

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Jaime León Gallego¹,
Rodrigo Alfredo Martínez²
y Fernando León Moreno³

ABSTRACT

Consanguinity coefficient, phenotypic and genetic characterization of the Colombian Blanco Orejinegro creole breed of cattle

Phenotypic and genetic parameters were analysed in a Colombian Blanco Orejinegro creole cattle population from 1980 to 2004. Average birth weight was 27.54 ± 3.72 kg, having a 12.30% variation coefficient (vc). Birth weight-related genetic values presented a moderate 7 g increase and 0.394 ± 0.050 total heritability. Mean adjusted weaning weight was 165 ± 29.16 kg, with 29.16% vc, 263 g annual genetic value growth and 0.187 ± 0.056 heritability. Mean adjusted yearling weight (16 months, 480 days) was 215 ± 30.57 kg, with 12.47% vc, 7 g annual growth rate and 0.0957 ± 0.050 heritability. Economically important production traits were phenotypically and genetically correlated; the high correlation between adjusted weaning weight and adjusted yearling weight is worth noting (0.758 and 0.785, respectively). There was a 0.0068 ± 0.021 consanguinity coefficient for the Blanco Orejinegro creole breed from 1982 to 2004, having a 0.00218 increase in generational interval.

Key words: animal genetics, creole cattle, adaptation, birth weight, weaning weight, inbreeding index, heritability.

Recibido: noviembre 11 de 2005.
Aceptado: junio 24 de 2006.

1. Investigador profesional asociado, Estación Experimental El Nus, San Roque (Antioquia), CORPOICA. e-mail: jlgallego@corpoica.org.co, corpoicanus@edatel.net.co
2. Investigador master asistente, Centro de Investigación Tibaitatá, Mosquera (Cundinamarca), CORPOICA. e-mail: ramartinez@corpoica.org.co, rodmartin19@hotmail.com
3. Investigador master asociado, Estación Experimental El Nus, San Roque (Antioquia), CORPOICA. e-mail: fmoreno@corpoica.org.co

Índice de consanguinidad y caracterización fenotípica y genética de la raza bovina criolla Blanco Orejinegro

RESUMEN

Se analizaron los parámetros fenotípicos y genéticos del ganado bovino criollo colombiano Blanco Orejinegro (BON) desde 1980 hasta 2004. El peso promedio al nacimiento fue $27,54 \pm 3,72$ kg con un coeficiente de variación (cv) de 12,30%; los valores genéticos relacionados con el peso al nacimiento presentaron una tendencia moderada de crecimiento anual de 7 g y una heredabilidad total de $0,394 \pm 0,050$. El peso promedio ajustado al destete fue de $165 \pm 29,16$ kg, con un cv de 29,16%, una tendencia de crecimiento anual de los valores genéticos de 263 g y una heredabilidad de $0,187 \pm 0,056$. El peso ajustado a los 480 días fue de $215 \pm 30,57$ kg, con un cv de 12,47%, una tendencia de crecimiento anual de los valores genéticos de 7 g y una heredabilidad de $0,0957 \pm 0,05$. Se calcularon las correlaciones fenotípicas y genotípicas de las características productivas de importancia económica: se destacó la significativa correlación del peso ajustado al destete y el peso ajustado a los 480 días, con valores de 0,758 y 0,785, respectivamente. El índice de consanguinidad de la raza bovina criolla Blanco Orejinegro, desde 1982 hasta 2004, fue de $0,0068 \pm 0,021$, con un incremento de 0,00218 por intervalo generacional.

Palabras clave: genética animal, ganado criollo, adaptación, peso al nacimiento, peso al destete, coeficiente de endogamia, heredabilidad.

INTRODUCCIÓN

SE DICE QUE EN LOS AÑOS 40 el país contaba aproximadamente con dos millones de cabezas de ganado Blanco Orejinegro (BON). Según los últimos censos, en la actualidad sólo quedan 2.866 bovinos de esta raza, que representa el 12% de la población de razas criollas colombianas, pese a que un Decreto de 1939 ordenaba que por lo menos el 25% del hato de cada sistema de explotación ganadera tendría que ser de animales criollos (Martínez, 1999).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) existen dos razones por las que estas razas deben conservarse: a) el estado de amenaza medido según la disminución del hato, y b) el valor o mérito genético por cuanto una población puede tener características de interés económico y zootécnico (FAO, 2002).

La Estación Experimental (EE) El Nus de CORPOICA detenta en la actualidad el banco de germoplasma de la raza criolla Blanco Orejinegro (BON). Este ganado se maneja como un hato cerrado, situación que puede traer como consecuencia un aumento considerable de la consanguini-

dad, perjudicial para la sobrevivencia, la fertilidad y la resistencia de los animales, las cuales son características de adaptación (eficacia biológica) y de importancia económica en ambientes climáticos desfavorables. Con la conservación de esta población se pretende mantener la variabilidad genética de la raza, así como contribuir a su descripción, documentación y fomento, lo cual permitirá en el futuro seleccionar hembras y reproductores que presenten los mejores valores genéticos para ser usados en el hato de fomento y en cruzamientos con otras razas como el cebú, base fundamental de la ganadería nacional, dado el vigor híbrido manifestado por estos cruces.

Este trabajo tuvo por objeto estimar parámetros fenotípicos y genéticos para características de crecimiento en la raza Blanco Orejinegro (BON) y determinar la tendencia genética durante el período 1980-2004.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información productiva fue obtenida de un núcleo de animales de la raza Blanco Orejinegro que se mantiene como banco de germoplasma en la E.E. El Nus

de CORPOICA, ubicada en el municipio de San Roque en Antioquia (Colombia).

Esta población es mantenida en pastoreo sobre praderas de *Brachiaria decumbens*, con suplementación mineral y manejo de suplemento nutricional en épocas críticas. El plan de vacunación responde a las condiciones de la zona y a las normativas del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Los animales son mantenidos en lotes de crecimiento con sus madres hasta los nueve meses, las hembras entran en apareamiento cuando alcanzan el 70% de su peso vivo y los machos se seleccionan con base en su genealogía y evaluación reproductiva. Cada año se programa un apareamiento estacional por monta natural que se realiza a partir del mes de abril y durante un período de cuatro meses. La población está organizada en familias y, para evitar incremento en los índices de consanguinidad, se utiliza un esquema de apareamiento circular cíclico.

La información utilizada para el presente estudio corresponde a los registros productivos generados desde el año 1980 hasta el año 2004. Se utilizaron los registros que presentaron la información completa relacionada con identificación del padre y la madre, fecha de nacimiento, sexo, edad, número de partos, peso y fecha de nacimiento, peso y fecha a los 270 días (destete), peso y fecha a los 480 días. Los datos de los pesos a los 270 días y a los 480 días fueron ajustados.

Para calcular las medidas de tendencia central y la variación de los datos fenotípicos se empleó el Procedimiento de Modelos Generales Lineales (GLM) del paquete estadístico SAS® (Statistical Analysis System). El modelo incluyó efectos de año (entre 1980 y 2004), épocas de parto, sexo y número de parto. Fue necesario establecer tres épocas (época 1: enero y febrero; época 2: marzo, abril y mayo; época 3: junio a diciembre) en razón a que el esquema de apareamiento estacional deriva en muy pocos nacimientos en el segundo semestre del año. El modelo utilizado se describe así:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \lambda_k + e_{ijk}$$

donde,

μ : promedio general de la variable

α_i : efecto de año y época de nacimiento del animal

β_j : efecto de sexo del animal



Grupo de novillas Blanco Orejinegro

λ_k : efecto de número de parto en que nace el animal

e_{ijk} : error experimental.

Se utilizó también un modelo mixto, que se describe a continuación, para la evaluación genética y el cálculo de los valores genéticos individuales:

$$Y = X\beta + Za + Zm + Zp + e$$

Ajustando las ecuaciones del modelo mixto (Henderson, 1975) se tendría entonces,

Y : vector de observaciones

β : vector de soluciones para efectos fijos (año y época de nacimiento, sexo, número de parto que para efectos de la evaluación genética se agruparon como 1, 2, 3 y 4 ó más partos)

X : matriz de incidencia de los efectos fijos

Z : matriz de incidencia de los efectos aleatorios

a : vector de soluciones para valores genéticos

m : vector de soluciones para efecto materno

p : vector de soluciones para efectos de ambiente permanente

e : valores residuales.

La estructura de (co)varianza de los efectos aleatorios para las características evaluadas fue:

$$V \begin{bmatrix} a \\ m \\ pe \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & A\sigma_{am} & 0 & 0 \\ A\sigma_{am} & A\sigma_m^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Ipe\sigma_{pe}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & In\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

donde,

A : numerador de la matriz de parentesco

σ_a^2 : varianza aditiva genética directa

σ_m^2 : varianza aditiva genética materna

σ_{am} : covarianza genética aditiva directa-materna

σ_{pe}^2 : varianza de ambiente materno permanente

σ_e^2 : varianza residual

Ipe, In : matrices identidad con orden igual al número de madres y registros respectivamente.

Los cálculos de heredabilidad aditiva directa fueron hallados mediante componentes de varianza a partir del modelo animal por medio de la siguiente fórmula:

$$h_{ad}^2 = (\sigma_a^2) / (\sigma_f^2)$$

donde,

h_{ad}^2 : heredabilidad aditiva directa

σ_a^2 : varianza genética aditiva directa

σ_f^2 : varianza fenotípica total.

Para el caso de los componentes genéticos de tipo materno la heredabilidad se estimó mediante la siguiente expresión:

$$h_{am}^2 = (\sigma_m^2) / (\sigma_f^2)$$

donde,

h_{am}^2 : heredabilidad de los componentes genéticos maternos

σ_m^2 : varianza genética materna

σ_f^2 : varianza fenotípica total.

La estimación del índice de repetibilidad (t) de los pesos al nacer, al destete

a los 270 días y a los 480 días para las madres que tenían estos registros repetidos, se halló mediante componentes de varianza maternos así:

$$t = (\sigma_a^2 + \sigma_{pe}^2) / (\sigma_f^2)$$

donde,

σ_a^2 : varianza genética aditiva directa

σ_{pe}^2 : varianza de ambiente permanente

σ_f^2 : varianza fenotípica total.

Mediante el programa Derivative Free Restricted Maximum Likelihood (DFREML) (Smith y Graser, 1986) se estimaron los componentes de varianza para cada una de las características fenotípicas y a partir de éstas se calcularon los parámetros genéticos citados (heredabilidades y correlaciones). Los componentes de varianza genéticos aditivos directos y maternos para los diferentes pesos evaluados fueron también analizados mediante el paquete sistematizado Multi Trait Derivative Free Restricted Maximum Likelihood (MTDFREML) (Boldman et al., 1991 y 1993), usando como valores de inicio los obtenidos en DFREML; esto permitió calcular correlaciones genéticas entre caracteres y estimar valores genéticos directos y maternos (estos últimos no se presentan en este trabajo). Con los valores genéticos individuales se calcularon los valores promedio anuales y se graficaron las tendencias, para lo cual se utilizaron procedimientos de regresión lineal simple.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de los índices de consanguinidad

Se calculó el índice de consanguinidad individual en una población conformada por 2.507 animales de la raza BON nacidos en el período comprendido entre 1982 y 2004. El índice promedio de consanguinidad individual obtenido fue bajo y no significativo ($0,0068 \pm 0,0021$) ($P > 0,05$) con una tendencia de crecimiento promedio de $0,0006$, como muestra la ecuación de regresión en la Figura 1. Ello indica un adecuado ajuste de la recta de regresión, de acuerdo con el coeficiente de determinación de $r^2 = 0,6087$. El índice de consanguinidad general obtenido ($0,06\%$) se considera bajo, puesto que en las poblaciones bovinas el máximo índice de consanguinidad permisible es de 5% . Smith et al. (1998) reportaron que un

incremento del 1% en la consanguinidad de una población de ganado Holstein condujo a la disminución de 37 kg de leche, $1,2\text{ kg}$ de grasa y $1,2\text{ kg}$ de proteína por lactancia individual, así como incrementos de $0,4\text{ días (d)}$ en la edad al primer parto y de $0,3\text{ d}$ en el intervalo entre partos y una disminución de $13,1\text{ d}$ en la longitud de la vida reproductiva.

En consideración a que este es un hato cerrado se esperaría encontrar porcentajes de consanguinidad más altos, pero éstos fueron bajos debido a la implementación de estrategias de apareamiento que disminuyen el crecimiento de las tasas de consanguinidad, como el esquema de apareamiento circular cíclico descrito por Nomura y Yonezawa (1994). En los años 2003 y 2004 se encontró un descenso de los niveles de consanguinidad debido a que se inició la selección de los reproductores según exhibían bajos niveles de consanguinidad en su progenie, calculado mediante un análisis de simulación.

Parámetros fenotípicos generales de la raza criolla Blanco Orejinegro

Peso al nacimiento. Se analizaron 2.879 datos correspondientes a 25 años de vida productiva, durante el período comprendido entre los años 1980 a 2004. La variable 'peso promedio al nacimiento' general fue de $27,54 \pm 3,72\text{ kg}$, con un coeficiente de variación (cv) de $12,30\%$ que indica que los pesos al nacimiento son poco dispersos y presentan variabilidad moderada, lo cual es ideal en programas de conservación. Este valor registrado es similar a lo reportado por

Martínez (1999) y Bejarano et al. (1986), si bien en dichos reportes se muestra una menor variación de los datos posiblemente debida al menor volumen de información.

El mayor peso al nacimiento se obtuvo en el año de 1992 con $28,16\text{ kg}$ y el menor, en el año de 1997 con $25,49\text{ kg}$. Esta variación muy probablemente se explica por el apareamiento circular cíclico, donde se clasifica el hato por familias teniendo en cuenta la ascendencia con respecto al abuelo materno y se aparean machos y hembras de diferentes familias, condición que mantiene la variabilidad genética en la población. La Figura 2 muestra una tendencia estable en el promedio anual del peso al nacimiento, pero se encuentra una alta variación entre años que no puede ser descrita como un comportamiento lineal.

Para el análisis de peso al nacimiento por sexo durante el período seleccionado se consideraron 1.443 machos y 1.436 hembras con pesos promedio de $28,39 \pm 3,77\text{ kg}$ y $26,68 \pm 3,59\text{ kg}$, respectivamente; los machos presentaron un mayor peso ($1,71\text{ kg}$ de más) al nacimiento que las hembras, con diferencias significativas entre sexos ($P > 0,05$). Martínez et al. (1989) también encontraron un efecto significativo del sexo sobre el peso del ternero al nacimiento en el ganado BON, pero en este caso los machos pesaron sólo $1,5\text{ kg}$ más que las hembras. Un resultado similar, con una diferencia promedio de $1,03\text{ kg}$ entre sexos de la misma raza, fue encontrado por Martínez y Hernández (1983) y Tobón et al. (1996).

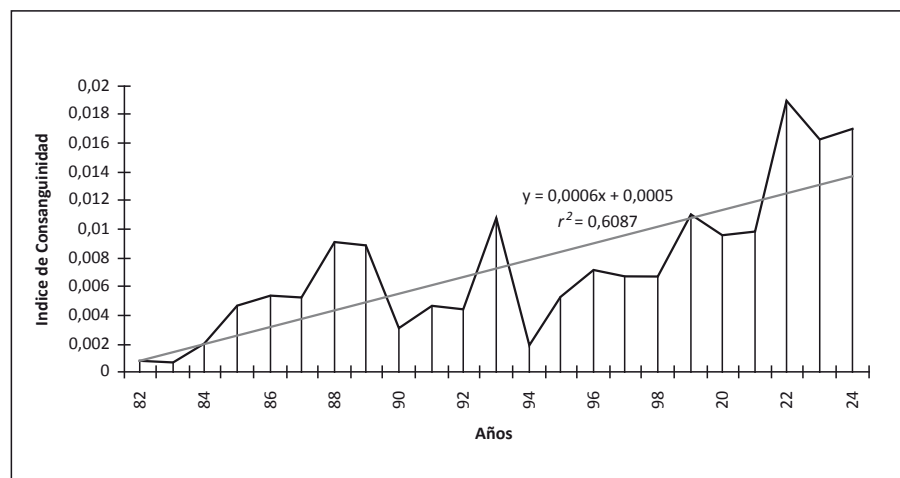


Figura 1. Tendencia de valores individuales de consanguinidad en la raza Blanco Orejinegro en la E.E. El Nus (1982 – 2004).

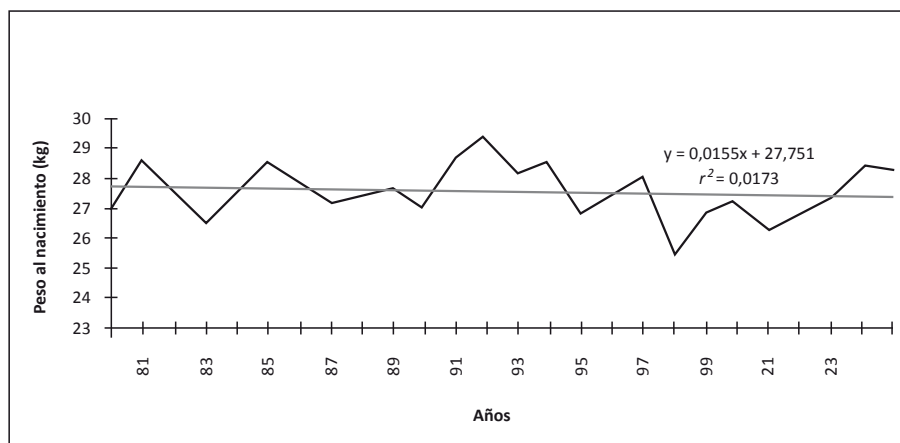


Figura 2. Media reportada para el efecto año sobre el peso al nacimiento (PN) en terneros criollos Blanco Orejinegro en la E.E. El Nus (1980 – 2004).

En cuanto a las épocas de nacimiento descritas se encontró un efecto altamente significativo respecto del peso al nacer ($P < 0,01$), con los menores valores de peso para los animales nacidos en la época 1 del año (enero y febrero) ($27,30 \pm 3,65$ kg) ($n = 1.758$), y diferencias de los animales nacidos en épocas posteriores: $28,21 \pm 3,85$ kg ($n = 1.014$) en la época 2 y $28,44 \pm 4,34$ kg ($n = 158$) en la época 3.

El peso al nacimiento en función del número de parto presentó un comportamiento lineal y cuadrático, con un coeficiente de determinación alto y significativo ($r^2 = 0,8466$, $P < 0,05$) (Figura 3).

Las hembras de primer parto presentaron los menores pesos al nacimiento ($26,0 \pm 3,0$ kg), lo cual se explica porque las hembras primerizas tienen altos requerimientos nutricionales para el mantenimiento de la cría gestante y también deben terminar su desarrollo somático, máxime cuando la edad al primer servicio no se alcanza a una edad temprana en esta raza. Los partos 3, 4, 5, 6 y 7 tienden a estabilizar los pesos al nacimiento en $29 \pm 3,9$ kg, $28 \pm 3,5$ kg, $29 \pm 3,6$ kg, $28 \pm 3,1$ kg y $28 \pm 3,3$ kg respectivamente, presentándose una disminución del peso a partir del octavo parto con un peso promedio de $26 \pm 3,2$ kg, como lo muestra la línea de tendencia (Figura 3). De manera similar, Martínez *et al.* (1989) encontraron que la edad de la vaca tuvo un efecto significativo sobre el peso al nacer de los terneros BON, ya que se presentó un incremento gradual del peso hasta el tercer parto (27,4 kg) y un descenso en los hijos de las vacas de 9,5 años (26,9 kg), si bien son más pesados que los hijos de las vacas de primer parto (25,1 kg).

El valor promedio de peso al nacimiento hallado en este estudio es bajo si se tiene en cuenta que Díaz (1995) reporta pesos al nacer de 32 kg para terneros del sistema doble propósito en los Llanos Orientales y que, además, es inferior al promedio de peso al nacer de las razas criollas en su conjunto ($29 \pm$

1,5 kg) mencionado por Martínez (1999). Así mismo, los pesos al nacer encontrados fueron inferiores a los reportados por Manrique (2003) en una evaluación genética de la raza Brahman, en la que el peso al nacimiento promedio en machos fue de 35 kg y en hembras de 30 kg.

Peso al destete. Para el parámetro productivo 'peso al destete ajustado a los 270 días', se analizaron 2.573 registros de la raza criolla Blanco Orejinegro correspondientes a 26 años de vida productiva. Se encontró un promedio de $165 \pm 29,16$ kg, con un coeficiente de variación de 17,6%. El peso al destete informa sobre la capacidad de la madre para producir leche con destino al ternero, de manera que este parámetro productivo se constituye en un indicador de selección para las hembras en reproducción. Este valor es similar al reportado por Bejarano *et al.* (1986) y Martínez (1999). En general, para las razas criollas este carácter varía entre 154 en la raza Casanare y 175 en la raza Costeño con Cuernos (Martínez, 1999).

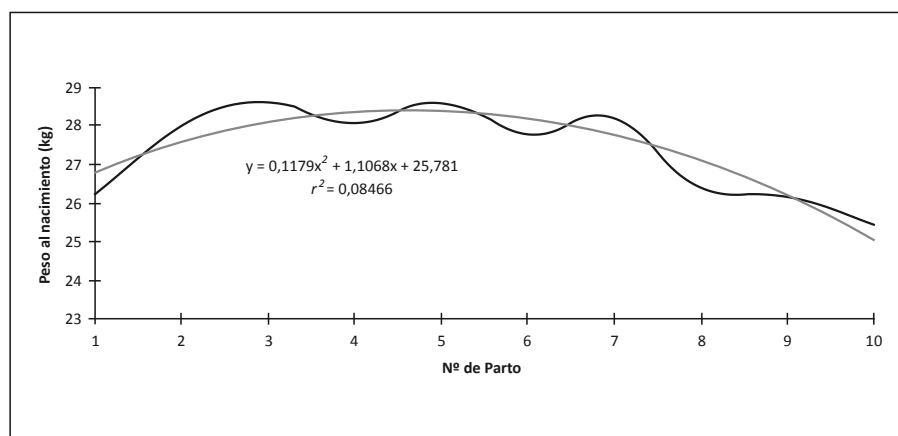


Figura 3. Efecto del número de parto sobre el peso al nacimiento en terneros criollos Blanco Orejinegro en la E.E. El Nus (1980 – 2004).

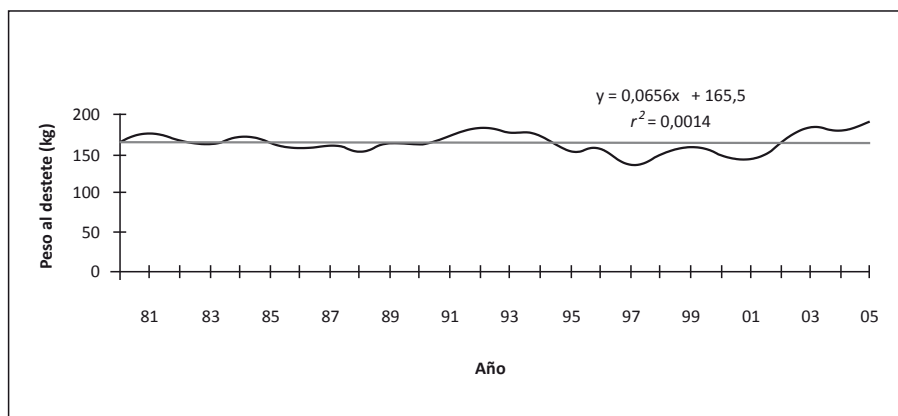


Figura 4. Efecto del año sobre el peso al destete ajustado a los 270 días en terneros criollos Blanco Orejinegro de la E.E. El Nus (1980 – 2004).

La línea de tendencia para el peso al destete de terneros de la raza BON en función del año de nacimiento se muestra en la Figura 4; ésta presentó una tendencia estable desde el año 1979 hasta el 2001 con un ligero aumento del promedio en el peso anual entre los años 2002 a 2004 y pesos promedio de 185 kg y 190 kg, respectivamente. En general, se registra un comportamiento altamente variable pero la tendencia para el peso ajustado al destete se mantiene alrededor de los 165 kg ($P>0,05$; $r^2=0,0014$). Se debe resaltar que el índice obtenido se ajusta al comportamiento usual en programas de conservación y es completamente diferente de lo esperado en programas de mejoramiento que incluyan esta característica; éstos, después de la selección, obtendrán un mejor comportamiento en el peso al destete de la siguiente generación.

Se analizaron registros de pesos al destete en un total de 1.281 machos que obtuvieron peso promedio histórico al destete de $169 \pm 29,85$ kg, además de 1.292 hembras con un peso promedio de $161 \pm 27,87$ kg. En general los machos pesaron 8 kg más que las hembras BON, diferencia que se estimó como significativa ($P<0,05$). Estos resultados son superiores a los encontrados por Pérez y Moreno (1999) en terneros Romosinuano, quienes reportaron pesos al destete ajustados a los 270 días en machos de 163,6 kg y hembras de 149,0 kg, mientras que en ganado Costeño con Cuernos, los machos pesaron 164,7 kg y las hembras 151,9 kg. Los resultados de esta evaluación son inferiores a los reportados por Atencio (1998) en terneros Brahman quien encontró pesos al destete ajustados a los 205 días, en machos de 180,8 kg y hembras de 167,8 kg.

La época de parto también presentó una influencia significativa sobre el peso al destete ($P<0,01$); en efecto, se encontraron los mayores pesos al destete para los animales nacidos en la época 1 (enero y febrero) ($172,07 \pm 28,36$ kg; $n=1.587$), los cuales presentaron diferencias significativas respecto de los terneros nacidos en la época 2 ($162,65 \pm 26,89$; $n=882$) y la época 3 ($166,17 \pm 25,40$; $n=127$). Lo anterior puede deberse a mejores condiciones ambientales para las madres lactantes que dieron sus crías en la primera época del año.

Se puede observar cómo, respecto del número de parto, el peso al destete ajustado a los 270 días presentó un comportamiento que se ajustó al modelo cuadrático, con un coeficiente de determinación de $r^2=0,5106$ ($P<0,05$) lo que señala una mediana proximidad de ajuste a la ecuación de regresión cuadrática (Figura 5). El peso al destete en el primero y en el décimo partos presentaron una disminución marcada, $158 \pm 28,6$ y $154 \pm 25,1$ kg, respectivamente. El mayor peso se obtuvo en el quinto parto (171 ± 30 kg); a partir de éste se presentó una disminución del peso al destete a medida que aumenta el número de partos, como lo reportan normalmente en la literatura varios autores que han observado diferencias estadísticamente significativas de la edad o el número de partos con relación al peso al destete (Hernández, 1970 y 1976; Martínez et al., 1989).

Peso ajustado a los 480 días. El análisis del peso post-destete indica la verdadera capacidad del animal de convertir el forraje consumido en proteína animal dado que no está influido por la habilidad de producción de leche de la madre. Se analizaron 2.261 registros de peso

ajustados a 480 días tomados durante 25 años de vida productiva del núcleo BON: se obtuvo un promedio general de $215,38 \pm 30,57$ kg, con un coeficiente de variación (cv) de 12,47% que señala una baja dispersión de los datos respecto del promedio. Estos resultados son inferiores a los reportados por Pérez y Moreno (1999) para las razas Romosinuano y Costeño con Cuernos, con pesos promedio a los 480 días de 246,83 kg y 235,71 kg, respectivamente; a su vez, Atencio (1998) informa sobre pesos ajustados a 480 días que variaron entre $266,0 \pm 5,4$ kg y 282,9 kg para hembras y machos respectivamente en ganado Brahman de Venezuela.

De acuerdo con la ecuación de regresión (Figura 6), el peso ajustado a los 480 días presenta una tendencia a aumentar ligeramente con el transcurso de los años (5,5 g/año), si bien es un valor no significativo ($r^2=0,000007$; $P>0,05$). Al igual que en las demás características, este comportamiento estable es lo que requieren los programas de conservación y debe ser diferente del comportamiento creciente esperado en programas de selección y mejoramiento genético.

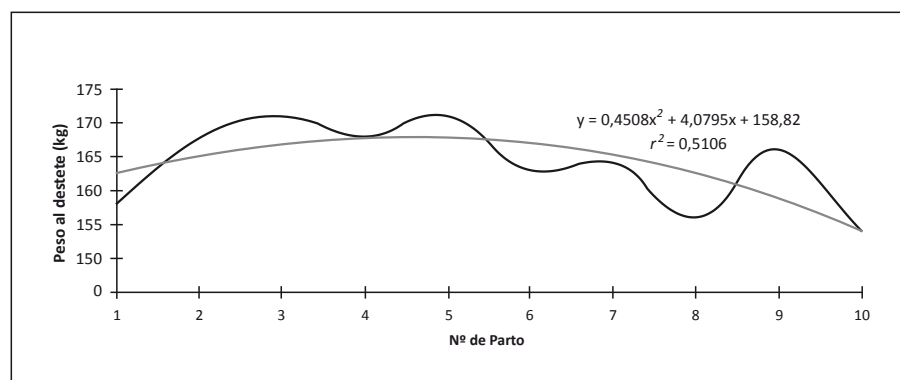


Figura 5. Efecto del número de parto sobre el peso al destete ajustado a los 270 días en la raza bovina criolla Blanco Orejinegro de la E.E. El Nus (1980 – 2004).

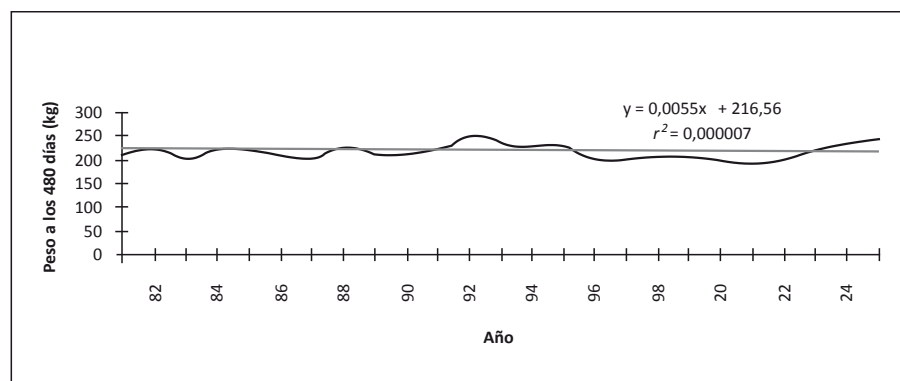


Figura 6. Efecto del año sobre el peso ajustado a los 480 días en un núcleo de la raza Blanco Orejinegro de la E.E. El Nus (1980 – 2004).

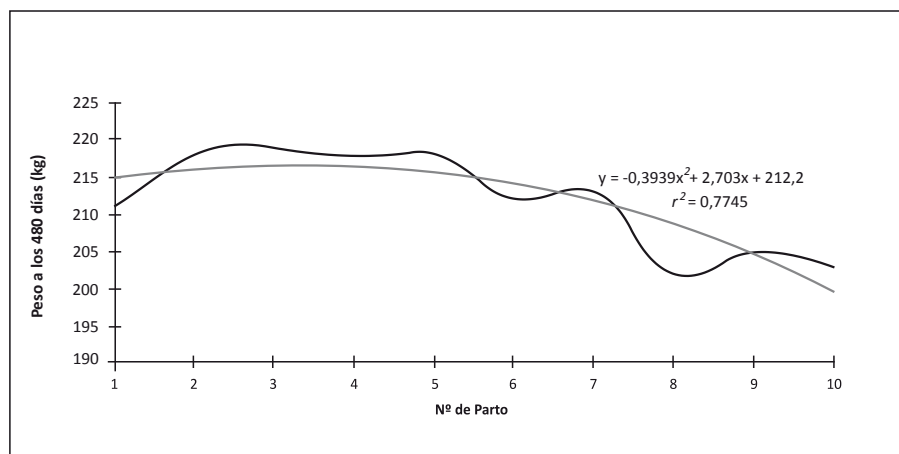


Figura 7. Efecto del número de parto sobre el peso ajustado a los 480 días en un núcleo de la raza Blanco Orejinegro de la E.E. El Nus (1980 – 2004).

Con relación al peso ajustado a los 480 días se halló un efecto significativo del sexo ($P < 0,05$). Se encontró un peso promedio en machos de $218,41 \pm 31,18$ kg, mientras en hembras fue de $212,30 \pm 29,63$ kg. Atencio (1998) también encontró un efecto significativo ($P < 0,05$) del sexo del ternero sobre la edad a los 18 meses en ganado Brahman en Venezuela; por su parte Plasse (1986) reportó un efecto altamente significativo ($P < 0,01$) del sexo sobre el peso a los 18 meses en ganado Brahman.

Este estudio no demostró un efecto significativo de la época de nacimiento sobre el peso ajustado a los 480 días ($P > 0,05$), pues se encontraron valores de $223,71 \pm 31,66$ kg ($n = 1.442$), $220,37 \pm 31,72$ kg ($n = 829$), $234,54 \pm 27,48$ kg ($n = 88$) para las épocas 1, 2 y 3, respectivamente; no obstante, como era de esperarse, este efecto ambiental se diluyó, posiblemente debido a factores genéticos directos y maternos, y a otros efectos ambientales, que pueden haber afectado el comportamiento del animal en los meses previos al peso registrado.

De acuerdo con la línea de tendencia, a medida que aumenta el número de partos, el peso ajustado a los 480 días tiende a disminuir (Figura 7); así, se presentó un comportamiento que se ajusta a un modelo cuadrático, con un coeficiente de determinación alto ($r^2 = 0,7745$; $P < 0,05$), lo que demuestra la alta proximidad de ajuste de la característica a un comportamiento cuadrático. Como se puede observar durante los partos 1 y 10 se presentaron los pesos más bajos a los 480 días, mientras que los mejores pesos tuvieron lugar durante los partos 3 a 5.

No obstante, Herazo (2004) encontró que el número de parto no fue una fuente de variación significativa ($P > 0,05$) sobre el peso ajustado a 480 días en terneros criollos Costeño con Cuernos. Esto se debe probablemente a que los animales a esta edad ya han superado el estrés del destete y se encuentran completamente adaptados a las condiciones ambientales y de manejo a que son sometidos.

Componentes de varianza y parámetros genéticos

En la Tabla 1 se muestran los valores de componentes de varianza y parámetros genéticos, heredabilidad directa, materna además la contribución de la variación debida a efectos de ambiente permanente maternos como proporción de la varianza fenotípica total para las

características de crecimiento evaluadas en terneros criollos Blanco Orejinegro.

Respecto de la característica 'peso al nacimiento', la heredabilidad directa (h^2_d) en la población BON arrojó un valor de $0,38 \pm 0,017$ y una heredabilidad materna (h^2_m) de $0,03 \pm 0,015$, este último valor considerado bajo posiblemente debido al moderado efecto del genotipo de la vaca sobre el peso del ternero al nacimiento. Por su parte, se obtuvo un valor medio para la heredabilidad total ($h^2_t = 0,41 \pm 0,050$). Estos valores son superiores a los reportados en Colombia por Manrique *et al.* (1999) en ganado Sanmartinero quienes encontraron valores de 0,035 de heredabilidad directa para el peso al nacimiento. Resultados similares fueron reportados por Vieira y Barbosa (1999) (citados por Herazo, 2004) en terneros de raza Nelore en Brasil para efecto directo (0,20), pero muy superiores para efecto materno (0,37); así mismo, Rosales-Alday *et al.* (1999), trabajando con terneros de raza Simmental en México, estimaron valores de heredabilidad directa para peso al nacimiento de 0,40 y heredabilidad materna de 0,12.

La heredabilidad total para la variable 'peso al destete' (270 días) fue de $0,24 \pm 0,056$. Se estimó un valor de $0,18 \pm 0,022$ para la heredabilidad directa y $0,0599 \pm 0,025$ para la materna, valores definidos como bajos, lo que indica que el 24% de la varianza fenotípica o total se atribuye al efecto de genes de acción aditiva, el 5% a los efectos genéticos maternos y el 70%

Tabla 1. Componentes de varianza y parámetros genéticos para características de crecimiento en ganado bovino criollo Blanco Orejinegro de la E.E. El Nus (1980 – 2004).

Parámetro	Peso al nacimiento	Peso al destete ajustado a 270 días	Peso ajustado a los 480 días
σ^2_a	4,68	127,81	69,00
σ^2_m	0,33	40,76	23,70
σ^2_{pe}	0,77	31,77	45,31
σ^2_i	12,30	680,74	583,41
σ^2_e	6,33	480,38	721,44
h^2_d	$0,38 \pm 0,017$	$0,18 \pm 0,022$	$0,095 \pm 0,025$
h^2_m	$0,03 \pm 0,015$	$0,05 \pm 0,025$	$0,032 \pm 0,022$
h^2_t	$0,41 \pm 0,050$	$0,24 \pm 0,056$	$0,128 \pm 0,050$
P	$0,06 \pm 0,031$	$0,04 \pm 0,02$	$0,062 \pm 0,045$
e	$0,51 \pm 0,022$	$0,70 \pm 0,08$	$0,080 \pm 0,032$
t	0,469	0,294	0,191

σ^2_a : varianza aditiva directa; σ^2_m : varianza materna; σ^2_{pe} : varianza de ambiente permanente; σ^2_i : varianza fenotípica total; σ^2_e : varianza del error; h^2_d : heredabilidad directa; h^2_m : heredabilidad materna; h^2_t : heredabilidad total; P: varianza de ambiente permanente como proporción de la σ^2_i ; e: varianza de error permanente como proporción de la σ^2_i ; t: repetibilidad.

restante a las variaciones genéticas no aditivas y al ambiente. Similares valores reportó Herazo (2004) con un valor de $0,21 \pm 0,074$ y heredabilidad materna $0,05 \pm 0,038$ en ganado criollo Costeño con Cuernos. Valores superiores al indicado en el presente estudio fueron reportados por Geney y Vergara (1998) el cual fue de $0,65 \pm 0,16$ en la raza Brahman, y valores de heredabilidad para peso al destete de $0,599 \pm 0,101$ en Brasil, por Mascioli *et al.* (1996).

Para la característica 'peso ajustado a los 480 días' se encontraron valores bajos con heredabilidad total de $0,128 \pm 0,05$ y valores de heredabilidad directa de $0,095 \pm 0,0250$ y heredabilidad materna de $0,0329 \pm 0,022$. Herazo (2004) reporta para los estimativos de heredabilidad a los 480 días valores superiores de heredabilidad directa ($0,173 \pm 0,001$), pero menor para la heredabilidad materna ($0,04 \pm 0,001$), a diferencia de Manrique *et al.* (1999) quienes reportaron en ganado Sanmartinero valores de heredabilidad para peso ajustado a 480 días de 0,045.

La repetibilidad (*t*) para el peso al nacimiento y al destete en animales de la raza Blanco Orejinegro, durante el período comprendido entre 1980 a 2004 en la E.E. El Nus, arrojó valores de 0,469 y 0,294 respectivamente. Ello indica que se necesita un número moderado de registros de desempeño para estimar las producciones futuras con respecto a las diferencias permanentes entre vacas. Para el peso a los 480 días, la repetibilidad fue de 0,191 que se considera baja; ello constituye una prueba de la cantidad de efectos ambientales y de interacción genotipo $\times$ medio ambiente que afectan estas características de desarrollo.

El valor obtenido para la repetibilidad del peso al nacimiento (0,469) fue superior a los reportados por Geney y Vergara (1998) en Colombia, quienes hallaron un valor de $0,16 \pm 0,05$ en la raza Brahman, y por Arrieta y Martínez (2001), cuyos resultados fueron de 0,13 para el peso al nacimiento en ganado cruzado Pardo Suizo o Holstein $\times$ Brahman y/o $\times$ Gyr y/o $\times$ Sahiwal; Ortega y Ramos (citados por Herazo, 2004) en terneros Brahman encontraron valores de 0,022 y Arrieta y Martínez (2001) reportaron un valor de 0,13 para la repetibilidad del peso al nacimiento en terneros manejados en el sistema doble propósito.

Tabla 2. Correlaciones fenotípicas entre características de crecimiento en ganado bovino criollo Blanco Orejinegro de la E.E. El Nus (1980 – 2004).

Carácter	Peso al nacimiento	Peso al destete	Peso a los 480 días
Peso al nacimiento	1	0,1779	0,1659
Peso al destete	0,1779	1	0,7580

Tabla 3. Correlaciones genéticas entre características de crecimiento en ganado bovino criollo Blanco Orejinegro de la E.E. El Nus (1980 – 2004).

Carácter	Peso al nacimiento	Peso al destete	Peso a los 480 días
Peso al nacimiento	1	0,1579	0,1796
Peso al destete	0,1579	1	0,7858

En cuanto al peso al destete, Herazo (2004) encontró valores de repetibilidad levemente superiores (0,340) en la raza Costeño con Cuernos, resultado similar al reportado en la raza Canchim en la que se estimaron valores de 0,32 para la repetibilidad del peso al destete (Packer 1977, citado por Herazo, 2004). El valor encontrado en esta evaluación ($t = 0,294$) fue similar a los reportados por Souza *et al.* (1995) para peso al destete ($0,27 \pm 0,02$) en ganado Nelore.

Respecto de los valores de correlación fenotípica entre el peso al nacer y los otros dos caracteres de crecimiento (pesos al destete y a los 480 días), fueron bajos y no significativos ($P > 0,05$) (Tabla 2). Por el contrario, la correlación fenotípica entre el peso al destete y el peso a los 480 días presentó un valor de correlación alto y positivo ($r = 0,758$; $P < 0,05$).

Los valores de correlación genética fueron bajos y positivos ($r = 0,1579$) con la misma tendencia que los valores fenotípicos entre peso al nacer y los demás pesos, y un valor mayor de correlación

genética entre el peso al destete y el peso a los 480 días ($r = 0,7858$) (Tabla 3); ello significa que, si se ejerce mayor presión de selección para mejorar el peso al destete, se obtendría también progreso en el peso a los 480 días. Un comportamiento similar reportó Herazo (2004) en la raza Costeño con Cuernos. Por su parte, Pérez y Moreno (1999) presentaron valores superiores: 0,54 para la correlación entre el peso al nacer y el peso al destete en terneros del sistema doble propósito, mientras Mascioli *et al.* (1997) reportaron un valor de $r = 0,60 \pm 0,17$ para la correlación entre el peso al nacimiento y el peso al destete en bovinos de la raza Canchim.

Tendencias de los valores genéticos directos y maternos

En las Tablas 4 y 5 se presentan las regresiones lineales de las tendencias promedio de los valores genéticos directos y maternos a través de los años últimos 25 años en la población de bovinos de la raza BON en estudio.

Tabla 4. Regresiones lineales de las tendencias genéticas directas para las características de crecimiento en terneros criollos Blanco Orejinegro de la E.E. El Nus (1980 – 2004).

Carácter	Ecuación de regresión lineal	r^2
Peso al nacer	$Y = 0,007x - 0,0005$	0,0450
Peso al destete 270 días	$Y = 0,263x - 1,6864$	0,8245
Peso a los 480 días	$Y = 0,1655x - 0,9517$	0,8596

Tabla 5. Regresiones lineales de las tendencias genéticas maternas para las características de crecimiento en terneros criollos Blanco Orejinegro de la E.E. El Nus (1980 – 2004).

Carácter	Ecuación de regresión lineal	r^2
Peso al nacer	$Y = - 0,002 + 0,0080$	0,3522
Peso al destete 270 días	$Y = 0,0654 - 0,3192$	0,6070
Peso a los 480 días	$Y = 0,0318 - 0,0908$	0,4787

Existen diferencias en la tendencia de los promedios anuales de los valores genéticos materno y directo para los pesos al nacimiento (Figura 8). Estos valores presentaron un comportamiento muy variable que, medido a través del coeficiente de regresión, presenta un bajo incremento anual (7 g/año). Del incremento de 15,5 g/año obtenido para los valores fenotípicos, 7 g se deben al efecto de genes de acción aditiva directa, mientras el incremento restante corresponde a los efectos del medio. La característica presenta un coeficiente de determinación muy bajo y no significativo ($r^2 = 0,045$; $P > 0,05$).

La tendencia genética materna para el carácter 'peso al nacimiento' presenta un comportamiento variable y decreciente (2g/año), con un coeficiente de determinación bajo ($r^2 = 0,3522$) ($P > 0,05$). El efecto materno, es decir la influencia que ejerce la madre sobre la característica de peso al nacimiento, es baja y, por lo tanto, no se debe tener en cuenta este componente al momento de seleccionar animales.

Para los valores genéticos del carácter 'peso al destete', la línea de regresión muestra una tendencia creciente que indica un progreso genético de 263g/año ($r^2 = 0,82845$; $P < 0,05$) y un incremento lineal de los valores genéticos promedio con el tiempo (Figura 9). Este cambio se debe al efecto de genes de acción aditiva y al efecto materno (la habilidad de la madre traducida en una mayor capacidad para producir leche para la cría) condición ratificada por el promedio de los valores genéticos maternos que tienen la misma tendencia de crecimiento y que fue cuantificada mediante un coeficiente de correlación entre los valores genéticos directos y maternos de 0,491, el cual indica una asociación positiva y de magnitud intermedia entre los dos caracteres citados.

Para los valores genéticos directos del carácter 'peso ajustado a los 480 días' (Figura 10), las tendencias genéticas anuales muestran un incremento de 165,5 g/año ($r^2 = 0,8598$; $P < 0,05$); la tendencia ascendente de estos valores es muy semejante a aquella de crecimiento desde el destete hasta los 480 días, dada la correlación alta y positiva que existe entre los valores genéticos del peso al destete y a los 480 días. Igualmente, los valores genéticos maternos tienden a crecer con el transcurso de los años en 1,8 g ($r^2 = 0,4787$; $P < 0,05$). A medida

que se incrementan los valores genéticos directos, aumentan consecuentemente los valores genéticos maternos debido a que existe una correlación alta y positiva (0,547) entre estos dos parámetros.

CONCLUSIONES

Pese a que se han encontrado tendencias fenotípicas anuales estables para las características de crecimiento en la población analizada de bovinos criollos Blanco Orejinegro, se nota un claro incremento en los valores genéticos anuales promedio, pues a pesar de no ser una población donde se aplique una estrategia de selección, se pudo constatar un progreso genético que no afecta la variabilidad genética si se atiende a los índices de consanguinidad hallados; lo anterior se debe al efecto del esquema de apareamiento que se maneja para este núcleo de conservación.

miento que se maneja para este núcleo de conservación.

Las heredabilidades estimadas de los caracteres de crecimiento estudiados presentan valores de bajos a medios, lo que implica que los efectos ambientales tienen gran influencia en la expresión de dichos caracteres. En el evento de iniciar procesos de selección dentro de planes de fomento de las razas criollas, la recomendación que se obtiene a partir de este estudio es la posibilidad de escoger cualquiera de las dos características, ya sea 'peso al destete (270 días)' o 'peso a los 480 días', dado que presentan una correlación alta y positiva; no obstante, debido a sus valores de heredabilidad bajos, se debería seleccionar sobre la base de su valor genético.

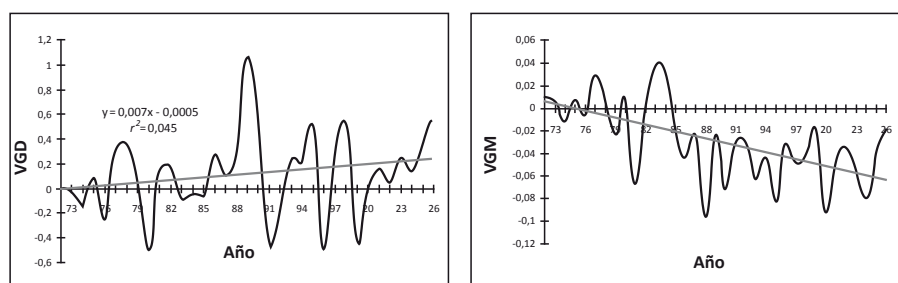


Figura 8. Promedio de los valores genéticos anuales para peso al nacimiento en un núcleo de ganado bovino criollo Blanco Orejinegro en la E.E. El Nus: a) efectos directos; b) efectos maternos.

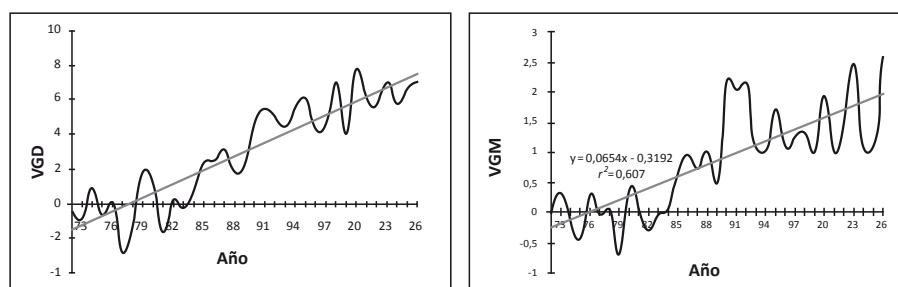


Figura 9. Promedio de los valores genéticos anuales para peso al destete en un núcleo de ganado bovino criollo Blanco Orejinegro en la E.E. El Nus: a) efectos directos; b) efectos maternos.

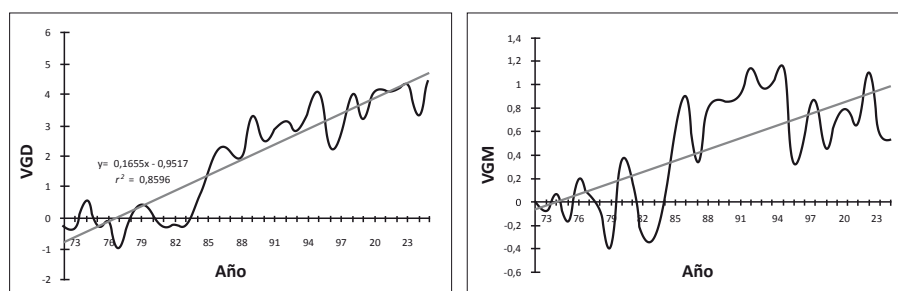


Figura 10. Promedio de los valores genéticos anuales para peso a los 480 días en un núcleo de ganado bovino criollo Blanco Orejinegro en la E.E. El Nus: a) efectos directos; b) efectos maternos.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Arrieta, H. y E. Martínez. 2001. Estimación de parámetros genéticos para el peso al nacer en un sistema de producción en ganado doble propósito en la finca "Altamira", municipio de Ciénaga de Oro. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Sucre, Sincelejo.
- Atencio, A. 1998. La raza Brahman, su caracterización productiva en hatos del llano venezolano, Venezuela-1998. En: <http://www.asocebu.org/catedra-cebu.htm>; consulta: marzo 2004.
- Bejarano A.A., B.G. Hernández y L.G. Rico. 1986. Proyecto de desarrollo ganadero con base en el uso de las razas criollas y colombianas (1986-1996), Ministerio de Agricultura, Bogotá.
- Boldman, K.G., L.A. Kriese, L.D. Van Vleck y S.D. Kachman. 1993. A manual for use of MTDFREML- A set of programs to obtain estimates of variances and covariances. ARS, USDA, Washington, DC.
- Boldman, K.G. y L.D. Van Vleck. 1991. Derivative-free restricted maximum likelihood estimation in animal model with a sparse matrix solver. *J. Dairy Sci.* 74:4337.
- Díaz T. 1995 Implicaciones del mejoramiento genético sobre el metabolismo animal y el manejo nutricional de bovinos. En: Estrategias de mejoramiento genético en la producción bovina tropical. Seminario Internacional CIPEC, Medellín, Colombia, p. 53.
- FAO. 2002. Development of successful animal recording systems for transition and developing countries. Proceedings of the FAO-ICAR seminar, Interlaken, Switzerland, p 16.
- Geney, P. y O. Vergara. 1998. Estimación de parámetros genéticos en bovinos de la raza cebú. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Sucre, Sincelejo.
- Henderson, C.R. 1975. Best linear unbiased prediction under a selection model. *Biometrics* 31: 423.
- Hernández, B.G. 1970. Effect of year, season, age of dam and sex of calf on calving interval and growth rate of Romosinuano cattle. Thesis M.Sc. University of Nebraska, Lincoln (NE), USA, 140 pp.
- Hernández, B.G. 1976. Genetic factors in beef cattle crosses in Colombia. Dissertation Ph.D. Colorado State University, Fort Collins (CO), USA.
- Herazo T. 2004. Evaluación fenotípica y genética para características de crecimiento en la raza criolla Costeño con Cuernos. Tesis de grado, Facultad de Zootecnia. Universidad de Córdoba, Montería.
- Manrique, P.C. 2003. Conociendo la genética de la raza. *El Cebú* 305: 48-50.
- Manrique, P.C., C.G. Martínez, H.F. González y R.H. Huertas. 1999. Parámetros genéticos del ganado Sanmartinero. Seminario Internacional 'Caracterización Genética y Potencial Productivo del Ganado Criollo Sanmartinero'. Villavicencio, Meta. pp. 26-30.
- Martínez, C.G. 1999. Censo y caracterización de los sistemas de producción del ganado criollo y colombiano. Memorias Seminario 'Censo y Caracterización de los Sistemas de Producción del Ganado Criollo y Colombiano'. Santafé de Bogotá. pp. 13-64.
- Martínez, C.G.; R.R. Frahm, D.S. Buchanan y R.D. Geisert. 1989. Caracterización de la raza criolla Blanco Orejinegro (BON). I. Comportamiento reproductivo y parámetros genéticos del crecimiento predestete. *Rev. ICA* 24(4): 270-282.
- Martínez, C.G. y G. Hernández. 1983. Factores ambientales que afectan el peso de terneros Blanco Orejinegro. *Rev. ICA* 18: 465.
- Mascioli, D.S.A., M.N. Alencar y F.P. Barbosa. 1996. Estimativas de parámetros genéticos e proposição de criterios de seleção para pesos na raça Canchim. *Rev. Soc. Bras. Zootec.* 25 (1): 72-82.
- Mascioli, D.S.A.; P.C.C. De Paz y L. El Faro. 1997. Estimativas de parámetros genéticos e fenotípicos para características de crecimiento até a desmama em bovinos da raça Canchim. *Rev. Bras. Zootec.* 26(4): 709-713.
- Nomura T. y K. Yonezawa. 1994. Comparisons of four systems of group mating for avoiding inbreeding. *Genet. Sel. & Evol.* 28: 141-159.
- Pérez, J.E. y F. Moreno. 1999. Caracterización de la raza bovina criolla Romosinuano. CORPOICA C.I. Turipaná. En: <http://www.turipana.org.co/bovino.htm>; consulta: marzo 2004.
- Plasse, D. 1986. Producción de vacas F1 *Bos taurus* × Brahman apareadas con toros Brahman y de vacas Brahman con toros F1 *Bos taurus* × Brahman vs. Brahman en Venezuela. En: <http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricultura/aga/agap/frg/irrd/Irrd12/4/plas124a.htm>; consulta: marzo 2004.
- Rosales-Alday, J., M. Elzo, M. Montaña y V. Vega. 1999. Parámetros y tendencias genéticas para características de crecimiento predestete en la población mexicana de Simmental. *Técnica Pecuaria en México* 42(2): 171-180.
- Smith, S.P. y H.U. Graser. 1986. Estimating variance components in a class of mixed models by restricted maximum likelihood. *J. Dairy Sci.* 69:1156.
- Smith, L.A., B.G. Cassell y R.E. Pearson. 1998. The effects of inbreeding on the lifetime performance of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 81: 2729-2737.
- Souza, J, J. López, S. Forelo, N. Bianchi y E. Sobriño. 1995. Efeito de fatores genéticos o do meio sobre os pesos de bovinos em raça Nelore. *Rev. Soc. Bras. Zootec.* 2(1): ¿?.
- Tobón, Y.J., E. Franco, M. Mejía y G. Martínez. 1996. Evaluación de caracteres de crecimiento en el ganado Blanco Orejinegro (BON), Cebú y sus cruces en zona de ladera. Tercer Congreso Iberoamericano de Razas Autóctonas y Criollas. Santafé de Bogotá. 498 pp.