

# ESTIMACION DE LA HETEROSIS PARA PRODUCCIÓN DE LECHE VENDIBLE, INTERVALO ENTRE PARTOS Y DURACION DE LA LACTANCIA EN GANADO CRUZADO

Camilo Montoya S.<sup>1</sup>; Juan Carlos Gil Betancur<sup>2</sup>; Diego Adolfo Gómez Montoya<sup>2</sup>

---

## RESUMEN

*En la presente investigación se revisaron 4948 datos referentes a lactancias de vacas en razas B. taurus y B. indicus, los cuales se obtuvieron entre los años 1986 y 1994 en las Ganaderías La Unión y La K, localizadas en los municipios Plato y Santa Ana en el departamento de Magdalena; San Fernando Pinillos y Magangué en el departamento de Bolívar; y Playones de Sucre y Buenavista en el departamento de Sucre.*

*Para determinar la influencia de los diferentes efectos tanto genéticos como no genéticos sobre las características a estudiar, se utilizó el programa de mínimos cuadrados de Harvey (1988). Los efectos tenidos en cuenta en los modelos para las características leche vendible, días de lactancia e intervalo entre partos fueron:*

*El grupo genético materno, la época y año de parto, número de parto, y hato. Como covariables se tuvieron en cuenta el peso al destete, la producción de leche, duración de la lactancia y el intervalo entre partos según el modelo a estudiar. De los factores no genéticos la gran mayoría dieron efecto significativo a los niveles del ( $P \leq 0.05$ ); no presentaron significancia la época para la duración de la lactancia y el grupo genético para el intervalo entre partos; y las covariables intervalo entre partos para la producción de leche y producción de leche en el modelo para el intervalo entre partos. La estimación de la heterosis se hizo una vez*

---

<sup>1</sup> Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Apartado 1779.

<sup>2</sup> Zootecnistas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Apartado 1779.

realizados los contrastes ortogonales entre los grupos genéticos para las características en las cuales el grupo racial presentó significancia en los ANAVAS.

La heterosis obtenida para la producción de leche teniendo como base el promedio de la raza Criolla y el promedio entre el Criollo y el Cebú fue respectivamente:  $\frac{1}{2}$  Taurus-  $\frac{1}{2}$  Criollo (17.95% y 22.5%);  $\frac{1}{2}$  Taurus- $\frac{1}{2}$  Cebú (9% y 14%); Trihíbrido (7.7% y 11.7%);  $\frac{1}{4}$  Taurus- $\frac{3}{4}$  Cebú (5% y 9%);  $\frac{1}{2}$  Cebú- $\frac{1}{2}$  Criollo (1.05% y 4.8%); y el  $\frac{3}{4}$  Cebú- $\frac{1}{4}$  Criollo (-7.88% y -4.46%); todas altamente significativas ( $P=0.01$ ).

Aunque para la duración de la lactancia se presentó diferencia significativa del grupo genético en el análisis de varianza, esto no ocurrió así en los contrastes ortogonales, por lo tanto no se estimó la heterosis. Para el intervalo entre partos no se halló diferencia significativa entre los grupos genéticos por lo que tampoco se estimó la heterosis. Para esta característica se encontró una influencia muy marcada de tipo administrativo que tiene que ver con la duración de la lactancia, lo cual enmascara posibles diferencias entre los grupos raciales.

**Palabras clave:** Heterosis, producción de leche vendible, días de lactancia, intervalo entre partos, ganado cruzado.

---

#### ABSTRACT

#### ESTIMATION OF THE HETEROSIS FOR MARKETABLE MILK YIELD DAYS OF LACTATION AND CALVING INTERVAL IN CROSSED CATTLE.

In this research 4948 data relating to lactation of cows in races B. taurus and B. indicus were revised, which were obtained among the years 1986 and 1994 in the Cattle raising "The Union" and The "K", located in the municipalities Plate and Santa Ana in Magdalena's department; San Fernando Pinillos and Magangué in the department of Bolívar; and Playones of Sucre and Buenavista in the department of Sucre.

To determine the influence of the different effects so much genetic as not genetic on the characteristics to study, the program of square minima of Harvey (1988) was used. The effects kept in mind in the models for the characteristic merchantable milk, days of lactation and interval among births were:

The maternal genetic group, the time and year of birth, birth number, and cattle farm. As covariants it was kept in mind the weight to the weaning, the production of milk, lactation length and the interval among births according to the model to

*study. Of the non genetic factors the great majority gave significant effect at the levels of the ( $P \leq 0.05$ ); they didn't present significant the time for the duration of the lactation and the genetic group for the interval among births; and the covariables interval among births for the production of milk and production of milk in the model for the interval among births. The estimate of the heterosis was made once the ortogonal contrasts among the genetic groups were performed for the characteristics in which the racial group presented significant effects in the ANOVA.*

*The heterosis obtained for milk production having like base the average of the native race and the average between the native and the Zebú were respectively:  $\frac{1}{2}$  Taurus -  $\frac{1}{2}$  Native (17.95% and 22.5%);  $\frac{1}{2}$  Taurus- $\frac{1}{2}$  Cebú (9% and 14%); Trihíbrido (7.7% and 11.7%);  $\frac{1}{4}$  Taurus- $\frac{3}{4}$  Cebú (5% and 9%);  $\frac{1}{2}$  Cebú- $\frac{1}{2}$  Native (1.05% and 4.8%); and the  $\frac{3}{4}$  Cebú- $\frac{1}{4}$  Native (-7.88% and -4.46%), all highly significant ones ( $P \leq 0.01$ ).*

*Although for the lactation length significant difference of the genetic group was presented in the genetic group for the ANOVA, this did not occur within the ortogonal contrasts, therefore it was not considered the heterosis. For the interval among births was not significant difference among the genetic groups thus heterosis was not considered. For this characteristic it was a very marked influence of administrative type that has to do with the duration of the lactation, that which masks possible differences among the racial groups.*

*Key words: Heterosis, merchantable milk yield, days of lactation, calving interval, crossed cattle.*

---

## INTRODUCCIÓN

En nuestro medio gran parte de la producción lechera es proveniente del ganado cruzado y debido a las creencias populares de los beneficios del vigor híbrido, se ha hecho un uso indiscriminado de los cruces *Bos taurus* por *Bos indicus* sin conocer la mejor combinación de razas de acuerdo con los recursos genéticos con que se cuenta y sin hacer una verdadera cuantificación de las

ventajas que en términos productivos ofrecen estos cruces al mejoramiento de las características de importancia económica como son la producción de leche vendible, intervalo entre partos y duración de la lactancia.

El propósito de éste trabajo fue el de calcular la heterosis para las características producción de leche vendible, intervalo entre partos y duración de la lactancia teniendo en cuenta los cruces que se han llevado

a cabo en las Ganaderías La Unión y La K, en la depresión Momposina, las cuales han trabajado ampliamente con ganado cruzado presentándose diferentes grados de sangre en la composición de los hatos; por esta razón se compararon los diferentes grupos raciales para las características mencionadas antes a través de la estimación de la heterosis.

La información fue analizada por el método de cuadrados mínimos de harvey, para lo cual se propusieron tres modelos para las diferentes características estudiadas, teniendo en cuenta para ello la inclusión de algunos efectos genéticos como es el grupo racial y el de otros efectos no genéticos como la época, el año, el número de parto y hato. Una vez conocida la significancia o no del grupo genético se hicieron los contrastes ortogonales para las características donde hubo significancia de éste en el análisis de varianza. Posteriormente se estimó la heterosis materna teniendo en cuenta como base el promedio de la raza Criolla y el promedio del Criollo y el Cebú.

Los cruzamientos incrementan la productividad a través del aumento de los niveles de producción de muchas de las características de importancia económica, debido a la

heterosis producida por el cruzamiento. Mediante un entendimiento de los principios genéticos que ocasionan el incremento de la producción de los animales cruzados y con el cálculo de la heterosis, los ganaderos serán capaces de desarrollar programas sistemáticos de cruzamiento que les permitirán capitalizar sus beneficios bajo cada sistema particular de producción.

En la revisión de literatura realizada por Syrstad (1985), en la que se analizaron datos de 22 estudios por la técnica de regresión múltiple, se obtuvieron los siguientes resultados de heterosis en la  $F_1$ : Todos los resultados estuvieron en la dirección esperada, alta producción de leche y larga duración de la lactancia, y la heterosis encontrada fue altamente significativa para la producción de leche ( $P \leq 0.01$ ) y no lo fue para la duración de la lactancia.

Resultados similares encontró Cunningham (1991), al calcular la heterosis de cruces *Bos taurus* x *Bos indicus* por medio de dos métodos diferentes: El primero como la diferencia entre la  $F_1$  y la media de los dos grupos parentales, y el segundo por medio del método de regresión múltiple teniendo en cuenta todos los grupos genéticos.

Los resultados expresados como un porcentaje de la media de los padres fueron de +28% (453 Kg) para producción de leche y poco significativo para la duración de la lactancia, aunque cuando ésta se expresó por día de intervalo entre partos, la heterosis aumentó a +37% de la media de los padres. Por el método de la regresión los resultados fueron: Producción de leche +449 Kg y para duración de la lactancia +9 días.

Hernández y Alvarado (1991), en el estudio realizado con cruces de ganado doble propósito en la costa Atlántica encontraron que todos los grupos genéticos superan al Cebú para duración de la lactancia; iguales resultados se encontraron en experimentos hechos por los mismos autores en el Nus (Antioquia) y La Libertad (Meta). Se promedió la duración de la lactancia de los  $F_1$  que fué de 244.9 días con una superioridad sobre el cebú de 29.1%. Este valor es inferior al promedio de los valores encontrados en la revisión de literatura realizada por los autores que fue de 321 días para  $F_1$ , equivalente a una ventaja sobre el cebú de un 23%.

Los mismos autores encontraron una ventaja en producción de leche de los  $F_1$  (969.2 kg) sobre el cebú (508.5 kg) de un 90.6%. Este

resultado coincide cercanamente con el resultado de Syrstad (1985), que fue 92.6%.

Los resultados encontrados por Syrstad (1985), concuerdan con los encontrados por Cunningham (1991), en un estudio hecho con información de 46 experimentos en los que la heterosis para el intervalo entre partos como porcentaje de la media de los padres fué de -6% (-28 días) y por el método de la regresión fue de -30 días.

Nagarcenkar (1982) citado por McDowell (1985) encontró una heterosis de -7.5% para intervalo entre partos, Vij y Basu (1986) encontraron que el intervalo entre partos fue menor en vacas Holstein Friesian x Sahiwal (364.44 días) y mucho mayor en vacas Sahiwal (451.78 días). Syrstad (1988) encontró una disminución de 28 días en el intervalo entre partos en las hembras  $F_1$  con respecto a la media de los padres.

McDowell (1985) anota que las variaciones estacionales y anuales climáticas en los trópicos hacen que el comportamiento de los animales cruzados varíen de año en año. Por ejemplo en India y Pakistán se encontró que el efecto año era el causante del 30-38% de la variación total de la producción de leche,

mientras que otros efectos como días secos, días abiertos, estación de parto, intervalo entre partos afectaron cada una individualmente el 5%.

Rao, Rao y Kumar (1984), en un estudio en la India con datos recolectados entre 1959-82 encontraron que las diferencias en los grupos genéticos afectaron significativamente la producción de leche, el IEP y la duración de la lactancia; el efecto del hato afectó significativamente la duración de la primera lactancia y el primer IEP; la estación de parto no tuvo un efecto significativo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales.

**Localización y descripción de la zona.** Los datos que se emplearon en este trabajo fueron obtenidos de las ganaderías La Unión y La K, localizadas en los municipios de Plato y Santa Ana pertenecientes al departamento de Magdalena; San Fernando, Pinillos (Depresión Momposina) y Magangué del departamento de Bolívar; Buenavista y Playones de Sucre en el departamento de Sucre. Dicha área se encuentra comprendida entre los 75°18'6" y 74°42'10" de longitud oeste; y los 8°49'13" y 9°30'40" de latitud norte.

El área está formada por dos zonas de vida: el bosque seco tropical (bs-T) en los municipios de Magangué (Bolívar), Santa Ana y Plato (Magdalena); la precipitación promedio es de 1172 mm al año y su temperatura promedio es de 28°C. El bosque húmedo tropical (bh-T) que abarca tierras bajas y ciénagas de la depresión Momposina y Playones de Sucre, la precipitación promedio anual es de 1688 a 1950 mm, la temperatura promedio es de 28°C.

Comprende una extensión aproximada de 13000 hectáreas, con una altura que va desde los 25 hasta los 240 m.s.n.m. Los pastos predominantes son Colosuana (*Botriocloa pertusa*), Angleton (*Dichantium aristatum*), Climacuna (*Dichantium annulatum*), Guinea (*Panicum maximum*), Pará (*Brachiaria mutica*), Alemán (*Echinochloa polystachya*), y el Pajón (*Paspalum paniculatum*).

**Descripción de los materiales.** Para el presente trabajo se contó con la información de 4948 lactancias, datos provenientes de las ganaderías La Unión y La K; dicha información fue obtenida entre los años de 1986 y 1994 directamente de las tarjetas individuales de cada vaca.

Fueron excluidas todas las lactancias que no tenían la información requerida para las tres características en estudio.

**Tabla 1.** Distribución de clases, subclases y número de observaciones para cada una de las variables consideradas en los modelos para la producción de leche vendible, intervalo entre partos y duración de la lactancia.

Clase	Subclase	Número de observaciones
Epoca de parto	Epoca de Parto 1 (Seca)	1825
	Época de Parto 2 (Lluviosa)	3123
Año de parto	Año de parto 1 (1986)	83
	Año de parto 2 (1987)	140
	Año de parto 3 (1988)	666
	Año de parto 4 (1989)	921
	Año de parto 5 (1990)	1068
	Año de parto 6 (1991)	1298
	Año de parto 7 (1992)	709
	Año de parto 8 (1993-94)	63
Número de parto	Número de parto 1	1567
	Número de parto 2	1210
	Número de parto 3	981
	Número de parto 4	615
	Número de parto 5	377
	Número de parto 6	150
	Número de parto 7-8	48
Hato	Hato 1 (Ganadería La Unión)	2802
	Hato 2 (Ganadería la K)	2146
Grupo genético materno	GGM2 (Cebú)	981
	GGM3 (Criollo)	73
	GGM4 (1/2 Taurus-1/2 Cebú)	2315
	GGM5 (3/4 Taurus-1/4 Cebú)	65
	GGM6 (1/4 Taurus-3/4 Cebú)	74
	GGM7 (1/2 Taurus-1/2 Criollo)	68
	GGM10 (1/2 Cebú- 1/2 Criollo)	912
	GGM11 (3/4 Cebú- 1/4 Criollo)	21
	GGM13 (Trihíbrido)	439
		Total



## METODOLOGÍA

La información se procesó mediante el uso del programa de mínimos cuadrados descrito por Harvey, (1988). Se corrieron modelos similares para las tres características, como variables dependientes se tuvieron: producción de leche, intervalo entre partos y duración de la lactancia; como variables independientes se tuvieron en cuenta los siguientes efectos: año de parto, mes de parto, grupo genético de la madre, hato, época, número de parto. Como covariables se emplearon el peso al destete, duración de la lactancia, producción de leche e intervalo entre partos según el modelo.

Los modelos usados fueron:

**Modelo para la producción de leche vendible por lactancia.** El modelo empleado para esta característica fue el siguiente:

$$Y_{ijklmnopq} = \mu + GGM_i + E_j + A_k + NP_l + H_m + b_1(DL_{ijklmnopq} - DL) + b_3(PD_{ijklmnopq} - PD) + b_2(IEP_{ijklmnopq} - IEP) + \epsilon_{ijklmnopq}$$

Donde:

$Y_{ijklmnopq}$  = Variable dependiente, producción de leche por lactancia de la vaca  $q$  del grupo genético  $i$ , en la época  $j$ , el año  $k$ , número de parto

$l$ , hato  $m$ , duración de la lactancia  $n$ , peso al destete  $o$ , e intervalo entre partos  $p$ .

$\mu$  = Media general para la producción de leche.

$GGM_i$  = Efecto Grupo genético materno, donde  $i$  varía de 1 - 9

$E_j$  = Efecto época de parto, donde  $j$  varía de 1 - 2.

$A_k$  = Efecto año de parto, donde  $k$  varía de 1 - 8.

$NP_l$  = Efecto número de parto, donde  $l$  varía de 1 - 7.

$H_m$  = Efecto Hato, donde  $m$  varía de 1 - 2.

$DL_n$  = Efecto duración en días de lactancia  $n$ .

$IEP_p$  = Efecto del intervalo entre partos en días.

$b_1$  = Coeficiente de regresión lineal de la variable  $Y$  en relación con la covariable  $DL$ .

$DL_{ijklmnopq}$  = Duración de la lactancia de la vaca  $q$  del grupo genético  $i$ , en la época  $j$ , el año  $k$ , número de parto  $l$ , hato  $m$ , duración de la lactancia  $n$ , peso al destete  $o$ , e intervalo entre partos  $p$ .

$DL$  = Media de la duración de la



lactancia.

$b_2$  = Coeficiente de regresión lineal de la variable Y en relación con la covariable PD.

$PD_{ijklmnopq}$  = Peso al destete de la cría de la vaca q del grupo genético i, en la época j, el año k, número de parto l, hato m, , duración de la lactancia n, peso al destete o, e intervalo entre partos p.

PD = Media del peso al destete.

$b_3$  = Coeficiente de regresión lineal de la variable Y en relación con la covariable IEP.

$IEP_{ijklmnopq}$  = Intervalo entre partos de la vaca q del grupo genético i, en la época j, el año k, número de parto l, hato m, , duración de la lactancia n, peso al destete o, e intervalo entre partos p.

IEP = Promedio de intervalo entre partos.

$\epsilon_{ijklmnopq}$  = Error experimental asociado a la información.

**Modelo para la duración de la lactancia.** El modelo Utilizado para esta característica fue el siguiente:

$$Y_{ijklmnopq} = \mu + GGM_i + E_j + A_k + NP_l + H_m + b_1 (PL_{ijklmnopq} - PL) + b_2 (PD_{ijklmnopq} - PD) + b_3 (IEP_{ijklmnopq} - IEP) + \epsilon_{ijklmnopq}$$

Donde:

$Y_{ijklmnopq}$  = Variable dependiente, duración de la lactancia de la vaca q del grupo genético i, en la época j, el año k, número de parto l, hato m, producción de leche n, peso al destete o, e intervalo entre partos p.

$\mu$  = Media general para la duración de la lactancia.

$b_1$  = Coeficiente de regresión lineal de la variable Y en relación con la covariable PL.

$PL_{ijklmnopq}$  = Producción de leche vendible de la vaca q del grupo genético i, en la época j, el año k, número de parto l, hato m, , duración de la lactancia n, peso al destete o, e intervalo entre partos p.

PL = Media de la producción de leche.

Las demás variables, igual que en el modelo anterior.

Modelo para el intervalo entre partos

El modelo Utilizado para esta característica fue el siguiente:

$$Y_{ijklmnopq} = \mu + GGM_i + E_j + A_k + NP_l + H_m + b_1 (PD_{ijklmnopq} - PD) + b_2 (DL_{ijklmnopq} - DL) + b_3 (PL_{ijklmnopq} - PL) + \epsilon_{ijklmnopq}$$

Donde:

$Y_{ijklmnopq}$  = Variable dependiente, intervalo entre partos de la vaca  $q$  del grupo genético  $i$ , en la época  $j$ , el año  $k$ , número de parto  $l$ , ható  $m$ , peso al destete  $n$ , duración de la lactancia  $o$ , y producción de leche  $p$ .

$\mu$  = Media general para el intervalo entre partos.

$b_1$  = Coeficiente de regresión lineal de la variable  $Y$  en relación con la covariable  $PD$ .

$PD_{ijklmnopq}$  = Peso al destete de la cría de la vaca  $q$  del grupo genético  $i$ , en la época  $j$ , el año  $k$ , número de parto  $l$ , ható  $m$ , peso al destete  $o$ , duración de la lactancia  $n$ , producción de leche  $p$ .

$PD$  = Media del peso al destete.

$b_2$  = Coeficiente de regresión lineal de la variable  $Y$  en relación con la covariable  $DL$ .

$DL_{ijklmnopq}$  = Duración de la lactancia de la vaca  $q$  del grupo genético  $i$ , en la época  $j$ , el año  $k$ , número de parto  $l$ , ható  $m$ , peso al destete  $n$ , duración de la lactancia  $o$ , producción de leche  $p$ .

$DL$  = Media de la duración de la lactancia.

$b_3$  = Coeficiente de regresión lineal de la variable  $Y$  en relación con la

covariable  $PL$ .

$PL_{ijklmnopq}$  = Producción de leche de la vaca  $q$  del grupo genético  $i$ , en la época  $j$ , el año  $k$ , número de parto  $l$ , ható  $m$ , peso al destete  $n$ , duración de la lactancia  $o$ , producción de leche  $p$ .

$PL$  = Promedio de producción de leche.

**Estimación de la heterosis.** Una vez conocida la significancia de los efectos tanto genéticos como no genéticos, se hicieron los contrastes ortogonales entre las medias ajustadas de los diferentes grupos genéticos estudiados. Para el cálculo de la heterosis se tuvieron en cuenta aquellos grupos que mostraron diferencias significativas y posteriormente se procedió a estimar el porcentaje de heterosis teniendo como base el grupo genético de menor promedio (grupo criollo) y el promedio de los dos grupos raciales escogidos como punto de referencia por cumplir con la condición de presentar diferencias significativas entre ellos (cebú y criollo).

El porcentaje de heterosis se estimó empleando la siguiente fórmula (según Campus Pereira, 1996):

$$\%H = \frac{MC - MP}{MP} \times 100$$

Donde:

% H= Porcentaje de heterosis

MC= Promedio de los individuos cruzados

MP= Promedio de una de las razas parentales de menor rendimiento (grupo criollo).

Otra fórmula:

$$\% H = \frac{MC - MP}{MR} \times 100$$

MR= Promedio de las razas parentales tomadas como punto de referencia (criollo y cebú).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2, se puede observar el ANAVA obtenido en el modelo utilizado para la producción de leche vendible / lactancia.

**Tabla 2.** Análisis de varianza para la producción de leche vendible.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F	SIG
Total	4948	665498358.180			
CGM	8	23232704.8400	29040788.1050	37.70	**
E	1	355611.9088	355611.9088	4.61	*
A	7	4147288.0363	592469.71948	7.69	**
NP	6	30299541.6545	5049923.6090	65.55	**
H	1	15456459.6022	1546459.6022	20.07	**
Regresiones					
DL	1	77465232.6551	77465232.6551	1005.6	**
PD	1	13034152.8269	13034152.8269	169.20	**
IEP	1	90456.7175	90456.7175	1.174	NS
ERROR	4921	24653.7202	78.5150		

Promedio: 1030.62      DS:  $\pm$  366.78      CV: 26.93%      CD: 0.43

\*\* = Altamente significativo ( P < 0.01)

\* = Significativo ( P < 0.05)

N.S. = No Significativo

El promedio del hato para la producción de leche en todos los grupos genéticos fue de 1030.62 kg en 320 días de duración de lactancia, con una desviación estándar de  $\pm 366.78$ kg correspondiente a un coeficiente de variación del 26.93%.

Dicho promedio es bajo, según lo reportado en la literatura. Alberro (1980), citado por Madalena *et al.*, (1983), encontró una producción de 2690 Kg con la misma duración de la lactancia.

En el análisis de varianza presentado en la Tabla 2, se puede observar que para la producción de leche, los efectos que resultaron

altamente significativos ( $P \leq 0.01$ ) fueron el grupo genético materno, el año y número de parto, el hato y las regresiones para la duración de la lactancia y el peso al destete. La época de parto resultó significativa ( $P \leq 0.05$ ), y el efecto que no tuvo significancia (N.S.) para la producción de leche fue el intervalo entre partos. La correlación encontrada en el estudio entre el peso al destete y la producción de leche fue del 43% indicando una mediana asociación de ambas características, resultado muy similar al hallado por Garcés y Vargas (1996), que fue del 31%. El modelo está explicado por todos los factores en un 43%.

**Tabla 3** Clasificación de los grupos genéticos maternos según la producción de leche (en kg.).

Grupo genético materno	Media estimada	Error estándar	Número de observaciones
1. ½ Taurus ½ Criollo	1186.71	$\pm 34.25$	68
2. ½ Taurus ½ Cebú	1106.61	$\pm 10.27$	2315
3. Trihíbrido	1083.58	$\pm 16.22$	439
4. ¼ Taurus ¾ Cebú	1057.66	$\pm 33.84$	74
5. ½ Cebú ½ Criollo	1016.61	$\pm 12.82$	912
6. Todo Criollo	1006.04	$\pm 33.34$	73
7. ¾ Taurus ¼ Cebú	1001.69	$\pm 35.40$	65
8. Todo Cebú	933.80	$\pm 12.36$	981
9. ¾ Cebú ¼ Criollo	926.69	$\pm 61.87$	21

\* Las medias de los grupos genéticos están ordenadas en forma descendente.

En un reciente estudio realizado por Quijano (1996) se encontró igualmente una alta significancia para la producción de leche por lactancia de los efectos grupo genético materno, número y año de parto, al igual que las regresiones

para peso al destete y duración de la lactancia. El modelo fue explicado en un 40% por los efectos. El grupo genético materno persentó un efecto altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ).

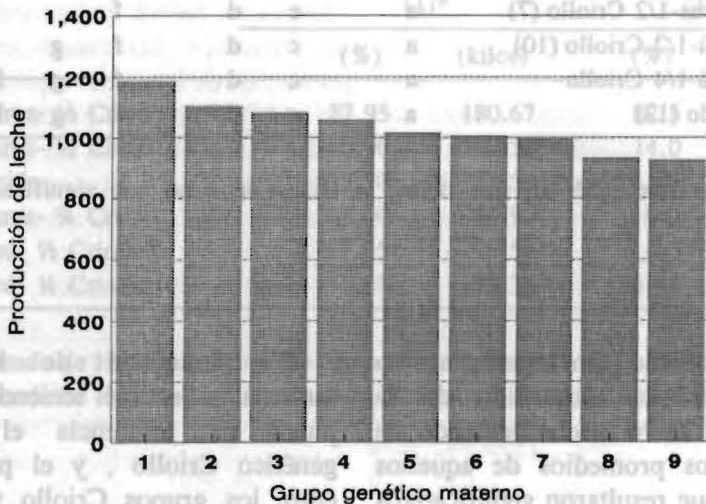


Figura 1. Producción de leche para cada uno de los GGM.

### ESTIMACION DE LA HETEROSIS PARA LA PRODUCCION DE LECHE VENDIBLE

En el modelo para la producción de leche vendible se hicieron los

contrastes ortogonales para hallar las diferencias entre los grupos genéticos maternos en cuanto a producción de leche los cuales se presentan a continuación:

**Tabla 4.** Contrastes ortogonales de los grupos genéticos maternos para la producción de leche.

Grupo genético materno	
Todo	a
Criollo(3)	b
1/2 Taurus-1/2 Cebú (4)	a c
3/4 Taurus-1/4 Cebú (5)	a b d
1/4 Taurus-3/4 Cebú (6)	e
1/2 Taurus-1/2 Criollo (7)	a c d f
1/2 Cebú-1/2 Criollo (10)	a c d f g
3/4 Cebú-1/4 Criollo	a c d f g h
Trihíbrido (13)	a c d f g h i

\* Los grupos genéticos que tienen la misma letra no son significativamente diferentes.

De acuerdo con la información disponible, la estimación de la heterosis se ha hecho teniendo en cuenta los promedios de aquellos grupos que resultaron significativos al realizar los contrastes ortogonales y obviamente después de comprobar la significancia del efecto del grupo genético. Los grupos que resultaron significativamente diferentes se pueden observar en la tabla 4.

En la tabla 5 se observan los estimados de heterosis para la producción de leche de cada uno de los grupos raciales significativos.

El porcentaje de heterosis materna se estimó teniendo como punto de referencia el grupo genético Criollo, y el promedio entre los grupos Criollo y Cebú. No obstante las dificultades presentadas debido al relativo bajo número de grupos genéticos que presentaron diferencia significativa, al analizar la Tabla 5, se puede observar como el mayor porcentaje de heterosis es alcanzado por el grupo 1/2 Taurus-1/2 Criollo, con un 17.95%, lo cual corresponde a 180.67 Kg mas de leche por lactancia de los individuos cruzados por encima del promedio de la raza

criolla. Así mismo el porcentaje de heterosis estimado teniendo como base el promedio de las razas Criolla y Cebú, es incluso superior al

anterior 22.5% ocurriendo así en todos los casos en los que se comparan los porcentajes.

**Tabla 5.** Heterosis para la producción de leche de cada uno de los grupos genéticos que resultaron significativos.

Grupo genético materno	Heterosis			
	(1)*		(2)*	
	(%)	(kilos)	(%)	(kilos)
½ Taurus- ½ Criollo	17.95	180.67	22.5	216.79
½ Taurus- ½ Cebú	10.00	100.57	14.0	136.69
Trihíbrido	7.70	77.54	11.7	113.66
¼ Taurus- ¾ Cebú	5.00	50.96	9.0	87.74
½ Cebú- ½ Criollo	1.05	10.57	4.8	46.69
¾ Cebú- ¼ Criollo	-7.88	-79.36	-4.46	-43.24

\* Estimado de Heterosis utilizando como base el promedio de la raza Criolla.

\*\* Estimado de Heterosis utilizando como base el promedio del Criollo y Cebú.

No se tuvo en cuenta como base la raza Cebú debido a que en los contrastes ortogonales solamente presentó diferencia significativa con lo grupos criollo y el ¼ Taurus - ¾ Cebú.

4.8% respectivamente. De la misma manera se puede observar que cuando se pasa del media sangre Taurus Cebú al grupo ¼ Taurus-¾ Cebú, se reduce el porcentaje de heterosis a un 5%; esta reducción se presenta en mayor proporción cuando se pasa del media sangre Taurus Criollo al ¾ Cebú-¼ Criollo, dando una heterosis negativa de -7.88 y -4.46% respectivamente para las dos bases propuestas.

El anterior comportamiento descrito para los grupos de sangre tenidos en cuenta en la presente investigación, coincide con la tendencia reportada por varios investigadores en la literatura, como Cunningham (1991), quién trabajando con datos de 46 experimentos observó un mejoramiento casi lineal en las características estudiadas, incluyendo la producción por lactancia, hasta un 50% de herencia *Bos taurus*, de este nivel en adelante observó un ligero decrecimiento en el comportamiento, muy similar a lo encontrado en el presente trabajo. Así mismo el autor reporta un

porcentaje de heterosis de +28% para producción de leche en la F1 *B.taurus* x *B. indicus* expresada como un porcentaje de la media de las razas parentales.

De la misma manera McDowell (1985), resumiendo los resultados obtenidos de 57 grupos genéticos, manifiesta la superioridad de los F1 entre razas nativas y Europeas para la misma característica. El porcentaje de heterosis reportado fue del 15% para la producción de leche, muy cercano a los resultados obtenidos en la presente investigación.

**Tabla 6.** Análisis de Varianza para la Duración de la Lactancia.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Niv. Sig.
Total	4948	15390842.9676			
GGM	8	21988.4779	2748.5597	2.29	*
E	1	943.3001	943.3001	0.78	NS
A	7	231682.1335	33097.4476	27.57	**
NP	6	186995.1833	31165.8638	25.96	**
H	1	6930.9006	6930.9006	5.77	*
Regresiones					
PL	1	1207192.7911	1207192.7911	1005.6	**
PD	1	699890.4366	699890.4366	583.0	**
IEP	1	1674281.3866	1674281.3866	1394.7	**
ERROR	4921	5907337.9645	1200.4344		

Promedio: 320.45      DS:  $\pm$  34.65      CV: 10.81%      CD: 0.61

\*\* Altamente significativo (P = 0.01)

\* Significativo (P = 0.05)      NS No significativo



Syrstad (1985) obtuvo resultados de heterosis en la FI encaminados en la dirección esperada, alta producción de leche con una heterosis altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) con un valor de 18.2% para la producción por lactancia.

Como se indicó anteriormente en esta investigación se presentó un resultado dentro de los rangos de heterosis reportados en la revisión de literatura, teniendo como puntos de referencia la raza Criolla y la raza Cebú. A propósito de estas dos últimas es conveniente anotar como su desempeño en los cruces con la raza *Bos taurus* es relativamente similar (9% y 17.95%), no ocurriendo así en el caso de los cruces Cebú x Criollo donde el porcentaje de heterosis es de 1.05%. Lo anterior puede ser explicado por las ya comprobadas diferencias entre las razas *B. taurus* e *indicus* y *B. taurus* y Criollos. Además esto indica las ventajas que se pueden esperar de los cruzamientos bien controlados entre estas dos razas y las razas nativas, lo que confirma la teoría según la cual la heterosis se presenta cuando hay diferencias entre las razas involucradas.

Para la duración de la lactancia se obtuvo una media para todos los grupos genéticos de 320.45 días con una desviación estándar de  $\pm 34.65$

días y un coeficiente de variación del 10.81%.

En el cuadro anterior, se puede apreciar que no obstante en el ANAVA para la duración de la lactancia se encontró un efecto significativo del grupo genético materno, no existe diferencia significativa entre ninguno de los grupos cuando se hicieron los respectivos contrastes ortogonales, (Tabla 7),

Una de las posibles razones de esta aparente inconsistencia es la de que los contrastes ortogonales presentan una menor sensibilidad que el ANAVA, dado que estos toman en cuenta para la comparación de los promedios los grados de libertad y unas probabilidades mas altas como puntos de referencia para la comparación.

Este resultado concuerda con lo encontrado por Cunningham (1991), quien obtuvo valores importantes de heterosis para edad al primer parto, producción de leche e intervalo entre partos, mas no para la duración de la lactancia. Por otro lado, McDowell encontró valores negativos de heterosis para la misma característica (-15.3%) en hatos cruzados de Pardo Suizo - Sahiwal y no encontró en hatos con cruces con cebú.

**Tabla 7.** Contrastes ortogonales de los grupos genéticos maternos para la duración de la lactancia.

Grupo Genético Materno								
Todo Cebú (2)	a							
Todo Criollo(3)	a	b						
1/2 Taurus-1/2 Cebú (4)	a	b	c					
3/4 Taurus-1/4 Cebú (5)	a	b	c	d				
1/4 Taurus-3/4 Cebú (6)	a	b	c	d	e			
1/2 Taurus-1/2 Criollo (7)	a	b	c	d	e	f		
1/2 Cebú-1/2 Criollo (10)	a	b	c	d	e	f	g	
3/4 Cebú-1/4 Criollo (11)	a	b	c	d	e	f	g	h
Trihíbrido (13)	a	b	c	d	e	f	g	h i

\* Los grupos genéticos que tienen la misma letra no son significativamente diferentes.

**Tabla 8.** Análisis de Varianza para el Intervalo entre Partos.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Niv. Sig.
Total	4948	27549768.4753			
GGM	8	25065.4632	3133.1829	1.013	NS
E	1	130344.3407	130344.3407	42.13	**
A	7	224912.8222	32130.4031	10.38	**
NP	6	886796.6346	147798.2724	47.77	**
H	1	31113.2166	31113.2166	10.05	*
Regresiones					
PL	1	27369.6454	27369.6454	8.847	*
PD	1	4314716.7203	4314716.7203	1394.7	**
IEP	1	3632.7411	3632.7411	1.174	NS
ERROR	4921	15223540.1357	3093.5866		

\*\* = Altamente significativo ( P < 0.01)

\* = Significativo ( P < 0.05)

N.S. = No Significativo

El promedio del intervalo entre partos para el hato fue de 450.59 días y una desviación estándar de  $\pm 55.62$  días correspondiente a un coeficiente de variación del 12.34%. Con respecto a los efectos que no resultaron significativos (N.S.) concuerdan Garcés y Vargas (1996) y Madalena *et al.* (1983), quienes tampoco encontraron significancia del grupo genético materno sobre el intervalo entre partos. McDowell (1985) atribuye a la alta proporción de la variación debida a factores ambientales el hecho de que el mérito genético se enmascare y sea difícil de estimar.

### BIBLIOGRAFÍA

- ALBERRO, M. Un rebaño de ganado lechero frisón en la zona costera de Mozambique: explotación, alimentación y comportamiento. *En: Revista Mundial de Zootecnia (FAO)*. No. 37 (1980); p.20-24.
- CAMPOS Pereira, Jonas Carlos. Melhoramento genético aplicado a produção animal. Belo Horizonte, MG: s.n., 1996. 416 p.
- CUNNINGHAM, E.P. Crossbreeding *Bos indicus* and *Bos taurus* for milk production in the tropics. *En: ITEA*. Vol. 874, No.3 (1991); p.255-262.
- GARCES, Javier y VARGAS, Jhon Jairo. Confrontación de dos métodos de selección para carne y leche en un hato de ganado cruzado. Medellín, 1996. 111 p. Tesis (Zootecnistas). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- HARVEY, W.R. User's Guide for LSMLMW PC-1 Vertion Mixel Model Leastsquares and Maximum Likelihood Compster Program. Ohio: s.n., 1988 59 p.
- HERNANDEZ B, Gustavo y ALVARADO A, Leonardo. Características reproductivas y productivas de F1 Holstein-Cebú y Holstein-Criollo en el trópico colombiano. *En: Revista ICA*. Vol 22, No. 3. (1987); p. 135-148.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_ y CARVAJAL R, Guillermo. Cruces del ganado de doble propósito en la costa Atlántica Colombiana. Parte 3 producción de leche y carne. *En: Revista ICA*. Vol. 26 (1991); p. 265-277.
- MADALENA, Fernando E. *et al.* Dairy production and reproduction in Holstein Friesian and Guzerá crosses. *En: Journal of Dairy Science*. Vol 73 (1990). 980p. Citado por: FAO. Avances en la producción de leche y carne en el trópico americano. Santiago de Chile: Fernández Baca, 1992. p.96

- MADALENA, Fernando E. *et al.* Producao de leite e intervalo entre partos de vacas HPB e mesticas HPB: Gir num alto nivel de manejo. *En: Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. Vol. 18 (1983); p 195-200.
- McDOWELL, R.E. Crossbreeding in tropical areas with emphasis on milk, health and fitness. *En: Journal of Animal Science*. Vol. 68, No. 9 (1985); p. 2418.
- NAGARCENKAR, R. Breeding for dairy production in the tropics 1982. Citado por McDOWELL, R.E. Crossbreeding in tropical areas with emphasis on milk, health and fitness. *En: Journal of Animal Science*. Vol. 68, No. 9(1985); p. 2418-2435.
- QUIJANO B, Jorge Humberto. Estimación de la heterosis para la producción de leche y el peso al destete en un hato doble propósito. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1996. p. 50-66.
- RAO, A.V.; RAO, G.N. y KUMAR, M. First lactation performance of Zebu, Zebu x Zebu and European x Zebu cows. *En: Indian Journal of Animal Science*. Vol. 54, No.10 (1984); p. 980-982.
- RENDEL, J. Estratégias na criação de grado leteiro nos trópicos. *En: Anais do Simpósio Brasileiro del Melhoramento Genético de Bovino Leiteiro nos Trópicos*. 1, EMBRAPA. Coronel Paçeco. MG 1983. p. 101-127. Citado por: FAO. Avances en la Producción de leche y carne en el trópico Americano. Santiago de Chile: Fernández Baca, 1992.
- SYRSTAD, Ola. Crossbreeding for increase milk production in the tropics. *En: Norwegian Journal of Agricultural Sciences*. Vol. 2, N° 23 (1988); p. 179-185.
- \_\_\_\_\_. Heterosis in *Bos taurus* x *Bos indicus* crosses. *En: Livestock Production Science*. Vol. 12 (1985); p. 299-307.
- VIJ, PK and BASU, SB. Genetic effects of crossbreeding zebu cattle with exotic sire breeds. *En: Indian Journal of Animal Sciences*. Vol. 56, No.2 (1986); p. 235-243.