

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Gustavo Alfonso Ossa¹, Juan Esteban Pérez²
y Marco Antonio Suárez³

Valores genéticos de caracteres productivos
y reproductivos en bovinos Romosinuano

ABSTRACT

Genetic values of productive and
reproductive traits in Romosinuano
cattle

In a Romosinuano native Colombian conservation herd, estimated genetic values (Expected Progeny Differences, EPD) of productive traits (birth, weaning and yearling weights and cow weights at calving and at calf weaning); and reproductive behavior (age at first calving and calving interval) were calculated. Among bulls with the higher and lower genetic potential, EPD's for birth, weaning and yearling weights of their progenies were: +4.07, +29.30 and +36.04 kg. For cows weights at calving and weaning of theirs calves were: +36.04 and y 43.23 kg. The values for age at first calving and calving interval were: -89.35 and -30.10 days. Genetic variability of these traits has been maintained because regression coefficients (r^2) were close to 0. The most probably production ability (MPPA) of each cow was estimated and then a linear correlation was established between the genetic value (as DEP) and as MPPA for the birth and weaning weight; which were positive ($r = 0,91$ and $0,72$). The herd generation interval was 4.93 years: 3.92 and 6.99 years for males and females, respectively.

Key words: Romosinuano, genetic values, Expected Progeny Differences, EPD, growth, reproduction, native cattle, repeatability.

RESUMEN

En un hato de conservación del ganado criollo colombiano Romosinuano se estimaron los valores genéticos (Diferencias Esperadas de Progenie, DEP) de los caracteres de crecimiento (peso al nacimiento, al destete y a los 16 meses en terneros, y pesos al parto y al destete de su cría en vacas), así como de los rasgos reproductivos en hembras (edad al primer parto e intervalos entre partos). Las DEP diferenciales entre los toros de mayor y menor potencial genético para los pesos al nacer, al destete y a los 16 meses fueron respectivamente de +4,07, +29,30 y +36,04 kg. Las DEP de las vacas para los pesos al parto y al destete del ternero fueron de +36,04 y +43,23 kg. Para la edad al primer parto y el intervalo entre partos las DEP fueron de -89,35 y -30,10 días, respectivamente. Sin embargo, la variabilidad genética de estos caracteres se ha mantenido, ya que los coeficientes de regresión (r^2) fueron cercanos a cero. Se estimó la capacidad más probable de producción (CMPP) de cada vaca y luego se estableció una correlación lineal entre el valor genético (DEP) y la CMPP para los pesos al nacer y al destete, las cuales fueron altas ($r = +0,91$ y $+0,79$). El intervalo entre generaciones calculado para el hato fue de 4,96 años: 3,92 y 6,99 años para machos y hembras, respectivamente.

Palabras clave: Romosinuano, valores genéticos, diferencias esperadas de progenie (DEP), crecimiento, reproducción, ganado criollo, repetibilidad.

INTRODUCCIÓN

LOS REGISTROS COMPLETOS y exactos son la base de la estructura de información de cualquier operación pecuaria; a través de diferentes tipos de análisis éstos permiten tomar decisiones técnicas y administrativas consecuentes y son la base para determinar el progreso genético de los caracteres de interés económico para la explotación.

El objetivo del mejoramiento genético animal es alterar la frecuencia de genes deseables dentro de una población; para cumplir con dicho objetivo es necesario establecer un programa de mejoramiento genético que puede definirse como la combinación de los procesos de selección de los animales y de los sistemas de apareamiento. La selección significa proporcionar diferentes tasas reproductivas a los distintos genotipos. La mayor dificultad radica en identificar los animales deseables mediante el 'mérito genético' de los individuos, el cual está representado por el conjunto de genes. El genotipo no es visible y, por tanto, debe estimarse; el proceso de evaluar genéticamente los animales se denomina 'evaluación genética'.

Con el desarrollo de la informática y de métodos estadísticos es posible estimar el valor genético de los animales a través

de cuatro índices: 1) Habilidad de Transmisión (HT); 2) Diferencia Predicha (DP); 3) Predicción de la Habilidad de Transmisión (PTA); y 4) Diferencia Esperada en la Progenie (DEP). Los tres primeros se utilizan con mayor frecuencia en bovinos de leche, mientras el último se usa más para bovinos de carne y otras especies.

Ferraz *et al.* (2001) afirman que la diferencia esperada de progenie (DEP) representa una herramienta de selección para los productores y constituye un índice de suma importancia para aumentar la productividad, la competitividad y la rentabilidad de las empresas ganaderas.

En los hatos, la conducción de un programa de mejoramiento genético se puede medir por el cambio de la media de la población a fin de identificar los mejores reproductores para optimizar la ganancia genética. Según Lobo (1982), el cambio o tendencia genética en una población es resultado de la variación en la producción por unidad de tiempo proveniente de las modificaciones en el mérito genético medio de los animales. Dicha tendencia se puede calcular mediante la regresión de la media de los méritos genéticos de todos los animales de la población en función del año de nacimiento (Klemetsdal, 1990).

Radicado: enero 11 de 2008
Aceptado: junio 6 de 2008

1. Investigador Ph.D. Principal, Grupo de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología Animal (categoría A de COLCIENCIAS), Centro de Investigación Turipaná (Cereté, Córdoba), CORPOICA. e-mail: gossa@corpoica.org.co
2. Investigador Especialista Asistente, Centro de Investigación Turipaná (Cereté, Córdoba), CORPOICA. e-mail: jperez@corpoica.org.co
3. Docente, Departamento de Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Agraria de la Habana (Cuba).

La literatura disponible relativa a las tendencias genéticas de caracteres productivos y reproductivos en bovinos criollos es escasa. Al estudiar las tendencias genéticas de los caracteres reproductivos (edad al primer parto e intervalo entre partos) de la raza Gir, Balieiro *et al.* (1999) señalan que fueron pequeñas y que pueden ser mejoradas en la población en estudio.

Para el peso al nacer y al destete en la raza Pardo Suizo de carne en el Brasil, Ferraz *et al.* (2001) encontraron una tendencia genética de 0,06 kg/año y de 4,4 kg/año respectivamente, para dichos caracteres a lo largo de 10 años de estudio. Por su parte, Guerra *et al.* (2001) estudiaron las tendencias genéticas de los pesos al destete y a los 18 meses de edad en las razas de carne en Cuba y encontraron que éstas fueron positivas y bajas.

En la raza Tabapua se encontró que las tendencias genéticas aditivas fueron de 0,13, 0,21 y 0,28 kg/año para los pesos al nacer, al año y a los 550 días, respectivamente; se considera que son bajas debido a la reducida intensidad de selección aplicada (Ferraz Filho *et al.*, 2002).

En la raza Canchim, Mello *et al.* (2002) calcularon tendencias genéticas de efecto directo para los pesos al nacer, al destete y a los 12 meses de edad de 0,46, 1,33 y 1,61 kg, respectivamente, resultados significativos ($P < 0,01$) con coeficientes de determinación altos indicativos del progreso genético de estos caracteres.

El estimativo de las repetibilidades de los pesos de los animales a diferentes edades varía mucho en razón de ser obtenidas en épocas diferentes, para animales de razas diferentes y criados en condiciones diversas. Entre los investigadores que han estudiado las repetibilidades de los bovinos a diferentes edades se cita a Wellington *et al.* (1970), Dutt *et al.* (1974), Ossa y Manrique (1998a), Borjas *et al.* (2001), Cárdenas *et al.* (2001) y Ossa *et al.* (2002). La repetibilidad de los caracteres productivos y reproductivos dentro de un hato permite calcular la capacidad más probable de producción (CMPP) y el índice materno productivo (IMP) de las hembras, valores que pueden ser de utilidad en el descarte de vacas de baja producción cuando no

se dispone de registros genealógicos, teniendo en cuenta que muchas veces los registros se llevan solamente para algunas de las reproductoras. Los trabajos que reporta la literatura con respecto a la utilidad de la repetibilidad con relación a los cálculos de la CMPP y el IMP son pocos, destacándose lo publicado por Ossa y Manrique (1998b) con relación a los pesos al nacer y al destete en vacas Romosinuano.

Otra forma de evaluar las tendencias genéticas de los caracteres para ser mejorados es el progreso genético el cual es una función directa entre la heredabilidad y el diferencial de selección e indirecta con el intervalo entre generaciones.

La rapidez con que se trasladan las ganancias genéticas a las generaciones sucesivas es un aspecto significativo en los programas de selección y en ello juega un papel determinante el intervalo entre generaciones, que es la edad promedio de los padres al nacer sus hijos. La optimización del intervalo medio entre generaciones es importante en programas de mejoramiento genético, pues intervalos muy grandes disminuyen la ganancia genética anual para los caracteres seleccionados, lo que lleva a un menor retorno económico de la empresa ganadera. El intervalo medio entre generaciones depende de la edad al primer parto y del intervalo entre partos de las hembras, así como del tiempo de utilización de los machos como reproductores.

Son escasos los trabajos sobre las razas bovinas autóctonas que reportan el intervalo entre generaciones. En un rebaño Red Sindhi registrado en el Brasil, Faria *et al.* (2001b) reportaron un intervalo entre generaciones promedio de 7,65 años entre 1994 y 1998. En otro reporte se hallaron intervalos entre generaciones medios estimados para los períodos 1979–1983, 1984–1988, 1989–1993 y 1994–1998 de 4,5, 6,05, 7,17 y 9,14 años respectivamente para la raza Gir Mocho del Brasil (Faria *et al.*, 2001a). Por su parte, Simioni *et al.* (1989) hallaron en el ganado criollo brasileiro Caracú un intervalo entre generaciones de $6,07 \pm 1,58$ años.

El objetivo principal de este trabajo fue obtener los valores genéticos de los animales del hato de conservación de la

raza criolla colombiana Romosinuano y verificar el mantenimiento de la variabilidad genética a través de la relación de las tendencias genéticas a lo largo del tiempo. Un segundo objetivo fue utilizar la información existente en los registros para estimar la repetibilidad de los caracteres productivos y reproductivos y, con base en éstos, establecer la capacidad más probable de producción (CMPP) a fin de calcular una correlación simple con el valor genético de las vacas para caracteres de interés económico como base para un programa de descarte las hembras menos productivas, una aplicación práctica destinada a aquellos rebaños en donde sólo se registran los eventos de las hembras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos utilizados en este trabajo provienen del hato de conservación de la raza bovina Romosinuano ubicado en el Centro de Investigación Turipaná, a cargo de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –CORPOICA–, durante los años 1980 al 2003. El Centro se encuentra localizado en el Valle del Sinú en el nordeste de Colombia. Está a $8^{\circ} 49'$ de latitud norte y $76^{\circ} 27' / 75^{\circ} 35'$ de longitud oeste del meridiano de Greenwich, con una altitud de 20 m.s.n.m. en el departamento de Córdoba (Colombia) La temperatura promedio es de 28°C y los meses más calurosos son diciembre, enero, febrero y marzo. La humedad relativa oscila entre 79% y 84%. Las lluvias se distribuyen en períodos definidos, iniciando en el mes de marzo y aumentando su intensidad en los meses de abril y mayo, con una precipitación promedio anual de 1.120 mm. Por lo general, entre junio y julio se presenta un 'veranillo', durante el cual hay pocas lluvias de fuerte intensidad, motivo por el cual estos meses aparecen con un total de precipitación elevada. En agosto, septiembre y octubre, continúa el invierno con lluvias intensas, hasta mediados de noviembre, cuando se inicia el verano.

Los suelos se consideran entre los más fértiles del Valle del Sinú. El pH varía de 4,0 a 8,2, siendo el promedio 7,0. Existe marcado desequilibrio entre los contenidos de Ca y Mg, mientras el P asimilable es bajo.

Manejo del hato

El hato Romosinuano del C.I. Turipaná desde sus inicios ha sido manejado en pastoreo; allí predominan los pastos Angleton (*Dichatum aristatum*) y el Tanzania (*Panicum sp.*). Los animales reciben sal mineralizada y agua a voluntad en sus respectivas praderas; durante la época de verano a los animales se les suministra ensilaje de maíz (*Zea mays*).

En la etapa de formación del hato de coservación, cuyo inicio fue 1936, la aspiración era contar con un grupo importante de animales. A partir del año 1959 se desarrolló un plan de apareamiento para evitar la consanguinidad. Entre 1959 a 1963 el período de apareamiento fue durante todo el año, usualmente de enero a noviembre. A partir de 1964 y hasta el presente, el período de apareamiento ha sido restringido a cuatro meses al año para que la estación de nacimientos coincida con el período seco del año cuando la mortalidad de los terneros es menor. Durante la estación de monta el pastoreo es alterno y, al finalizar ésta, los animales se pasan a un sistema rotacional. Cada potrero tiene una extensión de aproximadamente cinco hectáreas.

La edad para exponer a las novillas al toro es aproximadamente a los 24 meses de edad. La formación de grupos de apareamiento se realiza a través de familias, la que corresponde a la familia de la madre de cada animal. Para controlar la consanguinidad se estableció el apareamiento circular entre vacas y toros; nunca se aparean toros con hembras de la misma familia. Finalmente, el esquema de apareamiento se reordena cada tres años.

Los terneros se destetan a los ocho meses de edad aproximadamente. En este tiempo se efectúa la primera elección de los futuros toros de acuerdo con su conformación fenotípica y peso. Las novillas eliminadas son aquellas que no presentan los caracteres propios de la raza. A los 16 meses de edad se pesan de nuevo todos los animales, se escogen definitivamente los machos para el apareamiento del próximo año y se eliminan las novillas de bajo desarrollo. Todos los animales reciben tratamientos curativos y preventivos contra las enfermedades comunes en la región. En ningún caso se descartan antes

de los 16 meses de edad y ningún macho se castra antes de esta edad.

Para estimar los valores genéticos de los animales se utilizó el método de Máxima Verosimilitud Restringida (REML) mediante la adopción de modelos mixtos (MME, *mixed model equations*). Esta estrategia hace posible para todos los animales incluidos en el programa, la obtención rutinaria y simultánea del valor genético aditivo, la DEP, la PTA y otros índices que poseen propiedades BLUP (mejor estimativa lineal no viciada). MME es un algoritmo que posibilita moldear simultáneamente efectos fijos (como por ejemplo, los grupos contemporáneos) y efectos aleatorios (animales o toros, por ejemplo). Por medio de este algoritmo se puede obtener soluciones para los efectos fijos y, lo que es más importante, para los efectos aleatorios, esto es, los BLUP.

Para calcular las tendencias genéticas se obtuvieron las medias de los valores genéticos por año y, mediante una regresión lineal, se determinó cuál fue la tendencia genética a lo largo del tiempo, lo que se representó en un gráfico apoyado en las ecuaciones de regresión correspondientes.

Los estimados de la repetibilidad se obtuvieron de los componentes de varianza derivados del análisis para los caracteres estudiados a través de la metodología BLUP, dada a través del procedimiento *MTDFRML (Multiple Trait Derivative Free Restricted Maximum Likelihood)* de Boldman *et al.* (1995).

Para el cálculo de la capacidad más probable de producción (CMPP) respecto de los pesos al nacer y al destete se utilizó la siguiente fórmula:

$$CMPP = \bar{X}_h + \frac{n}{1 + (n - 1)r} (\bar{X}_i - \bar{X}_h)$$

donde,

CMPP : capacidad más probable de producción

\bar{X}_h : media del hato

\bar{X}_i : media de cada vaca

n : número de registros de cada vaca

r : repetibilidad del carácter.

Después de haber calculado la CMPP para cada una de las vacas se ordenaron

los datos según dicho valor, lo mismo que por sus valores genéticos, a fin de establecer una correlación a través de los órdenes de las dos variables.

Para el cálculo del intervalo entre generaciones se utilizaron los datos provenientes del control zootécnico del hato Romosinuano del C.I. Turipaná, con referencia a las fechas de nacimiento de los padres y la fecha de nacimiento de sus hijos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tanto los machos como las hembras contribuyen con el 50% al patrimonio genético de sus descendientes y así, desde el punto de vista genético, los dos sexos tienen el mismo valor. Sin embargo, hay diferencias con relación al grado de mejoramiento genético obtenido por el empleo de machos o hembras. Las vacas tienen un período reproductivo corto, producen en términos generales un ternero por año y, al final de su vida productiva, tienen relativamente pocos hijos; en cuanto a los machos, dejan gran número de progenies por monta natural que puede ser multiplicada por el empleo de la inseminación artificial. Además, la intensidad de selección es mayor en machos, hecho que puede llevar a que contribuyan más que las hembras al progreso genético del rebaño.

Según el modelo animal se pueden estimar los valores genéticos de todos los animales pertenecientes a una población dada, pues es una de las propiedades de esta metodología. Por ello se hará énfasis en los machos si bien se tiene disponible la información de las hembras. Los valores genéticos de los animales para los caracteres productivos y reproductivos estudiados se estimaron a través de la diferencia esperada de progenie (DEP).

En la Tabla 1 se presentan los valores genéticos para los toros superiores e inferiores con relación a los caracteres productivos y reproductivos estudiados y la DEP entre ellos. A tal fin se realizó una clasificación de los mejores y peores toros según sus valores genéticos para los pesos al nacer y al destete y a los 16 meses de edad (Tablas 2 y 3; no se muestran los de 16 meses). Para cualquier carácter el significado de la DEP es la misma.

Tabla 1. Estimación de los valores genéticos para los toros superiores e inferiores con relación a los caracteres productivos y reproductivos.

Carácter	Toro superior	DEP	Toro inferior	DEP	Diferencia
Peso al nacer	98059	+ 2,67	85135	- 1,40	+ 4,07 kg
Peso al destete	84055	+ 13,49	81093	- 15,81	+ 29,3 kg
Peso a 16 meses	81137	+ 17,62	81089	- 15,49	+ 33,11 kg
PVP	62517	+ 23,32	86099	- 12,72	+ 36,04 kg
PVDT	65217	+ 28,24	86009	- 14,99	+ 43,23 kg
EPP	74009	- 39,98	74221	+ 49,37	- 89,35 días
IEP	86099	- 15,78	65037	+ 14,22	- 30,10 días

PVP: peso de la vaca al parto; PVDT: peso de la vaca al destete del ternero; EPP: edad al primer parto; IEP: intervalo entre partos.

Tabla 2. Clasificación de los toros según sus valores genéticos (DEP, diferencias esperadas de progenie) para el peso al nacimiento.

Toros superiores				Toros inferiores			
Orden	Toro	DEP	Exac	Orden	Toro	DEP	Exac
1	98059	2,67	0,81	932	91203	-2,73	0,81
2	90261	2,38	0,88	933	91055	-2,31	0,82
3	90043	2,36	0,89	934	91113	-2,31	0,9
4	98099	2,17	0,78	935	97243	-2,28	0,75
5	91247	2,10	0,91	936	91211	-2,05	0,81
6	00121	2,07	0,78	937	89123	-2,04	0,86
7	89169	1,97	0,81	938	97187	-2,03	0,83
8	84043	1,95	0,82	939	89037	-1,98	0,92
9	98057	1,93	0,81	940	89137	-1,95	0,81
10	91239	1,922	0,83	941	92085	-1,94	0,86
11	89223	1,918	0,84	942	94035	-1,93	0,78
12	97041	1,86	0,81	943	00219	-1,91	0,79
13	89061	1,85	0,88	944	82139	-1,85	0,8
14	90243	1,85	0,87	945	91173	-1,85	0,92
15	80283	1,81	0,85	946	92155	-1,77	0,91
16	94033	1,81	0,86	947	91115	-1,77	0,81
17	98283	1,79	0,81	948	91129	-1,77	0,81
18	85037	1,76	0,81	949	92065	-1,75	0,83
19	00205	1,76	0,71	950	91011	-1,74	0,9
20	90263	1,76	0,81	951	98111	-1,73	0,97
21	80209	1,72	0,91	952	85087	-1,72	0,99
22	93031	1,72	0,81	953	95175	-1,70	0,86
23	97247	1,70	0,81	954	93219	-1,70	0,9
24	80241	1,69	0,81	955	92187	-1,68	0,91
25	91147	1,67	0,81	956	90161	-1,66	0,78
26	82161	1,66	0,81	957	00001	-1,61	0,68
27	98117	1,66	0,58	958	96197	-1,52	0,83
28	92137	1,65	0,93	959	84019	-1,52	0,94
29	80127	1,62	0,94	960	98177	-1,51	0,96
30	89065	1,60	0,93	961	97003	-1,51	0,83
31	01055	1,58	0,92	962	81299	-1,49	0,97
32	97291	1,57	0,90	963	91069	-1,49	0,92
33	95013	1,57	0,89	964	96029	-1,49	0,94
34	91221	1,55	0,88	965	97227	-1,47	0,87
35	89015	1,55	0,87	966	94205	-1,47	0,91
36	90155	1,54	0,88	967	88127	-1,43	0,95
37	91125	1,53	0,84	968	89131	-1,43	0,96
38	85177	1,52	0,91	969	89105	-1,43	0,94
39	95207	1,50	0,81	970	89239	-1,42	0,99
40	80155	1,49	0,93	971	85135	-1,40	0,95

En tal sentido, si se comparan los dos toros el 84055 (el mejor) y el 81093 (el peor) se encuentra que si los dos toros fueran apareados aleatoriamente con hembras de la población, y si se producen un gran número de hijos, se debe esperar que la media del peso al destete de la progenie del toro 84055 será superior en 29,30 kg ($13,49 - [-15,81] = 29,30$) a la media de la progenie del toro 81093. Estos 29,30 kg de la progenie en promedio refleja la diferencia en el mérito genético de los gametos producidos por los dos toros.

Como las DEPs siguen una distribución normal esta comparación involucra el concepto de media, esto significa que algunos de los hijos del toro 81093 podrán ser más livianos que algunos hijos del toro 84055, como se ilustra en la Figura 1.

Los toros a elegir para reproducción serían los de más altos valores genéticos para el peso al destete y con una exactitud superior al 50% y su número depende del número de hembras seleccionadas por sus valores genéticos y exactitudes, como también de evitar el apareamiento entre individuos parientes para evitar la aparición de hijos consanguíneos en los cuales se reducirían los índices productivos y reproductivos.

El ordenamiento de los animales por sus valores genéticos en orden ascendente o descendente permite clasificar e identificar a los animales por sus méritos genéticos y utilizar intensamente los animales con mayor potencial genético, así como incrementar la frecuencia de genes deseables dentro de la población si el objetivo es un programa de mejoramiento genético. En la Tabla 4 se presentan las regresiones lineales de las tendencias genéticas a través de los años.

Como puede observarse las tendencias genéticas anuales de los efectos directos, medidas según el coeficiente de regresión, fueron muy cercanas a cero y no significativas. Además, los r^2 de las ecuaciones no pudieron explicar ni el 1% de las variaciones para cada uno de los caracteres estudiados (Tabla 4).

En las Figuras 2 a 8 se ilustran las tendencias genéticas para los diferentes caracteres productivos y reproductivos, con oscilaciones positivas y negativas

Tabla 3. Clasificación de los toros según sus valores genéticos (DEP, diferencias esperadas de progenie) para el peso al destete.

Toros superiores				Toros inferiores			
Orden	Toro	DEP	Exact	Orden	Toro	DEP	Exact
1	84055	13,49	0,92	930	81205	-7,99	0,94
2	85065	13,01	0,90	931	96311	-8,10	0,78
3	95047	13,00	0,78	932	88019	-8,15	0,96
4	95035	12,97	0,83	933	85049	-8,22	0,92
5	84109	12,75	0,92	934	83029	-8,30	0,94
6	85125	12,33	0,91	935	88081	-8,30	0,93
7	83165	11,82	0,99	936	00245	-8,40	0,53
8	80007	11,17	0,99	937	91125	-8,45	0,84
9	95275	11,11	0,78	938	88113	-8,48	0,85
10	82143	10,76	0,93	939	96057	-8,49	0,76
11	98201	10,69	0,69	940	86183	-8,67	0,88
12	84007	10,66	0,99	941	89047	-8,80	0,98
13	80121	10,63	0,99	942	85079	-8,84	0,98
14	81137	10,60	0,99	943	96099	-8,84	0,72
15	84135	10,43	0,91	944	81181	-8,90	0,99
16	95043	10,37	0,85	945	98245	-8,92	0,68
17	83169	10,23	0,95	946	82081	-9,00	0,79
18	95099	10,150	0,90	947	94207	-9,15	0,75
19	85117	9,50	0,93	948	89067	-9,15	0,90
20	98259	9,29	0,74	949	85075	-9,16	0,93
21	83153	9,24	0,95	950	91117	-9,21	0,94
22	83129	9,05	0,92	951	93039	-9,41	0,85
23	86033	9,04	0,91	952	93027	-9,82	0,75
24	95227	9,02	0,90	953	98255	-9,95	0,68
25	83183	8,86	0,95	954	93079	-9,97	0,92
26	89075	8,77	0,89	955	93147	-10,08	0,95
27	81103	8,69	0,99	956	81109	-10,23	0,96
28	96029	8,67	0,87	957	92067	-10,34	0,98
29	98247	8,65	0,76	958	84153	-10,35	0,97
30	84045	8,63	0,86	959	95083	-10,35	0,72
31	81203	8,55	0,93	960	81195	-10,47	0,88
32	88011	8,42	0,94	961	82089	-10,76	0,89
33	80059	8,39	0,92	962	83127	-10,77	0,90
34	81029	8,31	0,99	963	94051	-11,35	0,91
35	87037	8,28	0,98	964	84103	-12,32	0,92
36	85057	8,24	0,93	965	95143	-12,36	0,93
37	85133	8,10	0,94	966	84175	-13,94	0,93
38	95085	8,05	0,85	967	81089	-14,18	0,95
39	94203	8,04	0,88	968	81231	-15,46	0,99
40	91237	8,03	0,93	969	81093	-15,81	0,98

alrededor de la media de cada carácter: pesos al nacimiento, al destete y a los 6 meses, peso al parto de las vacas, peso de la vaca al destete del ternero, edad al primer parto e intervalo entre partos.

Este ható ha sido sometido a través del tiempo a un programa de conservación con el objetivo de mantener constante la variabilidad genética. Los resultados corroboran que no ha existido progreso genético y que, tanto el sistema de apareamiento circular empleado, como la elección de los reemplazos de vacas y toros, han condicionado la estabilidad para los caracteres evaluados y la posible conservación de la variabilidad genética.

Al estudiar las tendencias genéticas para la edad al primer parto y el intervalo entre partos en la raza Gir, Balieiro *et al.* (1999) indican que éstas fueron pequeñas, aspecto que corroboran los resultados de este trabajo. Así mismo, Ferraz *et al.* (2001), en la raza Pardo Suizo de carne en el Brasil, encontraron tendencias genéticas positivas para los pesos al nacimiento y al destete. En las razas cubanas de carne, Guerra *et al.* (2001) hallaron tendencias genéticas bajas y positivas para los pesos al destete y a los 18 meses de edad. Ferraz Filho *et al.* (2002) también encontraron tendencias pequeñas para los pesos al nacimiento, al año y los 550 días, debido a la poca intensidad de selección aplicada en la población; en cambio, en la raza Canchim se han encontrado tendencias genéticas más altas para los pesos al nacimiento, al destete y al año que revelan un progreso genético adecuado en dichos caracteres derivado de un proceso de selección (Mello *et al.*, 2002).

Las repetibilidades para los pesos al nacimiento y al destete de los terneros, así como las del peso de las vacas al parto y al destete de los terneros ($0,35 \pm 0,08$ y $0,39 \pm 0,07$, respectivamente), que resultaron superiores a los escasos trabajos relacionados con este parámetro llevados a cabo en el país y realizados por Ossa y Manrique (1998a) en la raza Cebú y sus cruces; por Ossa y Manrique (1998b) en la raza Romosinuano y por Ossa *et al.* (2002) en la raza Brahman. En ganado Brahman Cárdenas *et al.* (2001) encontraron en México valores de repetibilidad inferiores para los mismos caracteres.

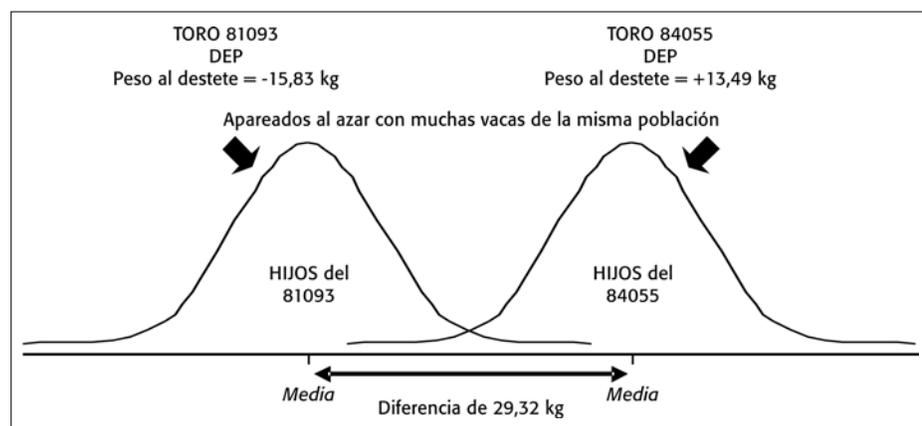


Figura 1. Distribución del mérito genético aditivo de los hijos del toro 84055 con DEP +13,49 kg y el toro 81093 con -15,83 kg para el peso al destete.

Tabla 4. Regresiones lineales de las tendencias genéticas de los caracteres productivos y reproductivos en el tiempo.

Carácter	Ecuación de regresión lineal	Coefficiente de regresión (r ²)
Peso al nacer	$Y = 4,054 - 0,00204X$	0,0324
Peso al destete	$Y = -1,55 + 0,00072X$	0,001
Peso a los 16 meses	$Y = -20,97 + 0,010X$	0,0145
PVP	$Y = 188,76 - 0,094X$	0,0274
PVDT	$Y = 182,48 - 0,0917X$	0,0416
EPP	$Y = 661,23 - 0,33X$	0,0765
IEP	$Y = 103,47 - 0,052X$	0,02

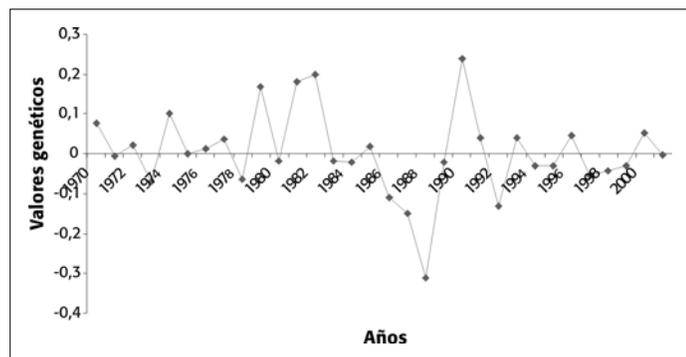


Figura 2. Tendencias genéticas del peso al nacimiento.

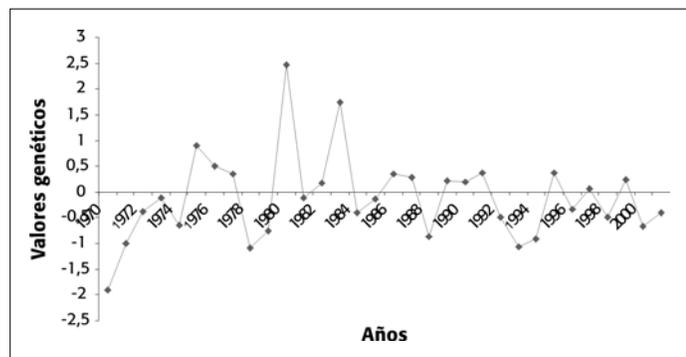


Figura 3. Tendencias genéticas del peso al destete.

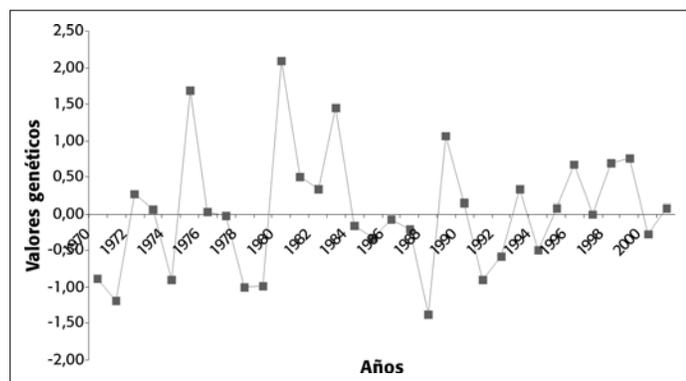


Figura 4. Tendencias genéticas del peso a los 6 meses.

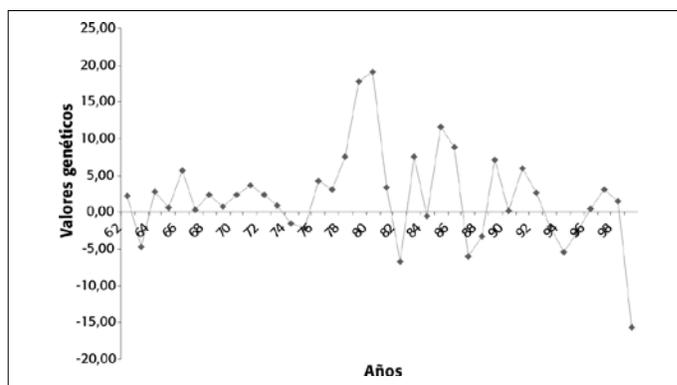


Figura 5. Tendencias genéticas del peso al parto de las vacas.

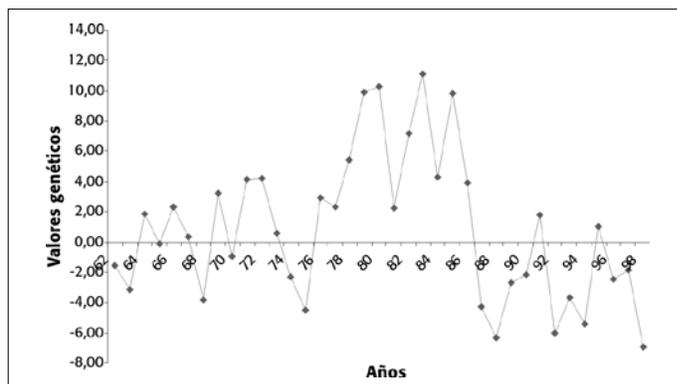


Figura 6. Tendencias genéticas del peso de la vaca al destete del ternero.

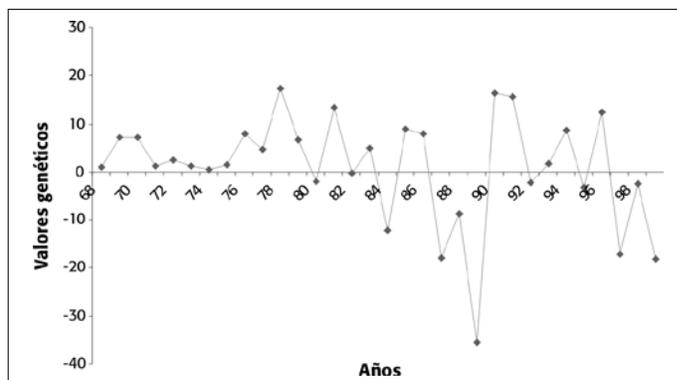


Figura 7. Tendencias genéticas de la edad al primer parto.

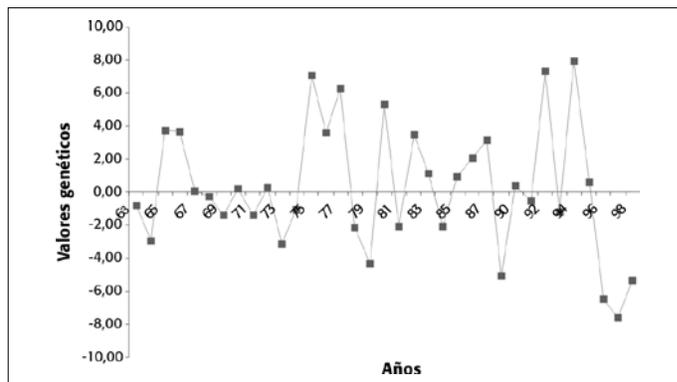


Figura 8. Tendencias genéticas del intervalo entre partos.

Con base en las repetibilidades del peso al nacer y al destete se calculó la capacidad más probable de producción (CMPP) y el índice materno productivo (IMP) en cada una de las vacas. La CMPP indica la producción de la vaca en el siguiente parto. Para el peso al nacimiento de las 427 vacas ordenadas, el 46,83% (200 vacas) presentaron una CMPP superior a la media del peso al nacimiento en la población de 30,65 kg. Estos resultados fueron ligeramente inferiores a los hallados por Ossa y Manrique (1998a) en la raza Romosinuano, quienes encontraron que un 50% de las vacas obtuvieron una CMPP superior a la media del hato (Tabla 5).

El rango de la CMPP para el peso al nacimiento fue de 9,25 kg (35,28 – 26,03). Poco énfasis debe hacerse con relación al peso al nacimiento puesto que la selección a favor de este carácter puede ocasionar problemas de partos distócicos; por el contrario, debe ejercerse mayor presión de selección sobre el peso al destete que denota la “habilidad productora de la hembra”.

Respecto del peso al destete (Tabla 6), el 47,11% de las vacas presentaron una CMPP superior a la media de este carácter en el hato (182,77 kg), lo cual es similar a lo reportado por Ossa y Manrique (1998a). De acuerdo con los resultados obtenidos, si se utiliza el criterio de la CMPP para el peso al destete y se asume un reemplazo del 20% de las reproductoras para dicho carácter, se eliminarían 88 vacas que serían aquellas que se encuentran por debajo de 172 kg.

El índice materno productivo (IMP) indica la producción de la vaca por intervalo entre partos. Al ordenar las vacas según el IMP, sólo el 23% de las 427 presentaron valores ideales para el peso al nacimiento. En cambio, hubo un ligero incremento de esta proporción para el peso al destete de las 433 vacas ordenadas: el 29,33% de ellas presentó un IMP ideal y éstas podrían ser consideradas como vacas elite destinadas a producir los futuros reproductores, ya que presentan una fecundidad óptima y una habilidad materna notable.

Las vacas fueron ordenadas según sus valores genéticos para los pesos al nacer y

Tabla 5. Clasificación de las vacas Romosinuano según su capacidad más probable de producción (CMPP) relativa al peso al nacimiento y con su respectivo valor genético.

Vacac superiores					Vacac inferiores				
Orden	Vaca	Número de partos	CMPP	Valor genético	Orden	Vaca	Número de partos	CMPP	Valor genético
1	90268	3	35,27	1,96	388	94096	3	28,54	-0,86
2	86136	5	35,23	1,47	389	72252	2	28,93	-0,68
3	94216	3	34,76	1,75	390	75138	3	28,93	-0,48
4	76046	6	34,61	1,55	391	86016	2	28,93	-0,76
5	93070	3	34,59	1,53	392	93222	2	28,93	-0,36
6	95034	3	34,50	1,05	393	72254	4	28,80	-0,63
7	79138	2	34,30	0,99	394	89110	4	28,80	-0,73
8	81138	6	33,93	1,00	395	91076	4	28,80	-0,61
9	86210	5	33,93	1,09	396	93058	4	28,73	-0,39
10	89104	4	33,77	1,24	397	94044	2	28,73	-0,39
11	81254	6	33,60	1,20	398	97210	2	28,73	-0,88
12	79162	2	33,47	1,06	399	76096	4	28,66	-0,98
13	85058	3	33,42	0,82	400	93150	5	28,57	-0,79
14	78002	3	33,39	0,90	401	83148	3	28,52	-0,52
15	92040	3	33,39	0,82	402	86038	2	28,52	-0,95
16	79156	4	33,37	1,02	403	92084	2	28,52	-0,68
17	84130	4	33,37	1,06	404	93154	2	28,52	-0,53
18	83006	4	33,37	1,07	405	94108	2	28,52	-0,98
19	72332	2	33,27	0,80	406	96178	2	28,52	-0,63
20	91216	2	33,27	1,16	407	83208	3	28,52	-0,77
21	81176	7	33,23	1,08	408	85060	3	28,43	-0,87
22	87134	3	33,22	0,93	409	87010	8	28,41	-1,05
23	80212	2	33,06	0,59	410	89196	5	28,32	-0,91
24	80264	3	33,05	0,46	411	94038	2	28,31	-0,77
25	88054	6	33,03	0,79	412	94210	2	28,31	-0,56
26	85142	6	32,92	0,80	413	96028		28,31	-0,65
27	85100	5	32,91	0,86	414	83070	3	28,26	-0,65
28	70014	3	32,88	0,97	415	89062	3	28,26	-0,65
29	80040	2	32,85	0,56	416	90166	3	28,26	-0,87
30	86036	4	32,85	0,64	417	86002	2	28,11	-1,08
31	92124	2	32,85	0,73	418	93076	2	28,11	-1,08
32	93078	2	32,85	0,98	419	94018	4	28,07	-0,44
33	91174	3	32,71	0,88	420	89140	5	27,94	-1,03
34	92180	3	32,71	0,99	421	96212	2	27,90	-0,86
35	76124	5	32,65	0,63	422	94060	3	27,75	-0,66
36	81280	2	32,65	0,68	423	71316	2	27,69	-1,25
37	87118	2	32,65	0,40	424	93182	2	27,69	-1,10
38	81110	5	32,62	0,86	425	91052	5	27,55	-1,23
39	77014	6	32,58	0,63	426	92030	5	27,43	-1,21
40	79098	3	32,54	0,59	427	83056	4	26,03	-1,92

Tabla 6. Clasificación de las vacas Romosinuano según su capacidad más probable de producción (CMPP) con relación al peso al destete y su respectivo valor genético.

Vacas superiores					Vacas inferiores				
Orden	Vaca	Número de partos	CMPP	Valor Genético	Orden	Vaca	Número de partos	CMPP	Valor Genético
1	83018	2	244,98	8,99	394	91106	4	158,66	-3,01
2	82216	2	230,78	5,97	395	86098	5	157,25	-2,91
3	79162	2	228,96	6,91	396	92072	4	157,16	-2,83
4	81280	2	224,89	4,08	397	91108	4	157,08	-1,78
5	79166	3	224,50	3,97	398	96212	2	157,08	-1,66
6	85012	3	224,34	5,75	399	94108	2	156,96	-1,92
7	82104	5	224,33	4,69	400	94048	2	155,62	-1,59
8	75198	3	223,56	3,93	401	90162	3	155,44	-1,38
9	80264	3	223,48	3,00	402	96028	2	154,82	-1,92
10	76260	3	223,18	30,8	403	93064	2	154,65	-0,81
11	83092	2	221,71	5,71	404	93222	2	154,30	-0,78
12	75388	2	220,69	3,50	405	81056	2	154,24	-0,76
13	78002	3	220,45	5,07	406	90124	7	154,19	-4,10
14	82188	3	220,08	3,86	407	90080	3	154,08	-2,99
15	71240	3	219,20	4,52	408	86124	4	153,70	-2,85
16	81172	3	218,02	3,49	409	72254	4	153,43	-2,72
17	75062	3	217,64	3,63	410	94064	2	153,24	-1,85
18	84076	2	217,41	3,93	411	72296	4	153,19	-1,83
19	83006	4	217,32	3,76	412	93170	3	152,58	-1,81
20	82084	3	217,07	1,68	413	93072	3	152,49	-2,25
21	81242	2	216,79	3,63	414	93016	6	152,48	-2,20
22	83208	3	216,58	3,02	415	71316	2	152,17	-2,16
23	83038	2	215,10	2,22	416	94076	3	151,77	-2,39
24	96148	2	213,45	3,79	417	93076	2	151,75	-2,38
25	76124	5	213,06	1,04	418	93216	2	151,66	-2,41
26	83202	7	213,05	3,97	419	93158	3	148,71	-2,63
27	76046	6	212,82	3,01	420	89110	4	147,53	-2,55
28	79326	2	212,49	2,28	421	91114	4	145,55	-1,99
29	81290	3	211,91	2,15	422	92004	3	145,04	-1,80
30	80074	2	211,41	2,00	423	94138	4	144,65	-1,77
31	78188	4	211,14	2,74	424	83086	8	143,91	-5,31
32	82098	3	210,90	2,67	425	79024	4	142,68	-5,01
33	78144	3	209,96	2,70	426	93054	3	142,47	-5,00
34	85024	2	209,279	3,62	427	94216	3	140,23	-3,01
35	83150	4	208,95	3,03	428	94018	4	140,07	0,67
36	78184	2	208,72	2,31	429	91064	4	139,31	-5,15
37	94	2	207,54	2,23	430	88096	6	139,02	-6,58
38	80092	3	207,54	3,58	431	93058	6	138,90	-4,97
39	94084	2	207,41	2,24	432	90154	4	128,22	-6,60
40	90212	2	206,99	2,01	433	84112	8	126,00	-11,57

al destete y se estableció una correlación simple de orden con la CMPP para los mismos caracteres, resultando éstas altas y positivas: 0,91 y 0,72, respectivamente.

Estos resultados plantean una alternativa para el proceso de selección, principalmente para aquellos hatos que, como es usual en nuestras condiciones, presentan serias dificultades con los controles de las genealogías; si no se dispone de los valores genéticos de las reproductoras, estimados por las metodologías más actuales, estos resultados pueden servir de ayuda para las decisiones sobre las poblaciones de bovinos por parte de ganaderos y asistentes técnicos.

Se estimó el valor genético aditivo de los toros utilizados mediante la diferencia esperada de progenie (DEP) para los pesos al nacer, al destete y a los 16 meses de edad, donde se tienen en cuenta únicamente los de los machos debido a su importancia dentro del mejoramiento genético de la población; sin embargo, se dispone de los valores genéticos de las hembras.

La rapidez con la cual se trasladan las ganancias genéticas a las generaciones sucesivas es un aspecto significativo en los programas de selección, lo cual se encuentra determinado por el intervalo entre generaciones, esto es la edad promedio de los padres al nacer sus hijos. La estimación del intervalo medio entre generaciones fue de 4,96 años. La edad media de los toros en la fecha de nacimiento de sus hijos fue de 3,92 años y la de las vacas, 6,99 años. Este valor fue inferior al reportado por Simioni *et al.* (1989) en la raza Caracú, Faria *et al.* (2001a) en la raza Red Sindi y Faria *et al.* (2001b) en la raza Gir, cuyos valores de intervalo entre generaciones oscilaron de 6,07 a 9,14 años. Uno de los factores que pudo haber influido en el intervalo entre generaciones es la elevada edad al primer parto de las vacas ($3,18 \pm 0,50$ años) (Ossa, 2004).

Una evaluación más exacta de este parámetro, y de los factores que lo afectan, implicaría la obtención de mayor información acerca del índice de mortalidad de los terneros, la tasa de reforma anual, la eficiencia reproductiva y la vida productiva del rebaño, estimativos que no fueron objeto de estudio en este trabajo.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio permiten formular las siguientes conclusiones:

- Los valores genéticos de los animales obtenidos por las DEPs, permiten la elección de animales con mayores potenciales genéticos, lo que aumentará la expresión de los caracteres de importancia económica y con esto el aumento de la eficiencia del sistema de producción de carne.
- Las tendencias genéticas de los caracteres productivos y reproductivos presentaron oscilaciones positivas y negativas alrededor de cero, lo que señala que el sistema de apareamiento circular empleado en el hato es adecuado para la conservación y preservación de la variabilidad genética de la raza.
- Las estimativas de repetibilidad obtenidas para los pesos al nacer y destete fueron de magnitud media, lo que indica que existen diferencias permanentes entre las vacas. Entretanto, el descarte de las vacas con respecto a los pesos al nacer y al destete traerá un incremento de dichos caracteres.
- La CMPP puede ser utilizada como una alternativa para la elección de las reproductoras en los rebaños donde no se disponga de los valores genéticos.
- El intervalo medio entre generaciones observado en esta población indica la necesidad de tomar medidas para reducirlo y consecuentemente aumentar las ganancias genéticas anuales.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Balieiro, E.S.; C.C.J. Pereira; S.R. Verneque; S.C. Pereira y G.J.A. Bergmann. 1999. Estimativas de parámetros genéticos e de tendencias fenotípica, genéticas e de ambiente de algumas características reprodutivas na raza Gir. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 51(4): 371-376.

Boldman, K.G.; L.A. Kriese; L.D. van Vleck; C.P. van Tassell y S.D. Kachaman. 1995. A manual for use of MTDFREML: a set of programs to obtain estimates of variance and covariance (Draft). USDA, Agricultural Research Service. 120 p.

Borjas, A.; C. Magnabosco; B.R. Lobo; F.L.A. Becerra y D.R. Sainz. 2001. Variabilidad genética de días al parto y sus relaciones con otros rasgos reproductivos y de crecimiento en hembras Nelore. *Memorias XVII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA)*. La Habana, Cuba. 268 p.

Cárdenas, I.; D. Montón; R. Vitto y J. Parra. 2001. Estimación de parámetros genéticos directos y maternos para el peso al nacer, peso al destete y peso a los 18 meses en un rebaño Brahman registrado. I. Índice de herencia. *Memorias. XVII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA)*. La Habana, Cuba. pp. 1972-1974.

Dutt, M.; R.C. Sharma; S.P.S. Tomar y B.P. Singh. 1974. *Análisis of a Tharparkar herd of Uttar Pradesh. Indian Vet. J.* 51(9/10): 583-590.

Faria, C.F.S.; A.E. Vercesi Filho; F.E. Madalena y L.A. Josahkian. 2001a. Parámetros populacionais do rebanho Gir Mocho registrado no Brasil. *Rev. Bras. Zootec.* 30(6S): 1984-1988.

Faria, C.F.S.; A.E. Vercesi Filho; F.E. Madalena y L.A. Josahkian. 2001b. Parámetros populacionais do rebanho Sindhi registrado no Brasil. *Rev. Bras. Zootec.* 30(6S): 1989-1994.

Ferraz, S.B.J.; P.J. Eler; G.L.G. Figueiredo; C.E. de Matos y L.A.C. Silveira. 2001. Tendência genética em bovinos Pardo Suíça corte no Brasil. *Memorias. XVII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA)*. La Habana, Cuba. 1823-1828.

Ferraz Filho, B.P.; A.A. Ramos; C.L.O. da Silva; J.C. de Souza y M.M. de Alencar. 2002. Tendência genética dos efeitos direto e materno sobre os pesos a desmama e pos-desmama de bovinos de raza Tabapua no Brasil. *Rev. Bras. Zootec.* 31 (2): 635-640.

Guerra, D.; M. Rodríguez; T. Planas; F. Ramos; J. Ortiz; J. Torres y R. Falcón. 2001. Evaluación genética de las razas vacunas de carne en Cuba. *Memorias. XVII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA)*. La Habana, Cuba. 1756-1759.

Klemetsdal, G. 1990. Breeding for performance in horses: a review. I: World Congress on Genetic Applied to Livestock Production. 40 p.

Lobo, B.R. 1982. Métodos de avaliação do progresso genético em bovinos leiteiros. *Zootecnia* 20: 161-188.

Mello, D.P.S.; M.M. Alentar y C.L.O. da Silva. 2002. Estimativas de (co)variâncias e tendências genéticas para pesos em um rebanho Canchim. *Rev. Bras. Zootec.* 31(4): 1707-1714.

Ossa, G.A. y C. Manrique. 1998a. La repetibilidad y el índice materno productivo como criterios de selección. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Nacional de Colombia* 15(1): 7-14.

Ossa, G.A. y C. Manrique. 1998b. El índice materno productivo como criterio de selección en vacas Romosinuanas. En: *IV Congreso Iberoamericano de Razas Autóctonas y Criollas*. Nov. Tampico, Tamaulipas, México. 316 p.

Ossa, G.A.; O.F.L. Moreno; C. Manrique, Y.C. Tobón; G.J. Pérez; L.G. Tarazona; R.G. Onofre; H.M. Cipagauta y V.C. Maldonado. 2002. El mejoramiento genético como instrumento de eficiencia en una empresa de producción bovina. *Manual técnico*. CORPOICA, Bogotá. 42 p.

Ossa, G.A. 2004. Influencia de factores genéticos y ambientales en caracteres productivos y reproductivos de la raza criolla colombiana Romosinuano. Tesis de Ph.D. Universidad Agraria de la Habana, Cuba. 100 p.

Simioni, V.M.; C.J. Pereira; S.C. Pereira y F.J.J. de Miranda. 1989. Intervalo entre geracoes e comparacoes entre métodos alternativos de ajustamento de pesos a desmama na raza Caracú. En: *Arq. Bras. Medec. Vet. e Zoot.* 41(3): 233-245.

Wellington, K.; P. Mahadevan y K.L. Roache. 1970. Production characteristics of the Jamaica Hope breed of dairy cattle. *J. Agric. Sci.* 74(3): 463-468.