganado vacuno de carne, tradicionalmente la evaluación del crecimiento predestete se realiza en edades cercanas a los 205 días, ajustando los pesos a esa edad fija o bien incorporando la edad como un factor de ajuste al modelo. Sin embargo, en el ganado de doble propósito, pudiera ser de interés tener una medición que permita evaluar el rendimiento por vaca tanto en leche como en carne. Guimaraes y col. [8], demostraron la necesidad de incorporar el efecto materno para el peso a 240 días, obteniendo valores de heredabilidad considerablemente superior al obtenido en este estudio, pero con un efecto materno bastante similar al del presente trabajo, aunque la magnitud de la correlación entre ambos efectos ge-

**TABLA IV**  
**ESTIMADORES DE LOS COMPONENTES DE VARIANZA-COVARIANZA Y LOS PARÁMETROS GENÉTICOS**  
**Y AMBIENTALES PARA EL PESO A LOS 244 DÍAS (P244) EN UNA POBLACIÓN DE GANADO DE DOBLE PROPÓSITO**  
**EN VENEZUELA/ ESTIMATES OF VARIANCE-COVARIANCE COMPONENTS, GENETIC AND ENVIRONMENTAL PARAMETERS**  
**FOR 244 DAYS WEIGHT (P244) IN A DUAL PURPOSE CATTLE POPULATION IN VENEZUELA**

	Modelos			
	I	II	III	IV
$\sigma_a^2$	130,4027	55,4975	55,9226	56,0664
$\sigma_m^2$	-	32,2591	36,9677	39,5082
$\sigma_{a,m}$	-	-	-4,8153	-7,4321
$\sigma_c^2$	-	-	-	0,0002
$\sigma_e^2$	206,6813	234,0387	233,8078	233,6918
$\sigma_p^2$	337,1540	321,7953	321,8828	321,8344
$h^2$	0,39 ± 0,06	0,17 ± 0,05	0,17 ± 0,06	0,17 ± 0,06
$m^2$	-	0,10 ± 0,03	0,11 ± 0,07	0,12 ± 0,12
$r_{a,m}$	-	-	-0,11 ± 0,44	-0,16 ± 0,49
$c^2$	-	-	-	0,00 ± 0,00
Log (l)	-14746,8187	-14740,8145	-14740,7951	-14740,8027
P	I vs. II (P>0,865)	II vs. III (P>0,844)	III vs. IV (P>0,798)	

$\sigma_a^2$  = Varianza genética aditiva;  $\sigma_m^2$  = Varianza materna;  $\sigma_{a,m}$  = Covarianza entre el efecto aditivo directo y el efecto materno;  $\sigma_c^2$  = Varianza maternal permanente y  $\sigma_e^2$  = Varianza ambiental temporal;  $\sigma_p^2$  = Varianza fenotípica;  $h^2$  = heredabilidad;  $m^2$  = heredabilidad materna;  $r_{a,m}$  = correlación aditiva-materna;  $c^2$  = proporción de la varianza ambiental permanente.

néticos aditivos en el presente caso fue mayor. Los resultados de la presente investigación, fueron claramente diferentes a los obtenidos en otra investigación en ganado Wokalups y animales cruzados de cebú [11], donde los investigadores realizaron una mejor estimación con la incorporación del efecto ambiental permanente materno, aunque la covarianza entre los efectos genéticos aditivos fue casi despreciable, coincidiendo esto último con el presente trabajo.

### Peso a los 365 días

Los componentes de varianza-covarianza y la magnitud de la importancia relativa de los mismos en la explicación de la variación fenotípica para el P365 son resumidos en la TABLA V. Nuevamente, se produjo una marcada reducción en la varianza genética aditiva con la incorporación del efecto aditivo materno en el modelo II, la cual solo representó en esta oportunidad un claro 42,52% del obtenido con el modelo I, (P<0,001). Para este carácter, la PRV con los resultados de los modelo II y III, señala que la covarianza entre los efectos maternos, también debe ser incorporada al modelo de evaluación (P<0,013), obteniendo en este caso un valor de esa correlación de -0,63. Así mismo, se observa un ligero incremento en la heredabilidad y la heredabilidad materna con un marcado cambio alrededor del 218,2% del obtenido con el modelo II. A pesar de que en el modelo IV, el efecto materno permanente representó 5% de la variabilidad fenotípica, el cambio en la

función de máxima verosimilitud con respecto al del modelo III no resultó ser significativo (P>0,281).

Investigaciones previas afirman la necesidad de incorporar el efecto genético aditivo materno y la covarianza, entre estos efectos en la evaluación del peso al año [7, 11, 12]. Así mismo, se ha reportado que dichos efectos pueden persistir en aún fases posteriores del crecimiento animal aunque sus efectos son de cualquier forma de menor magnitud a medida que transcurre la edad del animal en el tiempo [8].

### Peso a los 548

Los resultados correspondientes al P548 se presentan en la TABLA VI. Contrariamente a lo detectado para las otras fases del crecimiento en esta población, la PRV con los resultados de los modelos I y II, mostró claramente la ausencia del efecto genético aditivo materno para esta fase del crecimiento (P>0,686), representando este efecto tan solo un 1% de la variabilidad total. Por otro lado, al comparar los resultados de los modelos II y III, no se hallaron diferencias apreciables con la incorporación del componente de covarianza entre los efectos aditivos (P>0,231). Es importante señalar que el estimador según el modelo III del componente de covarianza fue negativo con una consecuente correlación de -0,52, cuya magnitud y dirección en todo caso reflejaría más las propiedades de la estructura de los datos que un antagonismo entre estos efectos, tal como ha sido sugerido en trabajos anteriores [10, 12].

**TABLA V**  
**ESTIMADORES DE LOS COMPONENTES DE VARIANZA-COVARIANZA Y LOS PARÁMETROS GENÉTICOS Y AMBIENTALES PARA EL PESO A LOS 365 DÍAS (P365) EN UNA POBLACIÓN DE GANADO DE DOBLE PROPÓSITO EN VENEZUELA/ ESTIMATES OF VARIANCE-COVARIANCE COMPONENTS, GENETIC AND ENVIRONMENTAL PARAMETERS FOR 365 DAYS WEIGHT (P365) IN A DUAL PURPOSE CATTLE POPULATION IN VENEZUELA**

	Modelos			
	I	II	III	IV
$\sigma_a^2$	234,6412	99,7767	136,4102	134,5553
$\sigma_m^2$	-	66,3341	146,3296	102,5667
$\sigma_{a,m}$	-	-	-88,8396	-73,9565
$\sigma_c^2$	-	-	-	31,3363
$\sigma_e^2$	390,8684	432,8313	411,3214	409,5919
$\sigma_p^2$	625,5096	598,9421	605,2216	604,0937
$h^2$	0,38 ± 0,04	0,17 ± 0,04	0,23 ± 0,06	0,22 ± 0,06
$m^2$	-	0,11 ± 0,02	0,24 ± 0,06	0,17 ± 0,08
$r_{a,m}$	-	-	-0,63 ± 0,15	-0,63 ± 0,17
$c^2$	-	-	-	0,05 ± 0,05
Log (l)	-21097,6860	-21084,0683	-21080,9494	-21080,3675
P	I vs. II (P<0,001)	II vs. III (P<0,013)	III vs. IV (P>0,281)	

$\sigma_a^2$  = Varianza genética aditiva;  $\sigma_m^2$  = Varianza materna;  $\sigma_{a,m}$  = Covarianza entre el efecto aditivo directo y el efecto materno;  $\sigma_c^2$  = Varianza maternal permanente y  $\sigma_e^2$  = Varianza ambiental temporal;  $\sigma_p^2$  = Varianza fenotípica;  $h^2$  = heredabilidad;  $m^2$  = heredabilidad materna;  $r_{a,m}$  = correlación aditiva-materna;  $c^2$  = proporción de la varianza ambiental permanente.

**TABLA VI**  
**ESTIMADORES DE LOS COMPONENTES DE VARIANZA-COVARIANZA Y LOS PARÁMETROS GENÉTICOS Y AMBIENTALES PARA EL PESO A LOS 548 DÍAS (P548) EN UNA POBLACIÓN DE GANADO DE DOBLE PROPÓSITO EN VENEZUELA/ ESTIMATES OF VARIANCE-COVARIANCE COMPONENTS, GENETIC AND ENVIRONMENTAL PARAMETERS FOR 548 DAYS WEIGHT (P548) IN A DUAL PURPOSE CATTLE POPULATION IN VENEZUELA**

	Modelos			
	I	II	III	IV
$\sigma_a^2$	351,4928	327,6112	382,3759	398,7531
$\sigma_m^2$	-	11,1356	88,8927	27,0633
$\sigma_{a,m}$	-	-	-95,6293	-88,3472
$\sigma_c^2$	-	-	-	50,8941
$\sigma_e^2$	687,1807	695,4217	667,4111	657,0294
$\sigma_p^2$	1038,6735	1034,1684	1043,0504	1045,3927
$h^2$	0,34 ± 0,05	0,32 ± 0,07	0,37 ± 0,10	0,38 ± 0,10
$m^2$	-	0,01 ± 0,03	0,09 ± 0,10	0,03 ± 0,07
$r_{a,m}$	-	-	-0,52 ± 0,22	-0,85 ± 0,82
$c^2$	-	-	-	0,05 ± 0,05
Log (l)	-14519,1002	-14519,0186	-14518,3028	-14517,6429
P	I vs. II (P>0,686)	II vs. III (P>0,231)		III vs. IV (P>0,742)

$\sigma_a^2$  = Varianza genética aditiva;  $\sigma_m^2$  = Varianza materna;  $\sigma_{a,m}$  = Covarianza entre el efecto aditivo directo y el efecto materno;  $\sigma_c^2$  = Varianza maternal permanente y  $\sigma_e^2$  = Varianza ambiental temporal;  $\sigma_p^2$  = Varianza fenotípica;  $h^2$  = heredabilidad;  $m^2$  = heredabilidad materna;  $r_{a,m}$  = correlación aditiva-materna;  $c^2$  = proporción de la varianza ambiental permanente.



De esta manera se puede indicar que bajo un enfoque univariado, en la evaluación del peso a los 548 días solo se debería tener en cuenta el efecto aditivo directo del animal el cual representa alrededor del 34% de las diferencias existentes entre animales. En consecuencia, dado el valor obtenido de heredabilidad es de esperar una cantidad apreciable de respuesta a la selección si esta se aplica sobre este carácter. La elección de este modelo coincide con los hallazgos para la raza Angus en Australia [11]. Sin embargo, otro estudio en la raza Hereford con los mismos autores reportaron que el mejor modelo debería ser similar al utilizado en este estudio como el integrado en el modelo IV. No obstante, para esa raza, el efecto genético aditivo materno sólo representó el 3% de la variabilidad fenotípica, siendo mucho más importante el ambiental permanente materno el cual explicó alrededor del 9% de la variabilidad fenotípica [13]. Posteriormente, Meyer y col. [12] demostraron que para el peso final de Hereford y Wokalup, el modelo de evaluación debería incluir, tanto los efectos genéticos aditivos directos como los maternos. Recientemente, evaluando modelos para el crecimiento de la raza Tabapua a los 550 días, encontraron un mejoramiento significativo en la función de verosimilitud con el modelo que incluía los efectos genéticos aditivos directos y maternos, la covarianza entre ellos y el ambiental permanente materno [7]. Así mismo, trabajando con la misma raza, otros autores [8] demostraron que el efecto materno persistía hasta los 420 días, aunque éste sólo representó el 5% de la variabilidad total, en análisis univariados, el cual se redujo a sólo 1% bajo un enfoque multivariado.

## CONCLUSIONES

En este estudio, donde se pretende sentar las bases para un programa de selección es indispensable la elección de un modelo de análisis, que se encuentre acorde con los datos obtenidos. En este particular y bajo un enfoque univariado, los efectos genéticos aditivos directo y los maternos, resultaron de importancia para el peso al nacimiento y en el crecimiento predestete de esta población. Estando también los efectos maternos presentes hasta el peso al año de edad, a pesar de haberse encontrado un fuerte antagonismo entre los efectos genéticos aditivos directo y materno para el peso al año de edad, pero posiblemente producto más de la estructura de los datos.

En fases mayores de crecimiento (P548), se encontró que el modelo está determinado genéticamente sólo por los efectos genéticos aditivos directos, lo cual debería ser considerado como un criterio considerable dado el potencial para selección por este carácter.

En todo caso, el ambiente materno permanente no fue importante en los modelos propuestos.

## RECOMENDACIONES

Estudiar el comportamiento de los parámetros genéticos para el crecimiento bajo un enfoque multivariado, que permitan eliminar cualquier tendencia debida a la selección.

Fomentar el fortalecimiento y consolidación de las agrupaciones raciales a objeto de estimar los componentes de varianza en los principales grupos existentes con potencial para la definición de la ganadería de doble propósito.

## AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Tecnológico de la Universidad del Zulia por el cofinanciamiento de esta investigación (CC-0243-04). A la agropecuaria Santa Ana y la fundación GANA-DOBLE, por permitir el uso de los registros. Especial agradecimiento a la Universidad de Nebraska, por haber suministrado el código fuente del programa MTFDREML.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ARANGUREN-MÉNDEZ, J. El mestizo lechero 5/8 taurino en la región zuliana. Un genotipo promisorio para el trópico. En: González-Stagnaro, C. (Ed.). **Manejo de la Ganadería Mestiza de Doble Propósito**. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo-Venezuela. Cap. IV. 75-89 pp. 1995.
- [2] ARANGUREN-MÉNDEZ, J.; YAÑEZ, L. F. Planifique los cruzamientos. En: C. González-Stagnaro y E. Soto Belloso (Eds.). **Manual de Ganadería Doble Propósito**. Ediciones Astro Data, S.A. Maracaibo-Venezuela. Cap. II. Artículo No. 8, 119-124 pp. 2005.
- [3] BOLDMAN, K.G.; KRIESE, L.A.; VAN VLECK, L.D.; VAN TASSEL, C.P.; KACHMAN, S.D. A manual for use of MTFDREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances (DRAFT). U.S. Department of Agriculture, Agriculture Research Service, Lincoln, NE, 120 pp. 1995.
- [4] COBUCCI, J.A.; OLIVEIRA, A.; GONÇALVES, T. Parâmetros genéticos de características reprodutivas em suínos híbridos-comparação de métodos usados na estimativa. In: **Memorias de lá Reunido Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, São Paulo, 17-07 (34) 314-316 pp. 1997.
- [5] DOBSON, A.J. **An introduction to generalized linear models**. Chapman and Hall, New York. 320 pp. 1990.
- [6] DODENHOFF, J.; VAN VLECK, L.D.; GREGORY, K.E. Estimation of direct, maternal and grandmaternal genetic effects for weaning weight in several breeds of beef cattle. **J. Anim. Sci.** 77:840-845. 1999.
- [7] FERRAZ, P.B.; RAMOS, A.; da SILVA, L.O.; de SOUSA, J.C.; de ALENCAR, M.M. Alternative animal models to estimate heritabilities and genetic correlations between direct and maternal effects of pre and post-weaning weights of Tabapua cattle. **Arch. Latinoam. Prod. Anim.** 12 (3): 119-125. 2004.

- [8] GUIMARAES, J.E.; LOPEZ, P.; DE ALMEIDA, R.; CAMPOS, L.; EUCLYDES, R.; DE ARAUJO, C.; SILVA, C. Maternal effects on the genetic evaluation of Tabapuã beef cattle. **Genet. Mol. Biol.** 27 (4): 517-521. 2004.
- [9] GUTIÉRREZ-AÑEZ, J.C.; PALOMARES-NAVEDA, R.; ARANGUREN-MÉNDEZ, J.A. GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, R.; PORTILLO-MARTÍNEZ, G.; SOTO-BELLOSO, E. Efecto de los días postparto, predominio racial, número de partos y época del año sobre la respuesta reproductiva de vacas mestizas en anestro tratadas con un progestágeno intravaginal más eCG y PGF<sub>2α</sub>. **Rev. Cient. FCV – LUZ.** XVI (5): 544-555. 2006.
- [10] MALLINCKRODT, C.H.; GOLDEN, B.L.; BOURDON, R.M. The effect of selective reporting on estimates of weaning weight parameters in beef cattle. **J. Anim. Sci.** 73(5): 1264-1270. 1995.
- [11] MEYER, K. Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. **Livest. Prod. Sci.** 31:179-204. 1992.
- [12] MEYER, K.; CARRICK, J.M.; DONNELLY, B.J. Genetic parameters for growth traits of Australian beef cattle from a multibreed selection experiment. **J. Anim. Sci.** 71:2614-2622. 1993.
- [13] MEYER, K.; CARRICK, J.M.; DONNELLY, B.J. Genetic parameters for milk production of Australian beef cows and weaning weight of their calves. **J. Anim. Sci.** 72:1155-1165. 1994.
- [14] PLASSE, D.; VERDE, O.; ARANGO, J.; CAMARIPANO, L.; FOSSI, H.; ROMERO, R.; RODRÍGUEZ, C.; RUMBOS, J. (Co)variance components, genetic parameters and annual trends for calf weights in a Brahman herd kept on floodable savanna. **Gen. Mol. Res.** 1(4):282-297. 2002a.
- [15] PLASSE, D.; VERDE, O.; FOSSI, H.; ROMERO, R.; HOOGESTEIN, R.; BASTIDAS, P.; BASTARDO, J. (Co)variance components, genetic parameters and annual trends for calf weights in a pedigree Brahman herd under selection for three decades. **J. Anim. Breed. Genet.** 119(3): 141-153. 2002b.
- [16] PLASSE, D.; ARANGO, J.; FOSSI, H.; CAMARIPANO, L.; LLAMOZAS, G.; PIERRE, A.; ROMERO, R. Genetic and non-genetic trends for calf weights in a *Bos indicus* herd upgraded Brahman. **Livest. Res. Rur. Dev.** 16(7):1-18. 2004.
- [17] RUMPH, J.M.; KOCH, R.M.; GREGORY, K.E.; CUNDIFF, L.V.; VAN VLECK, L.D. Comparison of models for estimation of genetic parameter for mature weight of Hereford cattle. **J. Anim. Sci.** 80:583-590. 2002.
- [18] SOTO-BELLOSO, E. La ganadería de doble propósito en Venezuela. **Memorias del XII Congreso Venezolano de Producción Animal.** Maracay, 22-25/11, Edo. Aragua. Venezuela: 221-229 pp. 2004.
- [19] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS). Versión 8,2. Statistics. Cary, NC. 2002.