

## **HETEROSIS PARA EL PESO Y LA GANANCIA DE PESO DESDE EL NACIMIENTO HASTA LOS 18 MESES EN EL CRUCE DE BOVINOS ABERDEEN ANGUS POR CEBÚ**

Astrid Johanna Arango Ulloa<sup>1</sup>; Juan David Gaviria M.<sup>2</sup>  
Camilo Montoya Serna<sup>2</sup>

---

### **RESUMEN**

*En la presente investigación se tuvieron en cuenta 2032 observaciones para el análisis de peso al nacimiento, ganancia predestete y peso al destete y 603 para ganancia de peso postdestete y peso a los 18 meses, de machos y hembras nacidas entre 1994 y 1996 en la "Hacienda Cuba", localizada en el municipio de Montelíbano, departamento de Córdoba.*

*Para determinar la influencia de los diferentes factores genéticos y no genéticos sobre las variables estudiadas, se utilizó el programa de mínimos cuadrados de Harvey (1988). En los modelos para el peso al nacimiento, ganancia diaria predestete, peso al destete, ganancia diaria postdestete y peso a los 18 meses fueron considerados los siguientes factores: año de nacimiento, época de nacimiento, grupo genético de la cría, (Aberdeen Angus x Cebú y Cebú Comercial), sexo de la cría, mes de destete, época de destete, año de destete, mes de pesaje a los 18 meses. Según el modelo estudiado se tuvieron en cuenta como variables al destete, el peso al nacimiento y el peso ajustado al destete. La mayor parte de los factores no genéticos tuvieron efecto significativo ( $P < 0,05$ ), no siendo significativa la época de destete para el modelo de peso a los 18 meses.*

*La estimación de la heterosis para el FI del cruzamiento Angus x Cebú Comercial se hizo una vez realizados los contrastes ortogonales entre los grupos genéticos para cada una de las variables que presentaron efecto significativo ( $P \leq 0,05$ ), en análisis de varianza.*

*Una vez establecida esta significancia se corrieron los modelos de las cinco variables para cada grupo genético, con el fin de obtener promedios más confiables dando como resultado los siguientes porcentajes de heterosis: peso al nacimiento (-0,65 %), ganancia diaria predestete (13,63%), peso al destete (11,3%), ganancia diaria postdestete (61,64 %), peso a los 18 meses (10,67%). Para estas dos últimas características se tuvo en cuenta el peso al*

---

<sup>1</sup> Zootecnistas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

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

*destete ajustado por todos los efectos significativos en cada grupo genético con el fin de obtener resultados más confiables para la estimación de la heterosis*

**Palabras clave:** Heterosis, Cebú comercial, Aberdeen Angus, peso al nacimiento, peso al destete, peso a los 18 meses.

Aprobado para su publicación mayo 17 de 2000.

---

**ABSTRACT**

**HETEROSIS FOR WEIGHT AND WEIGHT GAIN FROM THE BIRTH UNTIL THE 18 MONTHS IN THE CROSSING OF BOVINE ABERDEEN ANGUS BY CEBÚ**

2032 data for the analysis of weight to the birth, preweaning daily gain and weight at the weaning and 603 for postweaning daily gain and weight to the 18 months, of males and females born between 1994 and 1996 in the "Hacienda Cuba", located in the municipality of Montelíbano, department of Córdoba.

To determine the influence of the different genetic and non genetic factors on the studied variables, the program of square minima of Harvey (1988) was used (1988). In the models for the weight to the birth, daily gain post-weaning, weight to the weaning, daily gain daily post-weaning and weight to the 18 months the following factors were considered: birth year, birth season, genetic group of calf (Aberdeen Angus x Cebú and Commercial Cebú) sex of calf, month of weaning, weaning time, year of weaning, month of weight to the 18 months. According to the studied pattern it was considered as variables to the weaning, the birth weight and the adjusted weight to the weaning. Most of the non genetic factors had significant effect ( $P < 0,05$ ), not being significant the weaning time for the pattern of weight to the 18 months.

The estimate of the heterosis for the FI of the Angus x Commercial Cebú cross was made after the orthogonal contrasts among the genetic groups for each one of the variables that presented significant effect ( $P < 0,05$ ), in each ANOVA.

Once established this significance ran the models of the five variables for each genetic group, with the purpose of obtaining more reliable averages giving the following heterosis percentages as a result: weigh to the birth (- .0,65%), daily gain post weaning (13,63%), weigh to the weaning (11,3%), daily gain post weaning (61,64%), weight to the 18 months (10,67%). For these last two characteristics were considered the weight to the adjusted weaning for all the significant effects in each genetic group with the purpose of obtaining more reliable results for the estimate of the heterosis.

**Key words:** Heterosis, commercial Cebú, Aberdeen Angus, weight to the birth, weight to the weaning, weight to the 18 months.

---

## INTRODUCCIÓN

En las ganaderías de carne en Colombia es común encontrar bajas producciones debido al bajo rendimiento en ganancias de peso, bajos pesos a edades determinadas y baja eficiencia reproductiva; esto ha hecho que muchos ganaderos buscando alternativas de mejorar la producción hayan recurrido a la introducción de razas exóticas tanto para la producción de leche como de carne, con la esperanza de obtener mejores parámetros productivos y reproductivos; este es el caso de la hacienda "Cuba" en la cual se ha venido trabajando desde hace algunos años con el cruce Aberdeen Angus por Cebú, intentando obtener una respuesta productiva superior en características diarias y pesos finales.

Una de las formas más utilizadas por el mejoramiento animal para comparar el comportamiento productivo de las razas y sus cruces es la estimación del porcentaje de heterosis, el cual implica desde luego un manejo cuidadoso de aquellos efectos medio ambientales que pueden sesgar la estimación de las ventajas genéticas a evaluar; por lo tanto la comparación productiva de las razas y sus cruces teniendo en cuenta todas aquellas circunstancias medio ambientales que afectan las características, permite una evaluación más precisa del comportamiento productivo y las ventajas comparativas de las razas involucradas.

El propósito del trabajo fue calcular la heterosis para las características peso

al nacimiento, ganancia diaria predestete, peso al destete, ganancia diaria posdestete y peso a los 18 meses del cruce F1 Aberdeen Angus x Cebú comercial y el Cebú comercial (grupo genético tenido en cuenta como referencia). Es de gran importancia evaluar las ventajas comparativas de las dos razas y de sus cruces en las condiciones ambientales propias de la hacienda, de tal manera que permitan tomar las decisiones más indicadas de acuerdo con los rendimientos productivos.

De acuerdo con Van Vleck (1993), para aquellas características que son muy influenciadas por efectos maternos tales como peso al nacimiento y al destete, el rendimiento esperado en la progenie producto del cruzamiento de dos razas va a estar determinado por los siguientes componentes: el efecto genético directo, o sea la contribución genética aditiva del padre y de la madre, el efecto extra de la heterosis producida por el cruzamiento y la habilidad genética de la madre para proporcionar un ambiente adecuado a la cría, la cual se conoce como efecto indirecto o genético materno.

La metodología para la evaluación genética de características con efectos maternos implica según lo describió Mrode (1996), el empleo del modelo animal para características maternas, el cual se basa en la metodología del modelo mixto para evaluaciones genéticas. Este permite una estimación más precisa de la heterosis evitando su confusión con otros componentes del

modelo, lo cual conlleva a sobre-estimar o subestimar el efecto de la heterosis.

Lasley (1963), definió el vigor híbrido "como el aumento extra obtenido en los animales cruzados en comparación con el rendimiento promedio de los progenitores en iguales condiciones de manejo y nutrición". A propósito, Saavedra y Reyes (1973), indicaron que los cruzamientos dan más resultado en el trópico que en zonas templadas y que la heterosis se manifiesta con mayor intensidad a medida que las condiciones son más adversas, concordando con Martínez *et al* (1994), Stonaker (1971), Long (1980). Según Peacock (1973), la heterosis es relativamente baja cuando se cruzan dos razas *Bos taurus* lo cual es demostrado por los bajos aumentos de peso previos al destete.

Martínez *et al* (1994) observaron que todos los hijos de vacas blanco orejinegro (BON) apareadas con toros Charolaise, BON y Santa Gertrudis, obtuvieron pesos al destete inferiores al promedio general, indicando que el vigor híbrido o heterosis disminuye cuando el cruce se hace entre razas genéticamente menos divergentes (*Bos taurus*), ratificando lo dicho por Saavedra y Reyes (1973).

Joandet (1973) anotó que por lo general el peso a cualquier edad se haya genéticamente correlacionado y el peso al nacer es una de las características que puede medirse con un mínimo de influencias ambientales y, por lo tanto, este factor es de gran importancia a tener en cuenta por los criadores.

Long (1980) indicó que las primeras mediciones que se pueden tener de un individuo son las del nacimiento; en estudios revisados por este mismo autor en los Estados Unidos encontró que los valores de heterosis individual para peso al nacimiento variaron entre 1 y 11%, con media de 4%; en el caso de las diferencias recíprocas entre dos razas los valores estuvieron entre el 1 y el 26%, con media de 7%. Las máximas diferencias de peso al nacimiento se encontraron entre 10 y 33% con una media de 20% para los valores propios de la raza.

En estudios hechos en Colombia para el cruzamiento de Cebú por San Martinero, Stonaker (1971) reportó incremento en el peso al nacimiento del 22% sobre el promedio de peso al nacimiento de los padres; además, encontró que el efecto de la heterosis individual en la hembra es mucho mayor que en los machos para el cruzamiento de Charolais por BON y de Cebú x BON.

Plasse (1976), en Venezuela, encontró heterosis individual para el peso al nacimiento del 27 y 16% para las crías machos y hembras, respectivamente, de vacas criollas y padres Brahman; los hijos de vacas Brahman y toros criollos produjeron 6% más de peso al nacimiento que los puros. De la comparación entre puros y cruzados se halló una diferencia de 16 y 11% a favor de los cruzados para machos y hembras respectivamente.

La heterosis encontrada para los cruces de Cebú por ganado criollo en Colombia muestran amplia variación de

acuerdo con las razas involucradas; así por ejemplo, la heterosis para peso al nacimiento de los cruces Cebú x Bon es de 12,4% (Martínez *et al*, 1994); para Cebú x Romo es de 4,7% y para Cebú x San Martinero es de 22% (Saavedra y Reyes, 1973).

En el caso de los cruces con Brahman y razas tanto *Bos taurus* como criollas, Warnick *et al*.(1976) encontraron pesos promedios al nacimiento de 26,9 kg para Brahman, 27 kg para Hereford y 32 para su cruce, presentando heterosis individual de 18,6%. Así mismo Roberson *et al*.(1986) indicaron que el efecto directo de la heterosis en el peso al nacimiento fue de 2,2 kg en el cruce Brahman por Hereford y su recíproco en comparación con razas paternas.

Bazer (1976) observó que las hembras cruzadas Brahman y razas británicas poseen características uterinas que favorecen el crecimiento del feto originando pesos promedios al nacer entre 13 y 20% superiores a los de las razas paternas de la vaca. Reynolds (1976) observó que los pesos al nacimiento de crías que tuvieron padres Aberdeen Angus en vacas Aberdeen Angus, Brangus y Africander por Aberdeen Angus eran más livianos que los de los terneros que tuvieron padres Brahman en vacas de las mismas razas; esto concuerda con Maule (1976) quien dice que los cruces con padres Aberdeen Angus no presentan problemas al nacimiento puesto que tienden a ser más livianos que con padres de otras razas y es similar a lo anotado por Joandet (1976), quien sostiene que al Aberdeen Angus, en relación con el peso al nacimiento y la raza del padre, da los

terneros más pequeños al nacimiento alcanzando 26,1 kg de peso vivo.

Martínez *et al* (1994) en su estudio realizado en el Nus (Colombia) encontraron que el valor de la heterosis individual para la ganancia diario de peso de 11% fue mayor que los promedios estimados por Martínez (1987). Los valores de heterosis individual para el cruce BON por Cebú fueron de 14,2%, los cuales concuerdan con los de Peacock *et al* (1976). En un estudio realizado en la Florida (EEUU) estos últimos investigadores observaron que en grupos apareados con padres Aberdeen Angus y Brahman, los terneros F1 el aumento de peso era más rápido que en los de raza pura estimado en 14,6% el valor promedio de la heterosis para el cruce Brahman Aberdeen Angus. En otro estudio similar realizado por los mismos investigadores encontraron aumento del 11% en el peso para el cruce Shorthorn por Brahman en comparación con Brahman puro estableciendo en 17% el valor de la heterosis.

Long (1980) reportó promedios de ganancia de peso predestete del 3 al 8% con una media de 4%, mientras que para los promedios de diferencias recíprocas los valores iban desde 4 hasta 15%, con una media de 9% y diferencias máximas de 3 a 38% con una media de 19%. Parece lógico que la diferencia de razas y las diferencias recíprocas pueden ser mayores cuando el contraste se establece entre las razas de la vaca debido al importante papel de la producción de leche sobre la ganancia predestete. Martínez *et al* (1994) encontraron una heterosis individual para la ganancia de peso predestete de

14,2% en el cruce de BON por Cebú; esto concuerda con lo encontrado por Hernández (1976) de 14,7% para el cruce Romosinuano por Cebú.

Para Long (1980), el peso al destete es en muchas situaciones una medida directa de la mayor producción de la vaca o del hato, por lo que lo convierte en un carácter de mucha importancia. Este investigador reportó a partir de una recopilación de estudios valores de heterosis individual para peso al destete entre 3 y 16% con media de 5% y para promedios en diferencias recíprocas del 2 al 13% con media de 6%.

Martínez *et al* (1994) encontraron para pesos al destete heterosis individual del 13,6% a favor de los cruces contra el promedio de los puros y del 11% contra el mejor puro; estos resultados son similares a los encontrados por Hernández (1976), para el cruce Romosinuano por Cebú, que tuvo un promedio de 13,1%. Cartwright (1976), para el F1 Hereford por Brahman obtuvo una heterosis del 13% mientras que Warnick *et al* (1976) para el cruce Brahman por Hereford estimaron este valor en 12,2%. Los valores de los anteriores son mayores al compararlos con los reportados por Hernández (1976), Martínez (1987), citados por Martínez *et al* (1994), quienes tuvieron un promedio de 8,5%. Diferentes autores reportan heterosis más altas para los cruces entre el Cebú con razas *Bos taurus*; así por ejemplo para los cruces Brahman por Aberdeen Angus Brown *et al* (1993), presentaron valores de heterosis de 27,4%.

Algunos investigadores concuerdan en los valores reportados de heterosis individuales en el cruzamiento de razas europeas; así, Cundiff (1970) citado por Cartwright (1976) reportó que para el peso al destete la heterosidad es menor del 5%, concordando con Chapman (1976) quien para cruces de Aberdeen Angus, Polled Hereford y Santa Gertrudis encontró valores de heterosis individual del 3 al 7%.

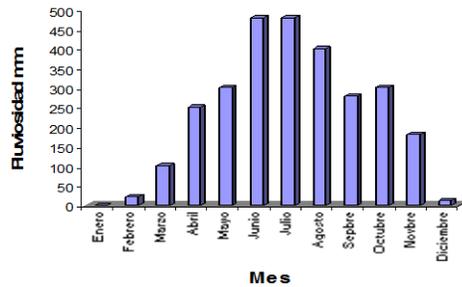
Los autores revisados coinciden en la mayoría de los casos que la heterosis individuales para ganancias posdestete son mayores que para las ganancias predestete; además afirman que en cruzamientos donde están involucrados el Cebú y el criollo se aumentan los niveles de heterosis como lo demuestra Long (1980) y Stonaker (1971), citados por Martínez *et al* (1994) quienes a su vez encontraron heterosis individual de 25,8%, mientras que para Saavedra y Reyes (1976) este valor fue del 17%.

Muchos autores concuerdan en afirmar que la heterosis individual para peso a los 18 meses es mucho más alta que para peso al destete, además se observan más altos niveles en las condiciones adversas del trópico. Saavedra y Reyes (1973) hallaron un promedio para heterosis individual a los 18 meses de 22,9% en varios estudios realizados en Colombia. Así mismo Saavedra y Reyes (1973) reportaron para el cruce Cebú por Romosinuano una heterosis de 19% y de 25% para el cruce Charolaise por F1 de Cebú por Romosinuano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** La hacienda Cuba está localizada en el municipio de Montelíbano departamento de Córdoba, a 55 msnm, la temperatura promedio anual es de 28°C, humedad relativa de 83% y con precipitación anual de 2000 a 2300 mm con un período bien definido de sequía que va de diciembre a marzo y un período lluvioso de abril a

franco arenosa. Los pastos predominantes en la hacienda son: Braquiaria humidícola (*Brachiaria humidicola*), Braquiaria brizanta (*Brachiaria brizantha*), Braquiaria decumbens (*Brachiaria decumbens*), Pará (*Brachiaria mutica*), Braquiapará (*Brachiaria plantaginea*), Uribe o puntero (*Hiparrhenia ruffa*), Climacuna



noviembre. De acuerdo con el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge la hacienda se encuentra en la zona ecológica bosque húmedo tropical (bh-T).

Posee suelos típicos de la zona, ácidos, con bajos contenidos de materia orgánica con textura franco arcillosa y

(*Dichantium anulatum*). La hacienda posee una extensión de 4955 ha con aproximadamente 320 potreros los cuales están situados a lado y lado del río San Jorge. En la Figura 1 se encuentran las medidas de precipitación pluvial por mes entre 1994 y 1996 en la hacienda Cuba.

**Figura 1.** Pluviosidad promedio mensual para los años comprendidos entre 1994 y 1996 en la hacienda donde se realizó el estudio.

**Descripción de los datos.** Se utilizó la información de 2032 terneros nacidos entre 1994 y 1996 para las características peso al nacimiento, ganancia diaria predestete y peso al

destete; 603 datos de los anteriores fueron utilizados para la ganancia diaria posdestete y para el peso a los 18 meses (Tablas 1 y 2).

**Tabla 1.** Distribución de clases, subclases y número de observaciones para el peso al nacimiento, ganancia predestete y peso al destete.

Clase	Subclase	Número de observaciones
Mes de nacimiento	Enero (1)	306

	Febrero (2)	159
	Marzo (3)	117
	Abril (4)	134
	Mayo (5)	131
	Junio (6)	138
	Julio (7)	139
	Agosto (8)	125
	Septiembre (9)	177
	Octubre (10)	172
	Noviembre (11)	195
	Diciembre (12)	239
Mes de destete	Enero (1)	27
	Marzo (3)	418
	Abril (4)	222
	Junio (6)	349
	Julio (7)	69
	Agosto (8)	189
	Septiembre (9)	245
	Octubre (10)	395
	Diciembre (12)	118
Año de destete	1994	21
	1995	570
	1996	1441
Sexo de la cría	Macho (1)	1055
	Hembra (2)	977
Año de nacimiento	1994	294
	1995	1526
	1996	212
Epoca de nacimiento	Seca (1)	955
	Lluviosa (2)	1077
Grupo genético de la cría	Aberdeen x Cebú (1)	764
	Cebú (2)	1268

**Tabla 2.** Distribución de clases, subclases y número de observaciones para la ganancia de peso posdestete y peso a los 18 meses.

Clase	Subclase	Número de observaciones
Mes de pesaje a los 18 meses de edad.	Febrero (2)	3
	Marzo (3)	11
	Abril (4)	8
	Mayo (5)	27
	Julio (7)	174
	Agosto (8)	42
	Septiembre (9)	30
	Octubre (10)	289

	Noviembre (11)	19
Grupo genético de la cría	Aberdeen Angus x Cebú (1)	145
	Cebú (2)	447
Sexo de la cría	Macho (1)	217
	Hembra (2)	386
Epoca de destete	Seca (1)	299
	Lluviosa (2)	304

**Metodología.** Para determinar la influencia de los diferentes factores genéticos y medio ambientales se utilizó un modelo general para cada variable, el cual incluyó, además de los efectos medio ambientales, los de los grupos raciales Cebú comercial y F1 Aberdeen Angus x Cebú comercial.

Los modelos fueron resueltos mediante los mínimos cuadrados de Harvey (1988). Después de correr varios modelos se dejaron como definitivos aquellos efectos en los cuales se encontró significancia para todas las variables. Una vez establecida la significancia se corrieron los modelos dentro de cada grupo racial y para todas las variables, así: peso al nacimiento, ganancia diaria predestete, peso al destete, ganancia diaria posdestete y peso a los 18 meses, dentro del grupo genético Cebú comercial y Angus x Cebú respectivamente. Lo anterior con el propósito de obtener las medias ajustadas que permitieron el cálculo de la heterosis. Los modelos evaluados fueron:

**Modelo 1: para el peso al nacimiento.**

Donde:

$Y_{ijkl}$  = el peso al nacimiento de la cría  $l$ , del sexo de la cría  $i$  ( $i=1-2$ ), del mes de

nacimiento  $j$  ( $j=1-12$ ), del año de nacimiento  $k$  ( $k=1-3$ ).

$\mu$  = promedio general de todas las observaciones;

$L_i$  = efecto del sexo de la cría, donde  $i$  varió de 1-2;

$M_j$  = efecto del mes de nacimiento, donde  $j$  varió de 1-12;

$$Y_{ijkl} = \mu + L_i + M_j + N_k + e_{ijkl}$$

$N_k$  = efecto del año de nacimiento, donde  $k$  varió de 1-3;

$e_{ijkl}$  = error experimental asociado a la información.

**Modelo 2: ganancia diaria predestete.**

$$Y_{ijklmo} = \mu + A_i + B_j + b_1(ED_{ijklm} - ED) + C_l + D_m + b_2(Pn_{ijklm} - PN) + e_{ijklm}$$

Donde:

$Y_{ijklmo}$  = la ganancia diaria pre-destete de la cría  $o$ , del sexo de la cría  $i$  ( $i=1-2$ ), del año de nacimiento  $j$  ( $j=1-3$ ), de la edad al destete  $k$ , del año del destete  $l$  ( $l=1-3$ ), del mes al destete  $m$  ( $m=1-12$ ) y del peso al nacimiento  $n$ .

$\mu$  = promedio general de todas las observaciones.

$A_i$  = efecto del sexo de la cría, donde  $i$  varió de 1-2.

$B_j$  = efecto del año de nacimiento donde  $j$  varió de 1-3.

$b_1$  = coeficiente de regresión lineal de la variable  $Y$  en relación con la covariable al destete (ED).

$ED_{ijklm}$  = edad al destete del ternero  $o$ , del sexo  $i$ , del año de nacimiento  $j$ , de la edad del destete  $k$ , del año de destete  $l$ , del mes de destete  $m$ , del peso al nacimiento  $n$ .

ED = media de la edad al destete.

$C_l$  = efecto del año de destete, donde  $l$  varió de 1-3;

$D_m$  = efecto del mes de destete, donde  $m$  varió de 1-12;

$Pn_{ijklm}$  = peso al nacimiento del ternero  $o$ , del sexo  $i$ , del año de nacimiento  $j$ , de la edad del destete  $k$ , del año de destete  $l$ , del mes de destete  $m$ , del peso al nacimiento;

PN = media del peso al nacimiento

$b_2$  = coeficiente de regresión lineal de la variable  $Y$  en relación con la covariable peso al nacimiento (PN);

$e_{ijklmn}$  = error experimental asociado a la información.

**Modelo 3: para el peso al destete.**

$Y_{ijklmnop}$  = peso al destete de la cría  $o$ , del sexo de la cría  $i$  ( $i=1-2$ ), del año de

$$Y_{ijklmno} = \mu + A_i + B_j + b_1(ED_{ijklmno} - DE) + C_l + D_m + b_2(Pn_{ijklmno} - PN) + E_n + e_{ijklmno}$$

nacimiento  $j$  ( $j=1-3$ ), de la edad al destete  $k$ , del año del destete  $l$  ( $l=1-3$ ), del mes al destete  $m$  ( $m=1-12$ ), de la época de nacimiento  $n$  ( $n=1-2$ ).

Donde:

Las variables:  $A_i$ ,  $B_j$ ,  $b_1$ ,  $C_l$ ,  $D_m$ ,  $b_2$  y  $e_{ijklmno}$ . fueron descritas en el modelo anterior y:

$E_n$  = efecto de la época de nacimiento, donde  $n$  varió de 1-2.

Peso al destete ajustado por edad, cuyo promedio fue de 276 días

$$PADE = \frac{PRD - PN}{EDES} \times 276 + PN$$

PADE = peso al destete ajustado por edad.

PRD = peso real al destete

PN = peso al nacimiento

EDES = edad real del destete

**Modelo 4: para la ganancia diaria de peso desde el destete hasta los 18 meses y peso ajustado a los 540 días.**

$$Y_{iklmn} = \mu + S_i + b_1(PN_{ijklmn} - PN) + M_l + b_2(PD_{ijklmn} - PD) + e_{ijklmn}$$

Donde:

$Y_{ijklmn}$  = variable dependiente estudiada. (Ganancia de peso desde el destete hasta los 18 meses o peso ajustado a los 540 días) del individuo n, del sexo de la cría i (i=1-2), del peso al nacimiento k, del mes a los 18 meses l (l=1-12), del peso al destete m.

$\mu$  = promedio general de todas las observaciones.

$S_i$  = efecto de sexo donde i varió de 1-2.

$PN_k$  = efecto del peso al nacimiento de la cría.

$PN_{ijklmn}$  = peso al nacimiento de la cría n, del sexo i, del peso al nacimiento k, del mes a los 18 meses l y del peso al destete n

$PN$  = media del peso al nacimiento

$b_1$  = coeficiente de regresión lineal de la variable Y en relación con el peso al nacimiento

$M_l$  = efecto del mes a los 18 meses

$PD_m$  = efecto del peso al destete de la cría

$PD_{ijklmn}$  = peso al destete de la cría n, del sexo i, del peso al nacimiento k, del mes a los 18 meses l y del peso al destete m

$PD$  = media del peso al destete

$b_2$  = coeficiente de regresión lineal de la variable Y en relación con el peso al destete

$e_{ijklmn}$  = error experimental asociado a la información

En este último modelo no se tuvo en cuenta el efecto de la época de destete.

Las fórmulas utilizadas para ajustar por edad el peso a los 540 días y la GDPD a esta edad fueron respectivamente:

$$PA_{540} = \frac{PRP - PRD}{DEP} \times 264 + PAD$$

Donde:

$PA_{540}$  = peso posdestete ajustado a la edad de 540 días

$PRPD$  = peso real posdestete

$PRD$  = peso real al destete

$DEP$  = días entre el peso al destete y al posdestete

$PAD$  = peso al destete ajustado (por edad y por todos los factores que presentaron efecto significativo).

Donde:

$GDDPD$  = ganancia de peso diaria desde el destete hasta los 540 días

$PA_{540}$  = peso posdestete ajustado a los 540 días.

$$\text{Heterosis (\%)} = \frac{\bar{X} \text{ del cruce FI (Aa x C)} - \bar{X} \text{ del Cebú}}{\bar{X} \text{ del Cebú}} \times 100$$

PAD = peso al destete ajustado (por edad y por todos los factores que presentaron efecto significativo).

El modelo final para peso posdestete ajustado a 540 días y para la GDPD hasta esta edad fue el resultado de eliminar de un modelo inicial los efectos no significativos. Para determinar la significancia o no de las diferencias entre las medias ajustadas de los grupos raciales y por lo tanto de la heterosis, se utilizaron los contrastes ortogonales obtenidos dentro del mismo programa de mínimos cuadrados. Una vez determinada la significancia se corrieron los mismos modelos descritos anteriormente para cada una de las variables dentro de los grupos raciales. El porcentaje de heterosis fue calculado de la siguiente forma:

Para hallar la heterosis de las variables ganancia diaria del destete a los 18 meses y peso a los 18 meses, se utilizó la fórmula citada anteriormente teniendo en cuenta el peso ajustado al destete por todos los efectos que fueron

significativos en el modelo 3 (peso al destete). Lo anterior se hizo con el propósito de obtener estimados mucho más confiables de los promedios para cada una de estas variables al reducir el efecto de todos aquellos factores que inciden sobre el peso al destete.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la estimación de la heterosis de las variables se corrieron varios modelos estadísticos en los cuales se incluyeron, además del grupo genético de la cría, todos aquellos efectos no genéticos que presentaron mayor incidencia en la variación de las mismas.

Una vez comprobada la diferencia significativa entre las medias de los grupos raciales, por medio de los contrastes ortogonales, se corrieron los mismos modelos dentro de cada grupo racial con el propósito de obtener los promedios (Tabla 3) utilizados para la estimación de los respectivos porcentajes de heterosis (Tabla 4.)

**Tabla 3.** Medias y contrastes ortogonales de los grupos genéticos para las variables estudiadas.

Variables evaluadas	Grupos Raciales			
	Aberdeen Angus x Cebú		Cebú	
	Media estimada	Error estándar	Media estimada	Error estándar
Peso al nacimiento	30,42 kg <sup>a</sup>	0,107	30,62 kg <sup>b*</sup>	0,095
Ganancia diaria predestete	625,2 g <sup>a</sup>	0,014	550,1 g <sup>b**</sup>	0,020
Peso al destete	198,56 kg <sup>a</sup>	4,15	178,28 kg <sup>b**</sup>	5,63
Ganancia diaria posdestete +	402,58 g <sup>a</sup>	15,83	249,04 g <sup>b**</sup>	11,48

$$GDDPD = \frac{PA540 - PAD}{264}$$

Peso a los 18 meses +	298,97 kg <sup>a</sup>	4,19	247,75 kg <sup>b**</sup>	3,01
-----------------------	------------------------	------	--------------------------	------

+ Valor de los promedios encontrados para estas variables utilizando el peso al destete ajustado por todos los factores que fueron significativos en cada grupo racial.  
a, b Medias con letras diferentes en la misma línea fueron diferentes  
\* (P ≤ 0,05)  
\*\* (P ≤ 0,01)

**Tabla 4.** Porcentaje de heterosis para las variables estudiadas en el cruce Aberdeen Angus x Cebú comercial.

Variable	% de Heterosis <sup>a</sup>
Peso al nacimiento	-0,65 *
Ganancia diaria predestete	13,63 **
Peso al destete	11,30 **
Ganancia diaria posdestete +	61,64 **
Peso a los 18 meses +	20,67 **

a % de heterosis hallado con peso al destete ajustado por todos los efectos que fueron significativos en cada grupo racial.  
+ Valor de los promedios encontrados para estas variables utilizando el peso al destete ajustado por todos los factores que fueron significativos en cada grupo racial.  
\* (P ≤ 0,05)  
\*\* (P ≤ 0,01)

**ESTIMACIÓN DE LA HETEROSIS PARA EL PESO AL NACIMIENTO**

En el análisis de varianza presentado en la Tabla 5, se pueden observar los efectos que resultaron significativos. Esto concordando con Cárdenas y Saldarriaga (1992) y Arcila *et al* (1984). El promedio ajusta para el peso al nacimiento fue

30,51 ± 0,071 kg; el valor  $\Gamma^2$  fue 2%, debido posiblemente a que no se tuvo en cuenta otros factores de mayor incidencia sobre esta característica como la edad de la madre. Las medias estimadas para cada uno de los grupos raciales fueron: 30,42 kg ± 0,107 para el cruce F1 Aberdeen Angus x Cebú comercial y 30,62 kg ± 0,095 para el Cebú comercial (Tabla 3).

**Tabla 5.** análisis de varianza para el peso al nacimiento.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Signif.
Total	2032	8509.9192			
Mes nacimiento	11	96.9837	8.8167	2.141	*
Año nacimiento	2	45.2984	22.6492	5.599	**
Grupo racial	1	17.0449	17.0449	4.138	*

Sexo	1	35.9769	35.9769	8.735	**
Error	2016	8303.2497	4.1186		

Promedio real: 30,349 DS:  $\pm 2,029$  CV: 6,69%  $\Gamma^2$ : 0,024

\*\* (P < 0,01)

\* (P < 0,05)

El porcentaje de heterosis calculado para esta característica fue -0,65% ( $P \leq 0,05$ ) (Tabla 4), lo cual indica que el peso al nacimiento del ganado cruzado Aberdeen x Cebú está por debajo del peso al nacimiento alcanzado por el Cebú. Estos resultados concuerdan con Ageep (1991) quien obtuvo heterosis de -4,7% (entre razas nativas del Sudán) y Kim (1991) en cruces de Brahman x Chejú y Charolais x Chejú. Otros autores concuerdan en afirmar que las crías que tienen padres Aberdeen Angus con madres Aberdeen o de otras razas presentan pesos al nacimiento más livianos que crías que tienen padres de otras razas (Reynolds, 1976; Maule, 1976; Joandete, 1976). Sin embargo, lo anterior no concuerda con otros autores consultados para diferentes cruces *Bos taurus* x *Bos indicus* a saber: Bazer (1976); Long (1980); Martínez *et al* (1994); Plasse (1976); Saavedra y Reyes (1973); Stonaker (1971) y Warnick (1976).

### ESTIMACIÓN DE LA HETEROSIS PARA LA GANANCIA DIARIA PREDESTETE.

La media ajustada para la ganancia diaria predestete fue  $0,59698 \pm 0,0098$  kg, el coeficiente de variación de 16,52% y el  $\Gamma^2$  igual al 36% (Tabla 6), lo cual indica el porcentaje de la variación en la variable que es explicada por la variación en los efec-

tos tenidos en cuenta en el modelo.

Es importante anotar que en este y en otros modelos se obtuvieron coeficientes de determinación del 100% cuando se incluyeron variables muy relacionadas con la variable evaluada, como por ejemplo el peso al destete o la ganancia diaria predestete. Lo anterior no fue aceptado debido a que se podrían enmascarar otros efectos necesarios a tener en cuenta al momento de tener un buen estimado de la heterosis.

**Tabla 6.** Análisis de varianza para la ganancia diaria predestete.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Signif.
Total	2032	28.8477			
Mes destete	8	0.3326	0.0415	4.563	**
Año destete	2	0.0959	0.0479	5.264	**

Heterosis para el peso y la ganancia.....

Grupo racial	1	0.77874	0.7874	85.420	**
Sexo	1	0.4276	0.4276	46.939	**
Año nacimiento	2	0.1352	0.0656	7.205	**
Regresiones					
Edad destete	1	5.3029	5.3029	581.997	**
Peso nacimiento	1	.0745	.7458	8.186	**
Error	2015	.0091	4.1186		

Promedio real: 0,57786      DS:  $\pm 0,095$       CV: 16,52%       $\Gamma^2$ : 0,364

\*\* (P < 0,01)

\* (P < 0,05)

Como se anotó anteriormente, de acuerdo con Van Vleck (1993) variables como peso al nacimiento, ganancia de peso predestete y peso al destete son afectadas por los valores de cría de los padres, el efecto genético materno y el efecto extra de la heterosis. Para estos casos según Mrode (1995) es necesario utilizar el modelo animal el cual se basa en la aplicación de un modelo lineal mixto. Este requiere información disponible para su aplicación y así estimar con mayor precisión la heterosis evitando ser confundida con el efecto materno; en la presente investigación debido a las dificultades para obtener una adecuada información no fue posible la aplicación del modelo mixto y, por lo tanto, se estimó la heterosis basándose en un modelo fijo. Aunque esto puede tener como consecuencia un efecto sobre la precisión del estimado de la heterosis.

En el modelo propuesto para la variable fueron altamente significativos

los efectos mes de destete, año de destete, grupo racial, sexo y año de nacimiento (P<0,01) lo cual coincide con Cárdenas y Saldarriaga (1992); Quijano (1981) y Plasse (1972) citado por Arcila *et al* (1984). Así mismo, resultaron significativas (P<0,01) las regresiones de la ganancia diaria predestete con el peso al nacimiento y la edad al destete, las cuales fueron incluidas como covariables para reducir el posible efecto sobre la característica estudiada.

Las medias estimadas para cada uno de los grupos raciales fueron  $625,2 \pm 0,014$  g para el cruce F1 Aberdeen Angus x Cebú y  $550,1 \pm 0,02$  para el Cebú (Tabla 4).

El porcentaje de heterosis estimado para esta variable fue 13,63% (P<0,01) (Tabla 4), lo que indica que hay heterosis positiva a favor del cruce; este

valor es similar a 13,97% que es el promedio relatado por los autores consultados para el cruce Brahman x Aberdeen Angus y su recíproco; no obstante, es menor al encontrado por Peacock *et al* (1976), en un estudio realizado en la Florida (EE-UU) (14,6%).

### ESTIMACION DE LA HETEROSIS PARA EL PESO AL DESTETE

La media ajustada para el peso al destete fue  $189,51 \pm 2,79$  kg con coeficiente de variación de 14,12% y  $\Gamma^2$  de 13,4% (Tabla 7).

**Tabla 7.** Análisis de varianza para el peso al destete

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Signif.
Total	2032	1634860.4252			
Mes destete	8	21802.4535	2725.3066	3.878	**
Año destete	2	5446.4274	2723.2132	3.875	*
Epoca nacimiento	1	5500.4040	5.500.4040	7.827	**
Grupo racial	1	62607.4667	62607.4667	89.085	**
Sexo	1	31668.6232	31668.6232	45.062	**
Año nacimiento	2	17514.1060	8757.0530	12.461	**
Regresiones					
Edad destete	1	6012.3435	6012.3435	8.555	**
Peso nacimiento	1	30445.9271	30445.9271	43.322	**
Error	2014	1415406.2632	702.7836		

Promedio real: 187,685      DS:  $\pm 26,51$       CV: 14,12%       $\Gamma^2$ : 0,134

\*\* (P < 0,01)

\* (P < 0,05)

Diferentes investigadores han señalado la importancia del efecto de la edad de la madre sobre la variación de las variables predestete. No obstante debido a fallas en la información no fue posible tener en cuenta este factor lo

cual puede afectar la precisión en el estimado de heterosis para esta variable.

Las regresiones del peso al nacimiento y la edad al destete sobre el peso al destete fueron altamente significativas ( $P < 0,01$ ). La regresión del peso al nacimiento con el peso al destete fue  $1,938 \pm 0,291$  kg lo que significa que por cada incremento de 1 kg de peso al nacimiento aumenta el peso al destete en 1,94 kg, valor que concuerda con los resultados de Cardales 81994). De otro lado la regresión de la edad al destete sobre el peso al destete fue  $0,057 \pm 0,0195$  ( $P < 0,01$ ) lo que indica que por cada día

de aumento en la edad al destete aumenta en 0,057 kg el peso al destete.

El valor promedio obtenido para el cruce Aberdeen Angus x Cebú fue  $198,56 \pm 4,15$  kg y para el Cebú fue  $178,28 \pm 5,63$  kg (Tabla 4).

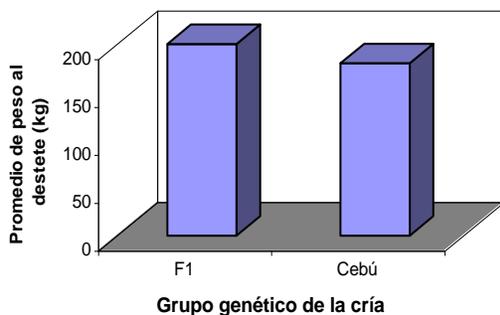
La heterosis para esta variable fue 11,3% ( $P \leq 0,01$ ), concordando con el promedio de los autores consultados que fue del 11,5%; sin embargo, se observó que el valor estimado estuvo por debajo al reportado por Brown *et al* (1993) para el mismo cruce (27,4%).

**Figura 2.** Promedio ajustado para el peso al destete en kg para el cruce Aberdeen Angus x Cebú (F1) y Cebú comercial.

### ESTIMACIÓN DE LA HETEROSIS PARA LA GANANCIA DIARIA POSDESTETE

La ganancia diaria posdestete presentó un promedio ajustado de

(Tabla 8). Este último se puede considerar relativamente alto al compararlo con el obtenido en cada grupo genético y particularmente con el coeficiente de variación, el cual fue para el cruce F1 Aberdeen Angus x Cebú del



$0,31270 \pm 0,0103$  kg, un coeficiente de variación de 41,2% y un  $\Gamma^2$  de 43%

26,92% y para el Cebú del 49,6%, este mayor valor en el Cebú puede ser

indicativo de mayores variaciones con respecto a la ganancia posdestete que en el grupo F1 Aberdeen x Cebú para aquellos factores que más inciden en la variable.

Se encontró efecto altamente significativo del grupo genético de la cría y del mes en que se realizó el pesaje a los 18 meses ( $P < 0,01$ ); el sexo tuvo efecto significativo ( $P < 0,05$ ) coincidiendo con los resultados obtenidos por Quintero y Serna (1994), Osorio y Quintero (1995) y Quijano (1981).

Como en los modelos anteriores se tuvieron en cuenta las covariables peso al nacimiento y peso al destete con el propósito de reducir cualquier efecto de

estos, encontrándose significativos para la ganancia diaria posdestete ( $P < 0,05$ ).

Para estimar la ganancia diaria posdestete se tuvo en cuenta dentro de la fórmula el peso al destete ajustado por todos aquellos factores significativos dentro de cada grupo genético. Para el F1 de Aberdeen Angus x Cebú: año de nacimiento, sexo, mes al destete, época de nacimiento y año de destete. Para el Cebú: sexo, época de nacimiento y el mes de destete. Este procedimiento se realizó con el propósito de reducir los posibles efectos predestete que enmascaran el crecimiento posdestete en caso de no tenerlos en cuenta. Lo anterior se hizo atendiendo los resultados obtenidos por Quintero y Serna (1994).

**Tabla 8.** Análisis de varianza para la ganancia diaria posdestete.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Signif.
Total	603	10.1655			
Mes a los 18	8	0.4284	0.0535	5.476	**
Grupo racial	1	2.7953	2.7953	285.783	**
Sexo	1	0.0589	0.0589	6.022	*
Regresiones					
Peso nacimiento	1	0.0506	0.0506	5.178	*
P. ajust. dest.	1	0.5813	0.5813	59.437	**
Error	590	5.7710	0.0097		

Promedio real: 0,240

DS:  $\pm 0,098$

CV: 41,20%

$\Gamma^2$ : 0,432

\*\* ( $P < 0,01$ )

\* ( $P < 0,05$ )

El porcentaje de heterosis fue 61,64 (P<0,01), el cual se considera alto si se compara con el promedio de diferentes autores, (21,65%); lo anterior indica una ganancia diaria posdestete de 402,58 ± 15,83 para el cruce F1 Aberdeen Angus x Cebú y de 249,04 ± 0,48 g para el Cebú, presentándose una marcada diferencia en favor del F1 de 153,54 g sobre el Cebú comercial.

Si se acepta que la ganancia diaria fue estimada después de reducir al máximo todos aquellos factores que la afectan, una de las posibles causas que explicarían los valores de heterosis tan diferentes encontrados en este estudio se debió a un tratamiento preferencial a los animales cruzados teniendo una mayor disponibilidad y calidad de forraje, debido a que en la hacienda se iniciaba

el programa del cruce mostrando gran preferencia por estos F1.

### ESTIMACION DE LA HETEROSIS PARA EL PESO A LOS 18 MESES

El peso a los 18 meses presentó un promedio ajustado de 264,191 ± 2,723 kg, un coeficiente de variación de 10,65% y  $\Gamma^2$  del 71% (Tabla 9). Se observa que los efectos altamente significativos fueron el grupo racial y el mes a los 18 meses (P<0,01), el sexo tuvo efecto significativo (P<0,05), mientras que la época al destete no presentó efectos estadísticamente significativos. Estos resultados son similares a los reportados por Quintero y Serna (1994) y Castaño y Uribe (1995).

**Tabla 9.** Análisis de varianza para el peso a los 18 meses.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Signif.
Total	603	1414767.5754			
Mes a los 18	8	30478.9000	3809.8625	5.592	**
Epoca destete	1	908.0109	908.0109	1.333	N.S
Grupo racial	1	171983.1615	171983.1615	252.421	**
Sexo	1	4252.7332	4252.7332	6.242	*
Regresiones					
Peso nacimiento	1	3449.0346	3449.0346	5.062	*
P. ajust. dest.	1	256279.7783	256279.7783	376.144	**
Error	589	401306.3505	681.3350		

Promedio real: 245,13      DS: ± 26,10      CV: 10,65%       $\Gamma^2$ : 0,716

\*\* (P < 0,01)

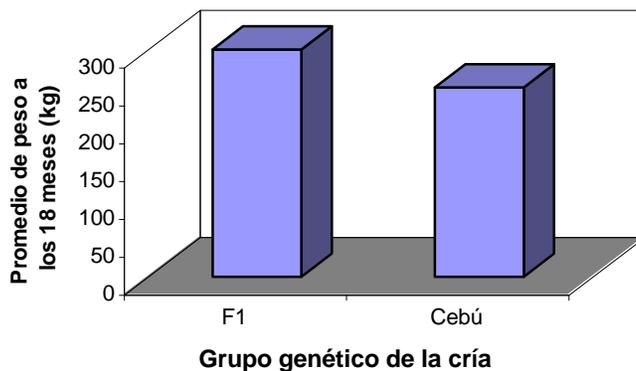
\* (P < 0,05)

N.S = No significativo

Como en los modelos anteriores se incluyeron como covariables el peso al nacimiento y el peso al destete, las cuales fueron significativas ( $P < 0,05$ ).

Para el peso a los 18 meses las medias estimadas fueron  $298,97 \pm 4,17$  kg para el cruce Aberdeen Angus x Cebú y  $247,75 \pm 3,01$  kg para el grupo Cebú comercial (Tabla 4).

El porcentaje de heterosis fue 20,67% ( $P < 0,01$ ), concordando con la mayoría de los autores cuyo promedio fue de 17,98%. Como se explicó en el caso inmediatamente anterior, este porcentaje de heterosis puede reflejar la tendencia preferencial de los animales cruzados por las razones anotadas anteriormente.



**Figura 3.** Promedio ajustado para peso a los 18 meses en kg para el cruce Aberdeen Angus x cebú (F1) y Cebú comercial.

#### BIBLIOGRAFIA

AGEEB, A. Performance and heterosis from crossing local cattle in the Sudan. *En: Tropical Animal Health and Production*. Vol. 23, No. 4 (1991); p.251-257. Original no consultado, resumen *En: O.A. Animal Breeding Abstracts*, 1992.

ALENCAR, Mauricio *et al.* Peso a desmama de bezerros da raça Nelore e cruzados Chanchim x Nelore e Marchigiana x Nelore. *En: Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Vol. 24, No. 6 (1995); p.917-925.

ARCILA, E.A. *et al.* Proyecto para el establecimiento de un registro oficial de producción del ganado de carne en Colombia.

Medellín, 1984. 175p. Trabajo de Grado (Zootecnista). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

BAZER, F.W. Resumen de veinte años sobre efectos heterocigóticos de la reproducción del ganado de Florida E.U.A. *En: KOGER, Marvin et al. Cruzamientos en ganado vacuno de carne*. Montevideo: Hemisferio Sur, Compendio, 1976. p.157-165.

BROWN, M.A. *et al.* Genotype x environment interactions in postweaning performance to yearling in Angus, Brahman and reciprocal-cross calves. *En: Journal of Animal Science*. Vol. 71, No. 12 (1993); p.3273-3279.

CARDALES BARRIOS, Andrés. Evaluación de algunos factores genético-ambientales que afectan el peso al destete en cruces de raza europeo por Cebú y criollo. Medellín, 1994. 59p. Trabajo de Grado (Zootecnista). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

CÁRDENAS, S.I. y SALDARRIAGA, N.I. Factores que afectan el peso al nacimiento, al destete y la ganancia diaria predestete en bovinos mestizos con amamantamiento restringido. Medellín, 1992. 155p. Trabajo de Grado (Zootecnista). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

CARDONA, L.D. y RICARDO, D.J. Comparación de tres grupos genéticos en un hato Cebú-Cruzado para producción de leche vendible, peso destete e intervalo entre partos. Medellín, 1994. 76p. Trabajo de Grado (Zootecnista). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias

CARLTWRIGHT, T.C. Comparación entre vacas F1 con las de raza pura y otros cruces. *En*: KOGER, Marvin *et al.* Cruzamientos en ganado vacuno de carne. Montevideo: Hemisferio Sur, Compendio, 1976. p.62-80.

CASTAÑO, I. y URIBE, S. Factores genéticos y ambientales que afectan el peso a los 16 meses en el ganado Romosinuano y sus cruces. Medellín, 1995. 67p. Trabajo de Grado (Zootecnista). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

CUNDIFF, L.V. Experimental results on crossbreeding cattle for beef production. *En*: Journal of Animal Science. Vol. 30, No. 4 (1980); 694p. Citado por MARTINEZ, Germán *et al.* Evaluación de parámetros reproductivos de la raza Shaver y sus cruces con Cebú. *En*: El Cebú. Vol. 29, No. 66/67 (1992); p.66-82.

CHAPMAN, H.D. *et al.* Programas de cruzamiento rotativo con dos y tres razas, en Angus, Polled Hereford y Santa Gertrudis. *En*: KOGER, Marvin *et al.* Cruzamientos en ganado vacuno de carne. Montevideo: Hemisferio Sur, Compendio, 1976. p.90-110.

HARVEY, W.R. User's guide for LSMLMW PC-1 version mixel model leastsquares and maximum likelihood compster program. Ohio: s.n., 1988. 59p.

HERNANDEZ, B.G. Genetic factors in beef cattle crosses in Colombia (U.S.A.). 1976. 163p. citado por: MARTINEZ, Germán *et al.* Evaluación de parámetros reproductivos de la raza Shaver y sus cruces con Cebú. *En*: El Cebú. Vol. 29, No. 66/67 (1992); p.66-82.

HINOJOSA, *et al.* Comportamiento predestete de becerros F1 de madres Cebú y padres de razas Brahman y europeas. *En*: Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de México. Vol. 10, No. 2 (1979); p.115-120.

JOANDET, G.E. Cruzamiento en la Argentina. *En*: KOGER, Marvin *et al.* Cruzamientos en ganado vacuno de carne. Montevideo: Hemisferio Sur, Compendio, 1976. p.522-535.

KIM, D.C. *et al.* Studies on improvement of Cheju native cattle by three-breed crossing 2. Heterosis effects of two and three way crossbreeds of Cheju cattle with Brahman, Santa Gertrudis, Charolais and Holstein. *En*: Research Reports of the Rural Development Administration, Livestock. Vol. 33, No. 2 (1991); p.610. Original no consultado, resumen *En*: O.A. Animal Breeding Abstracts, 1993.

LASLEY, F.J. Genética del mejoramiento del ganado. 1ed. México: UTEHA, 1963. 368p.

LONG, C.R. Crossbreeding for beef production: experimental results. *En*: Journal of Animal Science. Vol. 51, No. 5 (1980); p.1197-1222.

MARTÍNEZ, Germán *et al.* Evaluación de parámetros reproductivos de la raza Shaver y sus cruces con Cebú. *En*: El Cebú. Vol. 29, No. 66/67 (1992); p.66-82.

\_\_\_\_\_. Heterosis de características de crecimiento postdestete de Bon, Cebú y sus cruces con Charolais y Santa Gertrudis. *En*: Revista ICA. Vol. 29, No. 2 (1994); p.151-163.

\_\_\_\_\_. Heterosis del crecimiento predestete de Bon, Cebú y sus cruces con Charolais y Santa Gertrudis. *En*: Revista ICA. Vol. 29, No. 2 (1994); p.135-149.

MASCIOLI, Artur *et al.* Influência de fatores de meio sobre pesos de animais de raça Canchim.

*En: Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Vol. 25, No. 5 (1996); p.853-865.*

MAULE, J.P. Comportamiento de las razas de ganado de carne por razas lecheras para la producción de carne en Europa. *En: KOGER, Marvin et al. Cruzamientos en ganado vacuno de carne. Montevideo: Hemisferio Sur, Compendio, 1976. p.249-258.*

MONTOYA, Germán. Crecimiento ponderal desde el destete hasta los 18 meses, en ganado cebú (Brahman y Brahman x Guzerá). Medellín, 1995. 88p. Trabajo de Grado (Zootecnista). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

MRODE, R.A. Linear models for the prediction of animal breeding values. 1ed. Guildford: CAB International, 1996. 187p.

OSORIO, E. y QUINTERO, O. Estimación de las heredabilidades de los pesos y ganancia de peso desde el destete hasta los diez y ocho meses, en las razas Nelore, Brahman y sus cruces. Medellín, 1995. 77p. Trabajo de Grado (Zootecnista). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

PEACOCK, F.M. *et al.* Comportamiento productivo de distintas razas de ganado para carne y cruzamientos en el estado de Florida (EUA). *En: KOGER, Marvin Marvin et al. Cruzamientos en ganado vacuno de carne. Montevideo: Hemisferio Sur, Compendio, 1976. p.55-60.*

PLASSE, Dieter. Cruzamiento de razas Cebú, nativas y europeas en Venezuela y otros países de América Latina. *En: KOGER, Marvin Marvin et al. Cruzamientos en ganado vacuno de carne. Montevideo: Hemisferio Sur, Compendio, 1976. p.505-521.*

\_\_\_\_\_. El uso de ganado criollo en programas de cruzamiento para la producción de carne en América Latina. *En: Recursos genéticos animales en América Latina.: Ganado Criollo y especies de altura. Roma: FAO, 1981. No. 22. p.77-107.*

\_\_\_\_\_. *et al.* Preweaning performance of Criollo and Brahman Calves and their reciprocal crosses. *En: 2<sup>nd</sup> World Conference of Animal Production. Proceeding 132. 1968. Citado por: PLASSE, D. El uso de ganado criollo en*

programas de cruzamiento para la producción de carne en América Latina. *En: Recursos genéticos animales en América Latina.: Ganado Criollo y especies de altura. Roma: FAO, 1981. No. 22. p.77-107.*

QUIJANO BERNAL, Jorge H. Estudo de alguns fatores genéticos e de ambiente que afetam os ganhos de peso médios diários do nascimento aos 205, 360 e 540 dias de idade em um rebanho Nelore. Belo Horizonte, 1981. 66p. Tesis. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. Brazil.

QUINTERO, J.C. y SERNA, M.A. Factores medio ambientales que afectan la ganancia de peso del destete a los 18 meses en las razas Nelore, Brahman y sus cruces. Medellín, 1994. 48p. Trabajo de Grado (Zootecnista). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

REYNOLDS, W.L. Reproducción de Brahman, Angus, Africander y sus cruces en Jeanerette, Louisiana USA. *En: KOGER, Marvin et al. Cruzamientos en ganado vacuno de carne. Montevideo: Hemisferio Sur, Compendio, 1976. p.166-174.*

ROBERSON, R.L. Direct and maternal genetic effects on preweaning characters of Brahman, Hereford and Brahman-Hereford crossbreed cattle. *En: Journal of Animal Science. Vol. 63, No. 2 (1988); p.438-446.*

SAAVEDRA, Gerardo y REYES, Victor. Efecto de la heterosis o vigor híbrido en diferentes cruces realizados en Colombia. Medellín, 1973. 66p. Seminario (Zootecnia). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

STONAKER, H.H. Animal breeding in the tropics of Latin America. *En: Journal of Animal Science. Vol. 33, No. 1 (1971); p.1-6.*

VAN VLECK, L.D. Selection index and introduction to mixed model methods. Florida, USA: CRC, Press, 1993. 481p.

WARNICK, A.C. *et al.* Conversión alimenticia en vacas de pura raza y cruces alimentados en confinamiento. *En: KOGER, Marvin Marvin et al. Cruzamientos en ganado vacuno de carne. Montevideo: Hemisferio Sur, Compendio, 1976. p.150-156.*

Heterosis para el peso y la ganancia.....