

# HETEROSIS PARA PESOS A LOS 18 MESES Y SACRIFICIO EN UN HATO CEBÚ-CRUZADO

Juan David Llano Arango<sup>1</sup>; Camilo Montoya Serna<sup>2</sup>  
y Elkin Mauricio Arboleda Zapata<sup>3</sup>

---

## RESUMEN

*El objetivo de la presente investigación fue evaluar comparativamente los pesos a los 18 meses y al sacrificio de machos cruzados  $\frac{1}{4}$  Bos taurus (Aberdeen Angus, Holstein, Simmental Americano, Simmental Alemán) por Cebú y animales Brahman puros, Cebú Comercial y Mestizos.*

*Para determinar la influencia de los diferentes factores genéticos y no genéticos sobre las características estudiadas se utilizó el programa de mínimos cuadrados. Los efectos incluidos en los modelos peso a los 18 meses, peso y edad al sacrificio fueron: mes de destete, año de destete, mes a los 18 meses, año a los 18 meses, mes de sacrificio, año de sacrificio, grupo genético del animal, hacienda a los 18 meses, hacienda de ceba. Según el modelo a estudiar, como covariables se tuvieron en cuenta: el peso al nacimiento, el peso al destete, peso a los 18 meses, peso al sacrificio, edad al destete, edad a los 18 meses y edad al sacrificio. La mayoría de los factores, genéticos y no genéticos, dieron efecto significativo ( $p < 0,01$ ); no tuvo significancia la edad de destete para el modelo de peso al sacrificio. La estimación de la heterosis para cada uno de los grupos genéticos se hizo una vez realizados los contrastes ortogonales para las variables relevantes.*

*Para el peso a los 18 meses el porcentaje de heterosis promedio fue de 5,22% donde el grupo de animales  $\frac{3}{4}$  Cebú Comercial –  $\frac{1}{4}$  Holstein presentaron el mejor comporta-*

---

<sup>1</sup> Zootecnista. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1279, Medellín, Colombia.

<sup>2</sup> Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1279, Medellín, Colombia. - cmontoya@unalmed.edu.co

<sup>3</sup> Profesor Auxiliar. Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Agrarias. A.A. 1226, Medellín, Colombia. - elkinarbol@agronica.udea.edu.co

miento con 7,48%. El peso al sacrificio mostró un porcentaje de heterosis promedio de 3,76%, en el cual los animales  $\frac{3}{4}$  Cebú Comercial –  $\frac{1}{4}$  Aberdeen Angus obtuvieron el más alto porcentaje con 4,85%. En la edad de sacrificio se encontró un porcentaje de heterosis promedio de –5,68%, en la cual los animales  $\frac{3}{4}$  Cebú Comercial –  $\frac{1}{4}$  Aberdeen Angus presentaron el mejor porcentaje con –10,52%.

**Palabras claves:** bovinos, *Bos taurus* X *Bos indicus*, cruzamiento, características productivas, factores genéticos, factores no genéticos, heterosis, mínimos cuadrados de Harvey.

## ABSTRACT

### HETEROSIS FOR WEIGHT AT 18 MONTHS AND AT SLAUGHTER IN A CLUSTER ZEBU-CROSS

The objective of the present investigation was to evaluate the weights at 18 months and at slaughter of males crossed  $\frac{1}{4}$  *Bos taurus* (Aberdeen Angus, Holstein, American Simmental, German Simmental) with Zebu and pure Brahman animals, Commercial Zebus and half breeds.

To determine the influence of different genetic and non-genetic factors on the studied characteristics, the program of minimum squares was used. The effects included in the models for weight to 18 months, weight and age to sacrifice were: month and year at weaning, month and year at 18 months, month and year at slaughter, genetic group of the animal, ranch at 18 months, and fattening ranch. Depending on the model considered, covariates included: weight at birth and weaning, weight at 18 months, slaughter weight, age at 18 months and age at slaughter. Most of the factors, genetic and non-genetic, produced significant effects ( $p \leq 0,01$ ); except for weaning age. The heterosis estimation for each genetic group was performed once orthogonal contrasts between genetic groups were made in each one the characteristics that significant results.

For the weight at 18 months analysis, the mean percentage of heterosis was 5,22%, where the  $\frac{3}{4}$  Commercial Zebu -  $\frac{1}{4}$  Holstein group of animals presented the best performance with 7,48%. Weight at sacrifice showed a mean percentage of heterosis of 3,76%, in which the  $\frac{3}{4}$  Commercial Zebu -  $\frac{1}{4}$  Aberdeen Angus animals obtained the highest percentage of 4,85%. For slaughter age a mean percentage of heterosis of –5,68% was documented, in which the  $\frac{3}{4}$  Zebu Commercial -  $\frac{1}{4}$  Aberdeen Angus animals presented the highest percentage of –10,52%.

**Key words:** bovines, *Bos taurus* x *Bos indicus*, crossing, productive characteristics, genetic factors, non-genetic factors, heterosis, Harvet's square minima.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a la Empresa Echeverry Botero y Cia, en especial a su gerente, Zootecnista Flavio

## INTRODUCCION

En las ganaderías de carne en Colombia es frecuente encontrar bajas producciones debido al poco rendimiento en ganancias de peso, bajos pesos a edades determinadas y baja eficiencia reproductiva.

En condiciones de pastoreo, los pesos posdestete constituyen una medida adecuada para evaluar el potencial genético relativo al crecimiento. Esto ha hecho que muchos ganaderos buscando alternativas de mejorar la producción, hayan recurrido a la introducción de nuevas razas, con la esperanza de obtener mejores rendimientos productivos y reproductivos.

En la hacienda Florencia se vienen utilizando desde hace algún tiempo, los cruces de algunas razas *Bos taurus* con el Cebú, bajo la perspectiva de obtener mayores rendimientos en la ceba y en el menor tiempo posible, en los machos. Por ello se realizó esta investigación en la que se precisó que grupos raciales producen un mejor comportamiento para estas características bajo las condiciones propias de las haciendas de ceba y que factores medio-ambientales pueden estar limitando la expresión del potencial genético. Una de las estrategias 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 un manejo cuidadoso de aquellos efectos medio ambientales que puedan estar sesgando la estimación de las ventajas genéticas expresadas. En consecuencia se evaluaron comparativamente los pesos

Enrique Pérez Gómez, por haber permitido la realización de la presente investigación y por todo el apoyo brindado durante la misma.

a los 18 meses y al sacrificio en los machos de los diferentes cruces realizados.

Uno de los propósitos del trabajo fue calcular la heterosis para las características peso a los 18 meses, peso y edad al sacrificio de diferentes cruces de animales *Bos taurus* por Cebú Comercial contra el Cebú Comercial que fue el grupo tenido en cuenta como referencia. La investigación permite determinar las ventajas comparativas de los diferentes cruces involucrados con el propósito de tomar decisiones acertadas con respecto a las políticas de cruzamiento que se han venido trabajando en la citada ganadería para que conduzcan a un mejor aprovechamiento de las condiciones de las haciendas.

Factores que afectan el peso a los 18 meses. Entre los factores genéticos que mas afectan el peso a los 18 meses se han encontrado el padre de la cría y el grupo genético. Entre los ambientales los más estudiados han sido: sexo de la cría, año de nacimiento, época de nacimiento, edad de la madre al parto, mes a los 18 meses, año a los 18 meses, hato, peso al nacimiento y peso al destete (Biffani *et al.*, 1999; Monsalve y Roldán, 1997; Arango y Gaviria, 1997; Quintero y Serna, 1994; Rico y Planas, 1994-1989; Oliveira y Lobo, 1992; Martínez *et al.*, 1992; Costa *et al.*, 1985; Milagres *et al.*, 1985; Bergmann *et al.*, 1983; Plasse, 1983; Quijano, 1981).

En la Tabla 1 se reportan algunos pesos a los 18 meses de diferentes grupos raciales en bovinos.

**Tabla 1.** Pesos a los 18 meses de grupos raciales de bovinos en varios países del mundo.

Fuente	Año	Lugar	Raza	Nº observaciones	Sexo	Peso a los 18 meses (kg)
Arango y Gaviria	1997	Colombia	½ Angus ½ Cebú		M/H	298,97 ± 4,17
			Cebú		M/H	247,75 ± 3,01
Monsalve y Roldan	1997	Colombia	½ Angus ½ Cebú			339,90 235,63
Quintero y Serna	1994	Colombia	Nelore ( N )	277	M/H	320,23 ± 1,65
			Brahman ( B )	276	"	324,24 ± 1,55
			½ N ½ B	439	"	321,85 ± 1,27
			¼ N ¼ B	400	"	323,10 ± 1,47
Rico y Planas	1994	Cuba	Cebú.	1360	M	379,30 ± 1,17
Rico y Planas	1989	Cuba	Cebú.	719	M	373,20 ± 2,10
Plasse D.	1979	Venezuela	Brahman	129	M	244
			F1. Brahman	170	"	259
			Cruzas	254	"	268
Frisch y O'Neill	1998	Australia	Brahman	71	M	353,20 ± 3,50
Galvis y Giraldo	1986	Colombia.	Simmental, F1 Cebú.		M	312,90
					"	280,10

Factores que afectan el peso al sacrificio. Son pocas las investigaciones que se han hecho con respecto a los factores que afectan los pesos y edades al sacrificio en los bovinos, igual que trabajos que indiquen pesos y edades determinados al sacrificio.

Llano (2000) encontró efecto significativo ( $p < 0,01$ ) del año de destete, grupo genético de la cría, hato de ceba, peso al nacimiento, peso al destete, edad al sacrificio, y efecto del mes de destete sobre el peso al sacrificio ( $p < 0,05$ ).

El ganado vacuno se lleva al sacrificio a una edad o peso vivo constantes. Por lo tanto, es preferible realizar comparaciones sobre la base de un peso vivo fijo, ya que ha quedado demostrado que el desarrollo corporal depende del peso (Berg, 1967; citado por Menéndez *et al.*, 1979).

Pesos de sacrificio. En la Tabla 2 se reportan pesos de sacrificio de bovinos de diferentes razas y cruces.

Como se puede observar en la Tabla 2 donde se reportan varios estudios en diferentes países, especialmente de América Latina, se obtiene un promedio de 463 kg para la característica peso al sacrificio. La variación que se observa para la característica en cuestión es baja, lo cual concuerda con lo expresado anteriormente.

Cruzamiento – Heterosis. El cruzamiento parece ser uno de los sistemas más eficaces para que el ganadero de las zonas tropicales pueda aumentar la producción de carne. Este da la oportunidad de combinar los mejores genes de dos o más razas, y de este modo aumentar la producción, o sea, producir animales comerciales con una combinación de características deseables que no se encuentran en ninguna otra raza; además de darle una mayor adaptabilidad al animal en el medio, mayor rusticidad, tolerancia al calor, resistencia a enfermedades y parásitos, en combinación con las características de producción (Saavedra y Reyes, 1973).

**Tabla 2.** Pesos de sacrificios de bovinos de diferentes razas y cruces en varios países productores.

Fuente	Año	Lugar	Raza	Nº observaciones	Sexo	P. Sac. (kg)	E. Sac (días)
Plasse D	1975	Brasil	¼ Charolais (Ch) , ¾ Cebú ( C )		M	433	730
Galvis y Giraldo	1986	Colombia	Brahman	5	M	498	730
			½ Simmental ½ Cebú	5	"	466	730
			Cebú	5	"	455	1095
Menéndez, <i>et al.</i>	1979	Australia	Simmental	12	"	497,6	1081
			Friesian	12	"	503,3	1048
		Cuba	Cebú	106	M	390	513,15
			Holstein , Cebú	74	"	415	553,33
			Charolais x Cebú	10	"	421	397,17
Monsalve y Roldán	1994	Colombia	Angus		M	468,4	
			Brahman Gris		"	499,7	
			Brahman Rojo		"	511,0	

P. sac = peso al sacrificio en kilogramos

E. sac = edad al sacrificio en días

Se sabe, por resultados experimentales, que existe una relación general entre las proporciones relativas de efectos aditivos y no aditivos de varias características de importancia económica en los bovinos. En términos generales, características que obedecen en mayor proporción a efectos aditivos tienen mayor heredabilidad y responden en mayor grado a la selección. Contrariamente, características que obedecen a una baja proporción de efectos aditivos tienen una baja heredabilidad, responden menos a la selección, pero tienen mayores niveles de heterosis cuando se practican los cruzamientos (Martínez, 1991).

Heterosis para peso a los 18 meses. Como un resumen de la literatura consultada, se elaboró la Tabla 3 en el cual se pueden observar los valores de heterosis para la característica peso a los 18 meses.

Heterosis para peso y edad al sacrificio. De acuerdo con Martínez (1991), para el peso adulto y características de la canal, se espera una heredabilidad alta y un vigor híbrido bajo.

Los animales cruzados tienden a alcanzar mayor peso por día de edad y mayor peso de cortes al por menor. Dichas características se relacionan de manera directa con mayor índice de crecimiento y posiblemente mayor peso a la faena a una edad constante, o animales más jóvenes a un peso de faena estandarizado. El efecto heterósico sobre estas características resulta más significativo a edades tempranas y disminuye en importancia con mayor edad. (Carpenter, 1970).

En las Tablas 4 y 5 se presentan algunas heterosis halladas para peso y edad al sacrificio calculados con base en la información de diferentes grupos raciales.

**Tabla 3.** Porcentajes de heterosis en bovinos para peso a los 18 meses.

Autor y año	País	Razas	% Heterosis
Arango y Gaviria, 1997	Colombia	Angus x Cebú	20,67
Martínez, 1994	Colombia	Bon x Cebú	16,24
Salazar, 1976	Colombia	Romo x Cebú	24 m-19 h
Saavedra y Reyes, 1973	Colombia	Cebú x Romo	22,90
Plasse, 1979	Venezuela	Criollo x Cebú	17 m-19 h

**Tabla 4.** Porcentajes de heterosis en bovinos para peso al sacrificio.

Autor y año	Razas	% Heterosis
Chapman, Clyburn y McCormick, 1976	Angus x Hereford	3,70
Chapman, Clyburn y McCormick, 1976	Angus x S. Gertrudis	3,00
Chapman, Clyburn y McCormick, 1976	Hereford x S. Gertrudis	3,00
Chapman, Clyburn y McCormick, 1976	A x H x S. G.	6,80

**Tabla 5.** Porcentajes de heterosis en bovinos para edad al sacrificio.

Autor y año	Razas	% Heterosis
Maule, 1976	Hereford x Holstein	-4,25
Maule, 1976	Angus x Holstein	-4,25
Maule, 1976	Hereford x Shorthorn	-3,80
Maule, 1976	Angus x Shorthorn	-4,30

## MATERIALES Y METODOS

**Localización.** El trabajo de campo se realizó en las Haciendas Florencia, Macumba y San Silvestre; la zona de estudio se ubica en el departamento de Sucre dentro de la clasificación de zona ecuatorial, situada aproximadamente entre los 10° N, 9-10° S y en el punto de 75° 40' longitud oeste de Greenwich. (IGAC, 1969). Esta región corresponde a una zona de vida bosque seco tropical (bs-T), donde se distinguen dos épocas climáticas al año, debidas a la influencia de los vientos alisios: una seca de diciembre hasta abril y otra húmeda de mayo a noviembre, en julio hay una disminución de las lluvias que va hasta agosto llamada veranillo.

La hacienda Florencia está localizada en el municipio de San Onofre, a una altura de 55 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 28° C, con un promedio de precipitación anual de 1100 mm. Esta hacienda tiene una extensión aproximada de 1255 hectáreas, de las cuales 1000 son pastoreables, con una topografía principalmente plana con segmentos también algo ondulados.

La hacienda Macumba está ubicada en el municipio de Tolú Viejo, la zona es caracterizada por una temperatura promedio anual de 27° C, precipitación de 1200 a 1400 mm al año, una humedad relativa del 80% anual y una altura sobre el nivel del mar de 150 metros. Posee 560 hectáreas de topografía un poco ondulada, la mayoría pastoreables.

La hacienda San Silvestre está localizada en el municipio de Santiago de Tolú, con una temperatura promedio anual de 28 °C, al nivel del mar y una precipitación de 1000 mm al año. Tiene 180 hectáreas, todas pastoreables, totalmente planas.

En general, en las tres Haciendas predominan en mayor o menor proporción los pastos Angleton (*Dichantium aristatum*), Climacuna (*Dichantium annulatum*), Pará (*Brachiaria mítica*), Colossuana (*Botriocloa pertusa*), *Brachiaria humidicola* (*Brachiaria humidicola*), Pangola (*Digitaria decumbens*), Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), Puntero – Uribe (*Hyparrhenia rufa*), India – Guinea (*Panicum maximum*), *Brachiaria brizantha* (*Brachiaria brizantha*) y otras gramas nativas. Se encuentra moderada incidencia de malezas como Escobadura (*Sida rhombifolia*), Bicho (*Cassia tora*), Pico de loro (*Pithecellobium hymenaeafolium*), Bledo (*Amaranthus dubius*) y Junco (*Eleocharia* sp).

Descripción de los materiales. En la hacienda Florencia se tiene como objetivo principal la producción de terneros destetos, aunque algunas veces se llevan animales hasta la etapa de levante, teniendo como base una línea materna Cebú Comercial y varias líneas paternas que son: toros 1/2 Simmental Americano - 1/2 Brahman, 1/2 Simmental Alemán - 1/2 Brahman, 1/2 Holstein - 1/2 Brahman, 1/2 Aberdeen Angus - 1/2 Brahman y Brahman puro; además se tiene un lote de vacas Brahman puro y animales (vacas y terneros) clasificados como mestizos, criollos o "coicos". La reproducción se da por medio de la monta natural con una previa programación de los diferentes lotes de hembras a toro, para los animales cruzados y en el lote Brahman puro el 30% de las vacas son inseminadas

artificialmente. Se da cierta preferencia en el manejo sobre todo en cuanto a calidad de los pastos, a favor de los animales Brahman puros. El plan sanitario establecido es el recomendado para una hacienda de cría.

A las haciendas Macumba y San Silvestre llegan los animales a los 9, 12, 15 o 18 meses provenientes de la hacienda Florencia según criterios administrativos; se forman lotes homogéneos de machos, con un sistema de pastoreo alterno, cercas eléctricas y se ofrece sal al 6%. El animal puede alcanzar allí su peso de sacrificio o finalizar la ceba en otra hacienda de la empresa. Se vacuna contra la fiebre aftosa en los ciclos indicados por el ICA.

En las Tablas 6 y 7 se pueden observar las distribuciones por clases y subclases del número de observaciones utilizadas en la investigación.

## METODOLOGIA

Se determinó la influencia de diferentes factores genéticos y medioambientales utilizando para cada característica un modelo general, el cual incluye además de los efectos medioambientales, los efectos de los grupos raciales: Brahman, Cebú Comercial, Mestizo, H x C, SMC, ANG, SAC y SCC.

Para el análisis de la información se corrieron varios modelos, para las diferentes características de los cuales se eligieron los que presentaron efecto significativo de cada uno de los factores sobre la variable dependiente. Todos los modelos fueron resueltos a través del programa de mínimos cuadrados descrito por Harvey (1988).

**Tabla 6.** Distribución de clases, subclases y número de observaciones para cada una de las variables considerables en el modelo para el peso a los 18 meses de bovinos en tres haciendas del departamento de Sucre, Colombia.

Clase	Subclase	No. de observaciones
Total de registros		637
Mes de destete	Enero (1)	40
	Febrero (2)	71
	Marzo (3)	50
	Abril (4)	22
	Mayo (5)	59
	Junio (6)	37
	Julio (7)	27
	Agosto (8)	39
	Septiembre (9)	34
	Octubre (10)	51
	Noviembre (11)	39
	Diciembre (12)	168
	Año de destete	1995
1996		67
1997		130
1998		164
1999		172
Mes a los 18 meses	Enero (1)	10
	Febrero (2)	120
	Marzo (3)	2
	Abril (4)	9
	Mayo (5)	106
	Junio (6)	33
	Julio (7)	14
	Agosto (8)	37
	Septiembre (9)	138
	Octubre (10)	98
	Noviembre (11)	69
	Diciembre (12)	1
Año a los 18 meses	1996	176
	1997	61
	1998	136
	1999	184
	2000	130
Grupo genético	Brahman	105
	Cebu Comercial	293
	Mestizo	39
	HxC [ 1/2 Cebu Comercial; 1/4 Holstein]	41
	SMC [ 1/2 Cebu Comercial; 1/4 Simmental Americano]	83
	ANG [ 1/2 Cebu Comercial; 1/4 Aberdeen Angus]	30
	SAC [ 1/2 Cebu Comercial; 1/4 Simmental Alemán]	29
	SCC [ 7/8 Cebu Comercial; 1/8 Simmental Americano]	17
Hacienda a los 18 meses		237
	Horencia	243
	Macumba	157
	San Silvestre	



**Tabla 7.** Distribución de clases, subclases y número de observaciones para cada una de las variables consideradas en los modelos para el peso y edad al sacrificio de bovinos en tres haciendas del departamento de Sucre, Colombia.

Clase	Subclase	No. de observaciones
Total de registros		641
Mes de sacrificio	Enero (1)	20
	Febrero (2)	43
	Marzo (3)	22
		15
	Mayo (5)	22
	Junio (6)	102
	Julio (7)	109
	Agosto (8)	119
	Septiembre (9)	32
	Octubre (10)	84
	Noviembre (11)	73
	Diciembre (12)	3
Año de sacrificio	1996	102
	1997	165
	1998	257
	1999	114
	2000	109
Grupo genético	- Brahman	267
	- Cebú Comercial	34
	- Mestizo	73
	- HxC [½ Cebú Comercial, ¼ Holstein]	116
	- SMC [¼ Cebú Comercial, ¼ Simmental Americano]	25
	- ANG [½ Cebú Comercial, ½ Aberdeen Angus]	17
	- SAC [¼ Cebú Comercial; ¼ Simmental Alemán]	
Hacienda de ceba	Florencia	6
	Macumba	240
	San Silvestre	395
Mes de destete	Enero (1)	38
	Febrero (2)	97
	Marzo (3)	45
		10
	Abril (4)	71
	Mayo (5)	5
	Junio (6)	40
	Julio (7)	3
	Agosto (8)	107
	Septiembre (9)	56
	Octubre (10)	21
	Noviembre (11)	148
Año de destete	Diciembre (12)	76
	1995	125
	1996	258
	1997	140
	1998	140
	1999	47

## METODOLOGIA

Se determinó la influencia de diferentes factores genéticos y medioambientales

utilizando para cada característica un modelo general, el cual incluye además de los efectos medioambientales, los efectos de los grupos raciales: Brahman, Cebú Comer-

cial, Mestizo, H x C, SMC, ANG, SAC y SCC.

Para el análisis de la información se corrieron varios modelos, para las diferentes características de los cuales se eligieron los que presentaron efecto significativo de cada uno de los factores sobre la variable dependiente. Todos los modelos fueron resueltos a través del programa de mínimos cuadrados descrito por Harvey (1988)

Modelo 1: Peso a los 18 meses.

$$Y_{\text{peso a los 18 meses}} = \mu + A_i + B_j + C_l + D_m + E_{\tilde{n}} + F_o + b_1 (PN_{\text{peso al nacimiento}} - PN) + b_2 (PD_{\text{peso al destete}} - PD) + b_3 (ED18_{\text{edad a los 18 meses}} - ED18) + e_{\text{error}}$$

Donde:

$Y_{\text{peso a los 18 meses}}$	Peso a los 18 meses del animal n, destetado en el mes l, del año m, de mes a los 18 meses $\tilde{n}$ , del año o, de grupo genético i, alcanzando este peso en la hacienda j, con peso al nacimiento p, peso al destete q y edad a los 18 meses r.
$\mu$	Media general para todas las observaciones.
$A_i$	Efecto del grupo genético del animal (i: 1-8).
$B_j$	Efecto de la hacienda de pesaje (j: 1-3).
$C_l$	Efecto del mes de destete (l: 1-12).
$D_m$	Efecto del año de destete (m: 95-99).
$E_{\tilde{n}}$	Efecto del mes a los 18 meses ( $\tilde{n}$ : 1-12).
$F_o$	Efecto del año a los 18 meses (o: 96-00).
$b_1$	Coefficiente de regresión lineal de la variable Y en relación con el peso al nacimiento.
$b_2$	Coefficiente de regresión lineal de la variable Y en relación con el peso al destete.
$b_3$	Coefficiente de regresión lineal de la variable Y en relación con la edad a los 18 meses
PN	Promedio peso al nacimiento del hato en estudio.
$PN_{\text{peso al nacimiento}}$	Peso al nacimiento del animal n, destetado en el mes l, del año m, de mes a los 18 meses $\tilde{n}$ , del año o, de grupo genético i, alcanzando este peso en la hacienda j, con peso al nacimiento p, peso al destete q y edad a los 18 meses r.
PD	Promedio peso al destete del hato en estudio.
$PD_{\text{peso al destete}}$	Peso al destete del animal n, destetado en el mes l, del año m, de mes a los 18 meses $\tilde{n}$ , del año o, de grupo genético i, alcanzando este peso en la hacienda j, con peso al nacimiento p, peso al destete q y edad a los 18 meses r.
ED18	Promedio edad a los 18 meses del hato en estudio.

ED18<sub>ijklmnopqr</sub> -- Edad a los 18 meses del animal n, destetado en el mes l, del año m, de mes a los 18 meses ñ, del año o, de grupo genético i, alcanzando este peso en la hacienda j, de peso al nacimiento p, peso al destete q y edad a los 18 meses r.  
 e<sub>ijklmnopqr</sub> = Error experimental asociado a la información.

Modelo 2 : Peso al sacrificio

$$Y_{ijklmnopqr} = \mu + Ai + Bj + Cl + Dm + b1 (PN_{ijklmnopqr} - PN) + b2 (PD_{ijklmnopqr} - PD) + b3 (EDES_{ijklmnopqr} - EDES) + b4 (EDSAC_{ijklmnopqr} - EDSAC) + e_{ijklmnopqr}$$

Donde:

- Y<sub>ijklmnopqr</sub> = Peso al sacrificio del animal n.
- Cl = Efecto del mes de sacrificio (l: 1-12).
- Dm = Efecto del año de sacrificio (m: 96-00).
- b3 = Coeficiente de regresión lineal de la variable Y en relación con la edad de destete
- b4 = Coeficiente de regresión lineal de la variable Y en relación con la edad al sacrificio
- EDES = Promedio edad al destete del hato en estudio.
- EDES<sub>ijklmnopqr</sub> = Edad al destete del animal n, con peso de sacrificio en el mes l, del año m, de grupo genético i, alcanzado el peso en la hacienda j, con peso al nacimiento o, peso al destete p, edad al destete q y edad al sacrificio r.
- EDSAC = Promedio edad al sacrificio del hato en estudio.
- EDSAC<sub>ijklmnopqr</sub> = Edad al sacrificio del animal n, con peso de sacrificio en el mes l, del año m, de grupo genético i, alcanzado el peso en la hacienda j, con peso al nacimiento o, peso al destete p, edad al destete q y edad al sacrificio r.

Las demás variables como se indicaron en el modelo anterior.

Modelo 3. Edad de sacrificio

$$Y_{ijklmnopqr} = \mu + Ai + Bj + Cl + Dm + b1 (PN_{ijklmnopqr} - PN) + b2 (PD_{ijklmnopqr} - PD) + b3 (EDES_{ijklmnopqr} - EDES) + b4 (PESAC_{ijklmnopqr} - PESAC) + e_{ijklmnopqr}$$

Donde:

- Y<sub>ijklmnopqr</sub> = Edad al sacrificio del animal n.
- b4 = Coeficiente de regresión lineal de la variable Y en relación con el peso al sacrificio

PESAC = Promedio peso al sacrificio del hato en estudio.

PESAC<sub>aprimacion</sub> = Peso al sacrificio del animal n, destetado en el mes l, del año m, de grupo genético i, alcanzado este peso en la hacienda j, de peso al nacimiento o, peso al destete p, edad al destete q y peso al sacrificio r.

Las demás variables como fueron descritas en los modelos anteriores.

Cálculo de la heterosis. Se calculó la heterosis para todas las características estudiadas; peso a los 18 meses, peso al sacrificio, edad al sacrificio, para los grupos genéticos significativamente diferentes al Cebú Comercial. El porcentaje de heterosis fue calculado de la siguiente forma, (Pereira, 1996):

$$\text{Heterosis \%} = \frac{\text{Promedio del cruce } F1 - \text{Promedio del Cebú}}{\text{Promedio del Cebú}} \times 100$$

## RESULTADOS Y DISCUSION

Peso a los 18 meses. Para el peso a los 18 meses se tuvieron en cuenta el mes de destete, mes a los 18 meses, grupo genético, efecto de la hacienda a los 18 meses, regresiones de peso al nacimiento, peso al destete y edad a los 18 meses, los cuales fueron altamente significativos ( $p \leq 0,01$ ); año de destete y año a los 18 meses, con significancia a un nivel de  $p \leq 0,05$  (Observar Tabla 8). Lo anterior concuerda con otros investigadores, como Arango y Gaviria (1997), Monsalve y Roldán (1997), Quintero y Serna (1994), Martínez *et al.* (1992), Rico *et al.* (1989) y Quijano (1981), quienes analizando la misma característica encontraron efecto significativo de los mismos factores.

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es igual a 0,745, lo que quiere decir que la variabilidad en el peso a los 18 meses en un 74,5% se puede explicar por el mes de destete, año de destete, mes a los 18 meses, grupo

genético, hacienda a los 18 meses, peso al nacimiento, peso al destete y edad a los 18 meses. El coeficiente de variación del modelo fue de 7,83% el cual se considera bajo (Tabla 8).

Según Pereira (1996), para los animales criados en régimen exclusivamente de pasto, el efecto mes y/o época está fuertemente relacionado con las condiciones climáticas. Los efectos del clima, sea de forma directa, afectando las funciones del organismo animal, o de forma indirecta, generando fluctuaciones en la cantidad y calidad de alimentos o aumentando la incidencia de enfermedades, principalmente las parasitarias, contribuyen para la baja productividad de la población Cebú. Los efectos de los años sobre cualquier peso han sido atribuidos a la acción de los factores climáticos (principalmente pluviosidad, temperatura y humedad del aire) sobre los animales y sobre las pasturas, también como las diferencias genéticas de constitución del hato y las diferencias de las instalaciones y administrativas en general.

**Tabla 8.** Análisis de varianza para el peso a los 18 meses de bovinos estudiados según el modelo 1, en tres haciendas del departamento de Sucre, Colombia.

Fuente de variación	G.l	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Total	637	1167654,7001		
Mes de destete	11	21665,0043	1969,5458**	3,935
Año de destete	4	5604,7648	1401,1912*	2,800
Mes a los 18 meses	11	89034,4214	8094,0383**	16,173
Año a los 18 meses	4	5391,5919	1347,8979*	2,693
Grupo genético	7	26825,4788	3832,2112**	7,657
Hacienda a los 18 meses	2	11345,5321	5672,7660**	11,335
Regresiones lineales				
- Peso al nacimiento	1	3405,4077	3405,4077**	6,804
- Peso al destete	1	262886,4715	262886,4715**	525,272
- Edad a los 18 meses	1	15502,3486	15502,3486**	30,975
Error	594	297283,1511	500,4766	
Promedio real: 285,872 kg		D.S. <sub>e</sub> 22,37	C.V. 7,83	R <sup>2</sup> 0,745

\*\* : Altamente significativo ( $p \leq 0,01$ )

\* : Significativo ( $p \leq 0,05$ )

N.S : No significativo.

Como se observa en el análisis de varianza, Tabla 8, el grupo genético ejerció un efecto altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ) sobre peso a los 18 meses. Los animales de mejor comportamiento son los HxC [ $\frac{1}{4}$  Cebú Comercial -  $\frac{1}{4}$  Holstein] y los ANG [ $\frac{1}{4}$  Cebú Comercial -  $\frac{1}{4}$  Aberdeen Angus] con 299,03 y 294,30 kg de peso a los 18 meses, respectivamente. Los grupos de mas bajo promedio de peso a los 18 meses son los SCC [ $\frac{7}{8}$  Cebú Comercial -  $\frac{1}{8}$  Simmental Americano] y los Cebú Comercial con 275,46 y 278,20 kg respectivamente.

En el análisis se observó una correlación positiva del peso al nacimiento con el peso a los 18 meses ( $r = 0,1748$ ). Se puede decir que animales que nacen con un peso alto, obtienen a su vez, un peso a los 18

meses alto. La regresión lineal hallada entre estas características fue de  $0,58 \pm 0,224$ ; indica que por cada kilogramo que se aumente en el peso al nacimiento, el peso a los 18 meses se incrementa en 0,58 kg. Para el peso al destete se encontró una correlación positiva ( $r = 0,5893$ ) con el peso a los 18 meses, siendo la variable que mayor significancia presenta (Tabla 8); o sea que al obtener mayores pesos al destete, se obtienen pesos a los 18 meses mas altos con una regresión lineal de  $0,800 \pm 0,035$ ; lo que quiere decir que por cada kilogramo que se aumente en el peso al destete, el peso a los 18 meses se incrementará en 0,800 kg. En el caso de la edad a los 18 meses el análisis ofreció una correlación positiva con el peso a los 18 meses ( $r = 0,3351$ ); a mayor edad,

mayor peso a los 18 meses. También se obtuvo una regresión lineal de  $0,319 + 0,057$ ; o sea que por cada día que se incrementa la edad, el peso a los 18 meses se aumenta en 0,319 kg.

**Peso al sacrificio.** Para el peso al sacrificio los efectos del mes de sacrificio, año de sacrificio, grupo genético, y hacienda de ceba resultaron altamente significativos ( $p \leq 0,01$ ). (Tabla 9) Las regresiones del peso al nacimiento, peso al destete y edad de sacrificio fueron así mismo tenidas en cuenta como covariables y resultaron altamente significativas con ( $p \leq 0,01$ ), excepto la edad de destete que no tuvo efecto significativo sobre el peso de sacrificio. Lo anterior concuerda con Llano (2000), quien encontró un efecto altamente significativo en la mayoría de los factores tenidos en cuenta.

El coeficiente de determinación del modelo fue de 50,9%, el cual indica la proporción de la variabilidad del peso de sacrificio que es explicada por la variación de los efectos tenidos en cuenta en el modelo. El coeficiente de variación fue igual a 6,97%; es un coeficiente de variación bajo (Tabla 9).

El grupo genético del animal presentó un efecto altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ) sobre el peso de sacrificio. Los mejores animales son los ANG [ $\frac{1}{4}$  Cebú Comercial -  $\frac{3}{4}$  Aberdeen Angus] y los SAC [ $\frac{3}{4}$  Cebú Comercial -  $\frac{1}{4}$  Simmental Alemán] con 468,38 y 463,46 kg de peso al sacrificio respectivamente. Los grupos de mas bajo promedio son los Cebú Comercial con 446,69 kg y los Mestizos con 453,30 kg. El promedio general hallado (450,238 kg) está en concordancia con los autores

referenciados en la Tabla 2, presentándose así mismo, pequeñas diferencias entre y dentro de grupos; ésto corrobora la apreciación de Berg (1967); citado por Menéndez *et al.* (1979).

El peso de nacimiento presentó una correlación positiva con el peso de sacrificio ( $r = 0,1325$ ); animales que nacen con un peso alto, obtienen a su vez, un peso de sacrificio alto. Con una regresión lineal de  $1,05 + 0,31$ , lo que indica que por cada kilogramo que se aumente en el peso al nacimiento el peso de sacrificio se incrementará en 1,05 kg. El peso al destete estuvo correlacionado positivamente con el peso de sacrificio ( $r = 0,2873$ ), o sea que al obtener mayores pesos al destete, se obtienen pesos de sacrificio más altos. Se observó una regresión lineal de  $0,510 + 0,04$ , lo que quiere decir que por cada kilogramo que se aumente en el peso al destete, el peso de sacrificio se incrementará en 0,510 kg.

No hay consistencia entre los análisis de correlación y regresión de peso al sacrificio sobre edad de destete, pero, aunque los sentidos son contrarios, estos fueron bajos y no significativos. Para la edad de sacrificio se encontró una correlación positiva ( $r = 0,3100$ ) con el peso de sacrificio, o sea que a una edad de sacrificio alta se obtienen pesos al sacrificio más altos. La edad de sacrificio ofreció una regresión lineal de  $0,16 + 0,013$ , lo que quiere decir que por cada día que aumente la edad de sacrificio, el peso de sacrificio se incrementará en 0,16 kg.

**Edad al sacrificio.** La edad al sacrificio fue la variable de mayor importancia en el análisis anterior y dado que el peso está más

**Tabla 9.** Análisis de varianza para el peso al sacrificio de bovinos estudiados según el modelo 2, en tres haciendas del departamento de Sucre, Colombia.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Total	641	1230816.4804		
Mes de sacrificio	10	88385.6697	8838.5669**	8.983
Año de sacrificio	4	102634.4140	25658.6035**	26.077
Grupo genético	6	31240.4330	5206.7388**	5.292
Hacienda de ceba	2	11308.9220	5654.4610**	5.747
Regresiones lineales				
- Peso al nacimiento	1	10886.7500	10886.7500**	11.064
- Peso al destete	1	126974.2190	126974.2190**	129.044
- Edad de destete	1	791.7338	791.7338 NS	0.805
- Edad de sacrificio	1	155235.9187	155235.9187**	157.767
Error	614	604150.0051	983.9576	
Promedio real: 450.238		D.S.: $\pm 31,36$	C.V.: 6,79	R <sup>2</sup> : 0,509

\*\* : Altamente significativo ( $p \leq 0,01$ )

\* : Significativo ( $p \leq 0,05$ )

NS : No significativo.

sujeito a políticas administrativas y/o a tendencias del mercado, se incluyó, corroborándose luego, que entre los grupos genéticos evaluados podrían haber mayores diferencias de edad que de peso al sacrificio.

Se encontró un efecto altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ) del mes de destete, año de destete, grupo genético y hacienda de ceba, sobre la edad de sacrificio. Las regresiones lineales del peso al nacimiento, peso al destete, edad de destete y peso de sacrificio igual resultaron altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) (Tabla 10).

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es igual a 0,514, quiere decir que la variabilidad en la edad de sacrificio en un 51,4% se puede explicar por el mes de destete, año de destete, grupo genético, hacienda de ceba, peso al nacimiento, peso al des-

tete, edad de destete y peso de sacrificio. El coeficiente de variación del modelo fue de 9,15%, el cual se considera bajo (Tabla 10).

El grupo genético ejerció un efecto altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ) sobre la edad al sacrificio. Para alcanzar 450,23 kg (promedio real del peso de sacrificio), el mejor comportamiento lo obtuvieron los animales ANG [ $\frac{1}{2}$  Cebú Comercial -  $\frac{1}{4}$  Aberdeen Angus] y HxC [ $\frac{1}{2}$  Cebú Comercial -  $\frac{1}{4}$  Holstein] con 847,60 días y 888,01 días de edad al sacrificio, respectivamente. A su vez los grupos que más se tardaron en alcanzar el peso de sacrificio fueron los Mestizos y Cebú Comercial con 968,43 días y 947,33 días, respectivamente.

En el análisis se observaron correlaciones negativas del peso al nacimiento y peso al destete con la edad de sacrificio

**Tabla 10.** Análisis de varianza para la edad de sacrificio según el modelo 3.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Total	641	8431724.2714		
Mes de destete	11	546308.8131	49664.4375**	7.428
Año de destete	4	107342.3684	26835.5921**	4.013
Grupo genético	6	458065.2557	76344.2092**	11.418
Hacienda de ceba	2	473601.4999	236800.7499**	35.415
Regresiones lineales				
- Peso al nacimiento	1	141323.2339	143323.2339**	21.135
- Peso al destete	1	805764.9173	805764.9173**	120.505
- Edad de destete	1	66147.1543	66147.1543**	9.893
- Peso de sacrificio	1	737510.8451	737510.8451**	110.298
Error	613	4098851.0847	6686.5433	
Promedio real: 893.578		D.S : ± 81,77	C:V : 9,15	R <sup>2</sup> : 0,514

\*\* : Altamente significativo ( $p \leq 0,01$ )

\* : Significativo ( $p \leq 0,05$ )

N.S : No significativo.

( $r = -0,2108$  y  $r = -0,2999$ ). Se puede decir que animales con pesos al nacimiento y al destete altos, obtienen una edad de sacrificio baja. El peso al nacimiento ofrece una regresión lineal con la edad de sacrificio de  $-3,89 \pm 0,84$ ; indica que por cada kilogramo que se aumente en el peso al nacimiento, la edad de sacrificio disminuirá en 3,89 días. El peso al destete presentó una regresión lineal con la edad de sacrificio de  $-1,28 \pm 0,11$  lo que significa que por cada kilogramo que se aumente en el peso al destete la edad de sacrificio disminuye en 1,28 días. Para la edad de destete, el análisis ofreció una correlación positiva con la edad de sacrificio ( $r = 0,0719$ ) y una regresión lineal de  $0,509 \pm 0,16$ ; o sea por cada día que se incremente en la edad de destete, la edad de sacrificio se aumenta en 0,509 días. El peso de sacrificio ofreció

una correlación positiva con la edad de sacrificio ( $r = 0,3100$ ), a mayor peso, mayor edad de sacrificio; además presentó una regresión lineal de  $0,972 \pm 0,092$ ; o sea que por cada kilogramo que se incremente en el peso de sacrificio, se aumenta la edad de sacrificio en 0,972 días.

Con el fin de tener una idea más clara de los promedios de peso presentados a diferentes edades, así como la edad para alcanzar algunos pesos, se elaboró una Tabla con las respectivas medias reales y ajustadas de las variables continuas analizadas en los diferentes modelos (Tabla 11).

Estimación de la heterosis para el peso a los 18 meses. Entre los grupos comparados para el peso a los 18 meses, mostraron diferencia significativa ( $p \leq 0,01$ ) con



**Tabla 11.** Promedios y error estándar para las diferentes variables continuas analizadas en bovinos de tres haciendas del departamento de Sucre, Colombia.

Variables continuas	Media real	Media ajustada $\pm$ E.E.
Peso al nacimiento (kg)	31,26	31,49 $\pm$ 0,34
Edad al destete (días)	255,08	260,25 $\pm$ 1,23
Peso al destete (kg)	207,39	202,27 $\pm$ 2,00
Peso a los 18 meses (kg)	285,87	287,33 $\pm$ 5,82
Edad a los 18 meses (días)	547,05	616,85 $\pm$ 2,88
Peso de sacrificio (kg)	450,23	459,67 $\pm$ 6,17
Edad de sacrificio (días)	893,57	911,87 $\pm$ 13,62

respecto al Cebú Comercial los Brahman,  $\frac{3}{4}$  Cebú Comercial –  $\frac{1}{4}$  Holstein,  $\frac{1}{4}$  Cebú Comercial –  $\frac{1}{4}$  Simmental Americano,  $\frac{1}{4}$  Cebú Comercial –  $\frac{1}{4}$  Aberdeen Angus y al nivel de ( $p \leq 0,05$ ) los  $\frac{1}{4}$  Cebú Comercial –  $\frac{1}{4}$  Simmental Alemán.

El porcentaje de heterosis estimado varió de 2,44% a 7,48%, con un promedio de 5,22%. Los mayores porcentajes de heterosis correspondieron a los cruces  $\frac{1}{4}$  Cebú comercial –  $\frac{1}{4}$  Holstein y  $\frac{1}{4}$  Cebú Comercial –  $\frac{1}{4}$  Aberdeen Angus con 7,48% y 7,22% respectivamente, lo cual significa que estos superan al Cebú Comercial en 20,8 y 20,08 kg para la característica peso a los 18 meses. El tercer porcentaje de heterosis corresponde al Brahman con 4,8% superando al Cebú Comercial en 13,57 kg (Tabla 12).

Tales porcentajes de heterosis son relativamente bajos si se les compara con los obtenidos por otros autores como Arango y Gaviria (1997), quienes encontraron valores de 20,67% para la misma característica en cruces Angus por Cebú. Así mismo, estos reportan un promedio de 17,98% en varios autores consultados. No obstante lo anterior, es necesario precisar que los por-

centajes de sangre *Bos taurus* en los cruces analizados, corresponden únicamente a  $\frac{1}{4}$  europeo, mientras que en la investigación citada, se trabajó con grupos F1, Aberdeen Angus por Cebú.

Es conveniente observar cómo no se presentaron diferencias significativas entre los grupos Brahman y los demás grupos de razas *Bos taurus* con Cebú, lo mismo ocurrió entre los cruces con *Bos taurus* entre sí a excepción del Simmental Alemán que presentó el menor peso. Una de las posibles explicaciones de las no diferencias con el Brahman es la de que en la hacienda se forman lotes de animales Brahman enteros, para venta como reproductores, que en muchos casos llegan a la edad de sacrificio y por lo tanto muestran un comportamiento similar dada la ventaja atribuida a su condición sexual (animales enteros).

Estimación de la heterosis para el peso al sacrificio. Los pesos promedios real y ajustado al sacrificio son 459,67  $\pm$  6,17 kg respectivamente. Como se puede observar, los errores estándar correspondientes son relativamente bajos lo cual nos permite afirmar que en la empresa se tiene definido un peso comercial de sacrificio que

**Tabla 12.** Medias ajustadas, error estándar y % de heterosis de los grupos genéticos para el peso a los 18 meses de bovinos de tres haciendas del departamento de Sucre, Colombia.

Grupo genético	Media ajustada (kg) ± E.E.	% Heterosis	kg
General	287,33 ± 5,88	5,22	+14,52
Brahman	291,79 ± 5,68 af	4,88	+13,57
Cebú Comercial (base)	278,20 ± 5,86 bc	0,00	0,00
Mestizo	281,22 ± 7,00 c	1,09	+3,02
¼ Cebú ¾ Holstein	299,03 ± 6,81 adf	7,48	+20,80
¼ Cebú ¾ Simmental Ame.	289,63 ± 6,49 acef	4,10	+11,40
¼ Cebú ¾ A. Angus	298,29 ± 6,91 af	7,22	+20,08
¼ Cebú ¾ Simmental Alem.	284,99 ± 7,22 abc	2,44	+6,78
¼ Cebú ¾ Simmental Ame.	275,46 ± 8,53 bc	-0,98	-2,74

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente.

obedece fundamentalmente a decisiones comerciales y condiciones de mercado más que a otro tipo de influencias. Lo anterior se corrobora con los resultados comparativos de las diferentes medias (Tabla 13), para los diferentes cruces en estudio donde solamente se observó diferencia significativa con respecto al Cebú Comercial ( $p < 0,05$ ), pero no entre los demás cruces incluyendo

el grupo de Mestizos. No obstante lo anterior, se estimó la heterosis para esta característica y se encontró un valor promedio 3,76%. Como se insinuó anteriormente, estas diferencias pueden ser atribuidas más a otro tipo de circunstancias muy diferentes a las diferencias genéticas que se presentan entre los grupos.

**Tabla 13.** Medias ajustadas, error estándar y % de heterosis de los grupos genéticos para el peso de sacrificio en bovinos de tres haciendas del departamento de Sucre, Colombia.

Grupo genético	Media ajustada(kg) ± E.E.	% Heterosis	kg
General	459,67 ± 6,17	3,76	+16,79
Brahman	462,91 ± 6,97 a	3,63	+16,21
Cebú Comercial (base)	446,69 ± 6,18 b	0,00	0,00
Mestizo	453,30 ± 7,64 ab	1,48	+6,61
¼ Cebú ¾ Holstein	461,13 ± 7,03 a	3,23	+14,42
¼ Cebú ¾ Simmental Ame	461,82 ± 6,83 a	3,38	+15,09
¼ Cebú ¾ A. Angus	468,38 ± 9,08 a	4,85	+21,66
¼ Cebú ¾ Simmental Alem.	463,46 ± 9,86 a	3,75	+16,75

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente.

Estimación de la heterosis para la edad de sacrificio. En consecuencia con lo expresado anteriormente, podemos aceptar como punto de referencia un peso promedio de sacrificio de 450 kg el cual permitió visualizar las diferencias relativas a la edad para alcanzar dicho peso.

Al hacer los contrastes ortogonales se encontraron diferencias significativas entre el grupo ANG y los demás grupos genéticos. Los cruces que presentaron mayor porcentaje de heterosis fueron en su orden:  $\frac{3}{4}$  Cebú Comercial -  $\frac{1}{4}$  Aberdeen Angus (-10,52%);  $\frac{3}{4}$  Cebú Comercial -  $\frac{1}{4}$  Holstein (-6,25%);  $\frac{3}{4}$  Cebú Comercial -  $\frac{1}{4}$  Simmental Americano (-4,73%);  $\frac{3}{4}$  Cebú Comercial -  $\frac{1}{4}$  Simmental Alemán (-4,35%); Brahman (-2,55%). Lo anterior equivale a una reducción en días al sacrificio de -99,66, -59,30, -44,80, -41,20 y -24,15 respectivamente (Tabla 14).

Entre los cruces que involucran sangre *Bos taurus* se presentó diferencia significativa ( $p \leq 0,01$ ) entre el Aberdeen Angus y los demás, no ocurriendo así entre los que tienen sangre Holstein, Simmental Americano y Simmental Alemán. Lo anterior refleja una ventaja comparativa del Angus con respecto a la reducción de la edad de ceba (-3,3 meses), cuando se le compara con las otras razas antes citadas.

Con relación a la heterosis, se puede afirmar que con excepción de la correspondiente al cruce con Angus (-10,52%) la cual se puede calificar como alta, los otros cruces mostraron una heterosis de media a baja, lo cual concuerda con la literatura, Martínez (1991), que dice que las características de alta heredabilidad no responden al cruzamiento.

**Tabla 14.** Medias ajustadas, error estándar y % de heterosis de los grupos genéticos para la edad de sacrificio en bovinos de tres haciendas del departamento de Sucre, Colombia.

Grupo genético	Media ajustada (días) $\pm$ E.E.	% Heterosis	Días
General	911,87 $\pm$ 13,62	-5,68	-53,80
Brahman	923,12 $\pm$ 15,50 <i>a</i>	-2,55	-24,15
Cebú Comercial (base)	947,33 $\pm$ 14,24 <i>b</i>	0,00	0,00
Mestizo	968,43 $\pm$ 17,75 <i>bc</i>	+2,23	+21,10
$\frac{3}{4}$ Cebú - $\frac{1}{4}$ Holstein	888,01 $\pm$ 16,60 <i>d</i>	-6,26	-59,30
$\frac{3}{4}$ Cebú - $\frac{1}{4}$ Simmental Ame.	902,50 $\pm$ 15,61 <i>ad</i>	-4,73	-44,80
$\frac{3}{4}$ Cebú - $\frac{1}{4}$ A. Angus	847,60 $\pm$ 21,52 <i>e</i>	-10,52	-99,66
$\frac{3}{4}$ Cebú - $\frac{1}{4}$ Simmental Alem.	906,08 $\pm$ 24,31 <i>ad</i>	-4,35	-41,20

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente.

Al confrontar los grupos genéticos tanto para peso como para edad al sacrificio se observa que el grupo Aberdeen Angus presenta un mejor comportamiento que los

demás; sin embargo, algunos grupos presentan alto peso y alta edad ó bajas edades pero bajo peso. Se elaboró, entonces, la Tabla 15 en la que se relacionan el peso y

la edad al sacrificio ajustados, con el fin de tener mayor claridad sobre la superioridad de algún (os) grupo (s) genético (s) al momento de ser sacrificados.

**Tabla 15.** Ganancia diaria ajustada por día de edad para los diferentes grupos genéticos de bovinos en tres haciendas del departamento de Sucre, Colombia.

Grupo genético	Ganancia diaria (kg)	% Heterosis
Brahman	0,501	6,14
Cebú Comercial	0,472	0,00
Mestizos	0,468	-0,85
¾ Cebú - ¼ Holstein	0,519	9,96
¾ Cebú - ¼ Simmental Amer.	0,512	8,47
¾ Cebú - ¼ Aberdeen Angus.	0,553	17,16
¾ Cebú - ¼ Simmental Alem.	0,512	8,47

## BIBLIOGRAFÍA

ARANGO, A.J. GAVIRIA, J.D. Heterosis para peso y ganancias de peso desde el nacimiento hasta los 18 meses en el cruce Aberdeen Angus por Cebú. Medellín, 1997. 57 p. Trabajo de grado (Zootecnistas). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

BERG, R.T. Genetic and environmental influences on growth in beef cattle. *En*: LODGE, G.A. and LAMMING, G.E., ed. Growth and development of mammals. Edinburgh 1967. Citado por MENENDEZ, A. *et al.* Estudio comparativo de seis tipos de animales cruzados sacrificados a cuatro pesos vivos: comportamiento hasta el sacrificio. *En*: Revista Cubana de Ciencia Agrícola. Vol 11; No 1 (1979); p. 1-12.

BERGMANN, J.A. *et al.* Efeitos de meio sobre características ponderais em animais Nelore. *En*: Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia. Vol. 35, No 2 (1983); p. 255-281.

BIFFANI, S. *et al.* Fatores ambientais e genéticos sobre o crescimento ao ano e ao sobreano de bovinos Nelore, criados no Nordeste do Brasil. *En*: Revista Brasileira de Zootecnia. Vol. 28, No 3 (1999); p. 468-473.

CARPENTER, Z. Efectos del cruzamiento sobre las características de la res. p. 202-227. *En*: KOGER, M. *et al.* Cruzamientos en ganado vacuno de carne. Montevideo: Hemisferio Sur, 1970. 560 p.

COSTA, P.R. *et al.* Influência de fatores genéticos e de meio sobre os pesos de gado Nelore no estado da Bahia, Brasil. *En*: Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia. Vol 14, No 3 (1985); p. 338-357.

CHAPMAN, H.; CLYBURN, T. y McCORMICK, W. Programas de cruzamiento rotativo con dos y tres razas, en Angus, Polled Hereford y Santa Gertrudis. *En*: KOGER, M. *et al.* Cruzamientos en ganado vacuno de carne: compendio. Montevideo: Hemisferio Sur, 1976. p. 90-110

- FRISCH, J.E. and O'NEILL, J.O. Comparative evaluation of beef cattle breeds of African, European and Indian origins. Part 1. Live weights and heterosis at birth, weaning and 18 months. *En: Animal Science*. Vol 67, Part. 1 (1998); p. 27-38.
- GALVIS, L.M. y GIRALDO, J.V. El Simmental, una alternativa de producción. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1986. 82 p.
- HARVEY, W.R. User's Guide for LSMLMW PC-1. Version mixel model least squares and maximum likelihood computer program. Ohio: s.n., 1988. 59 p.
- KOGER, M. *et al.* Cruzamientos en ganado vacuno de carne: compendio. Montevideo: Hemisferio Sur, 1976. 563 p.
- LIANO, J. D. Comparación de pesos y edades al sacrificio para diferentes grupos genéticos en un hato Cebú comercial: informe final del semestre de Pasantía. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2000. 19 p.
- MARTÍNEZ, G. El cruzamiento: una herramienta en el mejoramiento animal. uso de toros F1. *En: ICA informa*. Vol 25 (abr.-junio, 1991); p. 13.
- \_\_\_\_\_. *et al.* Caracterización de la raza criolla colombiana Blanco Orejinegro II. Parámetros genéticos de crecimiento postdestete. *En: Revista ICA*. Vol 27, No 4 (oct. - dic., 1992); p. 415 - 426.
- MAULE, J. P. Comportamiento de las cruas de ganado de carne por razas lecheras para la producción de carne en Europa. *En: KOGER, M. et al.* Cruzamientos en ganado vacuno de carne: compendio. Montevideo. Hemisferio Sur, 1976. p. 249-303.
- MLLENDEZ, A. *et al.* Estudio comparativo de seis tipos de animales cruzados sacrificados a cuatro pesos vivos: comportamiento hasta el sacrificio. *En: Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. Vol 11; No 1 (1979); p. 1 - 12.
- MILAGRES, J.C. *et al.* Influência de fatores de meio e herança sobre pesos de animais da raça Nelore no estado de Minas Gerais. *En: Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Vol. 14, No 4 (1985); p. 463 -485.
- MONSALVE, L.M. y ROLDAN, A. Evaluación productiva y reproductiva de un hato cruzado Aberdeen Angus por Cebú. Medellín, 1997. 46 p. Trabajo de grado (Zootecnia) Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- OLIVEIRA, J. A. e LOBO, R. Fatores ambientais e genéticos relacionados com o peso aos dezoito meses e ganho diário em bovinos Guzerá. *En: Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Vol. 21, No.4 (1992), p. 629 - 636.
- PEREIRA, J. C. Melhoramento genético aplicado à produção animal. Belo Horizonte: s.n., 1996. 416 p.
- PLASSE, D. Caracteres de importancia para considerar en un programa genético de ganado de carne. *En: CICLO INTERNACIONAL DE CONFERENCIAS SOBRE GANADERÍA TROPICAL* (2: Tampico: 1975). Segundo Ciclo Internacinal de Conferencias sobre Ganadería Tropical. Memorias.

Tampico: Asociación Ganadera de Criadores de Cebú. Citado por: GALVIS, L.M. y GIRALDO, J.V. El Simmental: una alternativa de producción. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1986. p. 1-21.

\_\_\_\_\_. *et al.* Aspectos del crecimiento del Bos indicus en el trópico americano. En: World Review of Animal Production. 1979. p. 21. Citado por: RICO, C. *et al.* Factores genéticos y ambientales que influyen en los resultados de la prueba de comportamiento en pastos con ganado Cebú. *En:* Revista Cubana de Ciencias Agrícolas. Vol. 23 (1989); p. 123-129.

QUIJANO, J. H. Estudio de algunos factores genéticos e de ambiente que afectan los ganhos de peso medios diarios do nacimiento aos 205, 360 e 540 días de idade en un rebanho Nelore. Belo Horizonte, 1981. 66 p. Trabajo de grado (Zootecnista). Escola de Veterinaria de U.F.M.G.

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. 48 p. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

RICO, C. y PLANAS, T. Influencias ambientales y genéticas en el desarrollo de bovinos Cebú. *En:* Revista Cubana de Ciencias Agrícolas. Vol. 28 (1994); p. 265-271.

\_\_\_\_\_. *et al.* Factores genéticos y ambientales que influyen en los resultados de la prueba de comportamientos en pastos con ganado Cebú. *En:* Revista Cubana de Ciencias Agrícolas. Vol. 23 (1989); p. 123-129.

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

SALAZAR, J. J. Efectos del cruzamiento de toros Brahman y Charolés con razas nativas de Colombia. En: KOGER, M. *et al.* Cruzamientos en ganado vacuno de carne: compendio. Montevideo: Hemisferio Sur, 1976. p. 235-248.