

4 TENDENCIAS GENÉTICAS PARA CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO EN LA RAZA BON*



Jaime León Gallego Gil, Rodrigo Martínez Sarmiento, Juan Carlos Fernández

INTRODUCCIÓN

En el esquema de conservación del Banco de Germoplasma de la raza BON en el C.I. El Nus se pretende mantener estable la variación genética de la raza, por lo cual es necesario monitorear los parámetros genéticos como la heredabilidad y los efectos de ambiente temporal y permanente con el fin de verificar que estos no presenten variaciones significativas en el tiempo. Esta estrategia permite conservar las frecuencias de muchos genes que influyen en una característica productiva en valores intermedios, dado que a frecuencias génicas intermedias la variación genética aditiva es mayor.

Se ha determinado que para los caracteres productivos y reproductivos en rebaños puros, donde la homocigosis es mayor, la heredabilidad presenta un valor bajo, ya que en estas poblaciones la frecuencia de una gran proporción de sus genes puede tender a uno o cero; por lo tanto, habrá menos variación genética y las diferencias fenotípicas entre individuos serán primordialmente ambientales (Falconer y Mackay, 1996).

Algunos investigadores (Albuquerque y Meyer, 2001; Cabrera *et al.*, 2001) han señalado que los valores de heredabilidad pueden estar

* Publicado en: 9th World Congress on Animal Livestock Production, Leipzig, Germany, agosto de 2010.



afectados por el genotipo del animal (efecto directo), por el genotipo de la madre (efecto materno) y por las covarianzas entre estos factores, particularmente en los periodos de pre-nacimiento y pre-destete. Así mismo, los efectos ambientales propios de cada sistema de producción afectan los valores de heredabilidad; por esto la inclusión de dichos factores será fundamental para la obtención de estimadores de heredabilidad precisos y confiables.

En general, entre más alta es la heredabilidad de un rasgo más alta es la exactitud de selección y mayor es la posibilidad de obtener una ganancia genética por medio de la selección. Valores de heredabilidad menores de 0,1 indican baja heredabilidad y baja posibilidad de ganancia genética por medio de la selección. Cuando se tienen valores que fluctúan entre 0,1 a 0,3 se considera como moderada heredabilidad, y por tanto moderada posibilidad de ganancia genética por medio de la selección; entretanto, al obtener valores superiores a 0,3 se considera como alta heredabilidad y alta posibilidad de ganancia genética por medio de la selección (Thelo, G., 2002 - 2004).

Según Quijano (1978), conocer la magnitud de la heredabilidad es importante para hacer planes eficientes de mejoramiento. Los efectos aditivos de los genes son los que determinan la heredabilidad de una característica y por ende son responsables de que la selección sea efectiva; por otra parte, los efectos no aditivos de los genes determinan el grado de vigor híbrido o heterosis de una característica y hacen que los cruzamientos sean ventajosos (Hernández, 1998). La importancia de estimar la heredabilidad de los caracteres radica en que su magnitud define el método de selección más apropiado y constituye uno de los factores de la respuesta a la selección, motivo por el cual su cálculo debe ser lo más preciso posible (Falconer y Mackay, 1996).

El objetivo entonces del presente trabajo fue estimar valores de heredabilidad aditiva directa, materna y la variación debida al ambiente permanente de caracteres de crecimiento y determinar su tendencia en el periodo 1990 a 2009 en la raza criolla colombiana BON en un núcleo de conservación en el C.I. El Nus.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos para el cálculo de las tendencias de heredabilidad fueron obtenidos de los registros productivos del Banco de Germoplasma de la raza

BON durante el periodo 1978 a 2009. Este núcleo se encuentra en el C.I. El Nus, perteneciente a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –Corpoica– ubicado en las estribaciones de la Cordillera Central en el municipio de San Roque, nordeste del departamento de Antioquia (Colombia) a 6° 29' de latitud norte y 74° 29' de longitud oeste, a una altura que oscila entre 800 y 1.300 msnm con una temperatura media anual de 23° C, 87% de humedad relativa y una precipitación bimodal anual promedio de 2.200 mm, ubicado en la zona de vida transicional entre bh-T y bmh-PM.

El núcleo ha sido mantenido en condiciones de pastoreo extensivo mejorado sobre praderas de pasto puntero (*Hyparrhenia rufa*) en combinación con otras gramíneas como pasto *Brachiaria* (*Brachiaria decumbens*), además del suministro regular de sal mineralizada. El plan de manejo sanitario incluyó vacunación contra aftosa, brucelosis y carbón sintomático.

A su vez, el núcleo fue manejado desde el punto de vista reproductivo mediante un sistema de apareamiento circular cíclico, con el fin de evitar el incremento en los índices de consanguinidad; este sistema consiste en la conformación de grupos familiares dentro de la población en función de su parentesco y la planeación de los apareamientos entre estos grupos de una manera circular, evitando así cruzar animales emparentados cercanamente.

Las hembras ingresan al apareamiento a los 24 meses y con mínimo el 70% del peso adulto; entretanto, los machos son seleccionados según parámetros de calidad reproductiva y mediante valores medios genéticos directos. Se utilizaron los datos productivos que presentaron información completa relacionada con identificación del padre y la madre, fecha de nacimiento y peso, sexo, edad, peso ajustado a los 240 días (destete), peso ajustado a los 480 días y la edad de la madre al parto (Tabla 4.1).

Se determinaron los valores de heredabilidad directas, maternas y las debidas al ambiente permanente inicialmente para el periodo comprendido entre el año 1978 a 1990 (primer valor en la tabla) y posteriormente se volvieron a calcular estos valores incluyendo cada vez la información del mismo periodo (1978 a 1990), pero incluyendo cada vez un año más hasta llegar al año 2009 y de esta forma tener los valores de heredabilidad para los años 1991 hasta el 2009.



Tabla 4.1. Estructura de los datos que se utilizaron para la estimación de valores de heredabilidad.

Clasificación carácter	Peso al nacimiento (PN)	Peso ajustado a los 240 días (PAJ240)	Peso ajustado a los 480 días (PAJ480)
Número de animales base	383	398	396
Número de animales con registro	3.376	2.642	2.509
Número de padre con registro de progenie	1.104	979	233
Número de madres con registro de progenie	251	231	217
Número de abuelos paternos con registro	695	593	550
Número de abuelos maternos con registro	286	265	242

Los componentes de varianza y covarianza empleados para estimar los valores de heredabilidad fueron obtenidos a través de un análisis unicarácter, empleando la metodología BLUP con el algoritmo de máxima verosimilitud restringida, libre de derivadas, aplicada a un modelo animal, mediante el programa DFREML. Se utilizó el modelo mixto que se describe a continuación, según Henderson (1975):

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

Donde: Y: vector de observaciones; β : vector de soluciones para efectos fijos (año de nacimiento, sexo y edad de la vaca al parto); 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 el efecto materno; p: vector de soluciones para efectos del ambiente permanente; e: valores residuales.

La estructura de (co) varianza de los efectos aleatorios para las características de crecimiento evaluadas se resume en la expresión:

$$\begin{bmatrix} a \\ m \\ pe \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma^2 & A\sigma_{am} & 0 & 0 \\ A\sigma_{am} & A\sigma_m & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Ipe\sigma^2_{pe} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I\sigma^2 \end{bmatrix}$$

Los cálculos de heredabilidad aditiva directa fueron hechos mediante componentes de varianza a partir del modelo animal y que pueden ser descritos por la siguiente fórmula:

$$h^2_d = (\sigma^2_a) / (\sigma^2_f)$$

Donde: h^2_d : heredabilidad aditiva directa; σ^2_a : varianza genética aditiva directa; σ^2_f : varianza fenotípica total.

Con relación a los componentes genéticos de tipo materno, la heredabilidad se estimó utilizando la fórmula:

$$h^2_m = (\sigma^2_m) / (\sigma^2_f).$$

Donde: h^2_m : heredabilidad de los componentes genéticos maternos; σ^2_m : varianza genética materna; σ^2_f : varianza fenotípica total.

La estimación del índice de repetibilidad (t) de los pesos al nacimiento (PN) al destete (P240) y a los 480 días (P480) para las madres de registros repetidos se halló mediante componentes de varianza maternos, así:

$$t = \sigma^2_a + \sigma^2_{pe} / (\sigma^2_f).$$

Donde: σ^2_a : varianza genética aditiva directa; σ^2_{pe} : varianza del ambiente permanente; σ^2_f : varianza fenotípica total.

Estos valores de heredabilidad directa, materna y de ambiente permanente, junto con su error estándar por cada periodo (1978-1990), incluyendo cada vez un año a partir de 1990, se graficaron, obteniendo las tendencias de estas variables con sus respectivas ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso al nacimiento

En términos generales, para el periodo de evaluación 1978 a 2009 se encontró en la característica PN en la población de ganado criollo BON un valor alto para la heredabilidad directa ($h^2_d = 0,37 \pm 0,03$), en tanto que para la hereda-



bilidad materna se encontró un valor bajo ($h^2_m = 0,02 \pm 0,023$); estos resultados indican que un 37% de la varianza fenotípica total se debe al efecto de los genes de acción aditiva y apenas el 2,3% se debe a la varianza aditiva, debida a efectos maternos prenatales y el resto a los efectos genéticos no aditivos y al ambiente permanente, calculado en $0,072 \pm 0,023$.

Dichos valores fueron similares a los reportados por Manrique *et al.* (1996) en ganado Romosinuano en Colombia, quienes encontraron valores de 0,35 para heredabilidad directa de peso al nacimiento, similar a lo encontrado por Gallego *et al.* (2006) en la misma raza BON, y a los reportados por Martínez, F. y Buchanan (1989) (citados por Arango, 1995), quienes estimaron algunos parámetros genéticos en ganado BON con datos recopilados durante los años 1977 – 1983 encontrando un valor de $h^2_d = 0,36$ para el peso al nacer.

Igualmente, en Brasil Mascioli *et al.* (1996) reportaron valores de heredabilidad similares para el peso al nacer ($h^2_d = 0,36 \pm 0,06$) en la raza Canchim; y Costa *et al.* (1987) para la misma característica, con registros obtenidos de los años 1976 – 1984 referente al control del comportamiento de la raza Nelore en el estado de Mato Grosso do Sul, obtuvieron una $h^2_d = 0,35 \pm 0,02$.

Comparativamente con otras razas criollas, en sistemas de producción de trópico bajo y en similares condiciones de manejo los parámetros encontrados fueron superiores a los descritos por Martínez *et al.* (2006a) en la raza criolla colombiana Costeño con Cuernos, quienes hallaron un valor de heredabilidad directa de $h^2_d = 0,17 \pm 0,001$ y de heredabilidad materna de $h^2_m = 0,012 \pm 0,003$. Para la raza Romosinuano, Martínez *et al.* (2007) encontraron valores inferiores de heredabilidad directa de $h^2_d = 0,25 \pm 0,001$ y superiores para la heredabilidad materna de $h^2_m = 0,06 \pm 0,003$.

En el Gráfico 4.1 se presenta la tendencia de los valores de heredabilidad para peso al nacer obtenidos cada año a partir de 1990 y hasta el año 2009, donde se observa el menor valor de heredabilidad para el año de 1990 con $h^2_d = 0,14 \pm 0,08$, y el mayor valor en el año 2004 con $h^2_d = 0,39 \pm 0,05$ correspondiendo a un aumento porcentual del 64% con respecto al valor encontrado en 1990; este aumento fue dado por disminución en los efectos ambientales que afectan el carácter.

Es importante indicar que la heredabilidad no es solo una propiedad del carácter sino también de la población, así como de las condiciones ambientales

en las que los individuos se desarrollan y de la forma en que se evalúa el fenotipo; por tanto el valor depende de la forma en que se afecte cada uno de estos factores, que en sistemas de producción extensiva en el trópico presentan un efecto considerable y de magnitud superior que en sistemas intensivos donde se puede tener una mayor precisión en los fenotipos y condiciones ambientales más homogéneos.

Por otra parte, la varianza aditiva directa o materna está en función de las frecuencias génicas y puede cambiar en una población por efectos de su manejo, encontrándose que en poblaciones pequeñas con censo reducido o donde se han dado tasas considerables de consanguinidad la heredabilidad puede verse reducida drásticamente (Falconer y Mackay, 1996), aunque la heredabilidad disminuye también cuando las condiciones ambientales son muy variables y aumenta cuando estas son uniformes. Dados estos conceptos, se podría estimar que los aumentos en los valores de heredabilidad para este carácter pueden obedecer a disminución en los efectos ambientales alrededor del nacimiento, como pesajes el mismo día del nacimiento y aumento de la precisión en los mismos, así como también en el cambio de las frecuencias génicas; en este caso hablamos de una población, donde se ha dado un sistema de apareamiento circular cíclico manteniendo bajos los índices de consanguinidad individual, razón que puede haber afectado positivamente este parámetro.

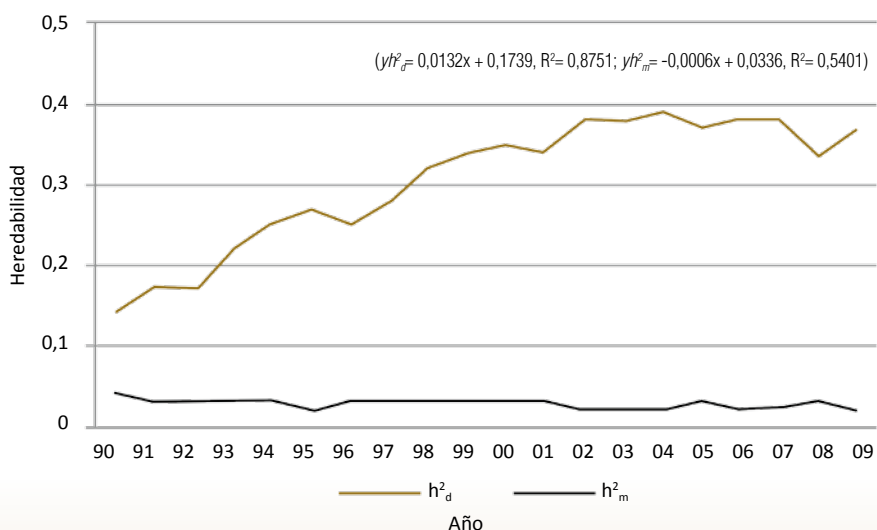


Gráfico 4.1. Tendencia de la heredabilidad directa (h^2_d) y materna (h^2_m) para peso al nacer en los últimos 18 años, en un núcleo de conservación de la raza BON en el C.I. El Nus.



La desviación estándar de la heredabilidad directa para el peso al nacimiento fue baja hasta el año 2009, lo que indica un alto grado de exactitud de los datos y un bajo coeficiente de variación baja (C.V.=14%). Además, es importante resaltar que esta variación tiene una tendencia a disminuir, pasando de 61% en 1990 a 10% para la estimación realizada en el año 2009. Por otra parte, la ecuación de regresión para esta característica indica un crecimiento promedio anual del valor de heredabilidad directa, en términos porcentuales de 1,32% ($R^2= 0,8751$). La población de estudio está organizada en un sistema de apareamiento circular cíclico donde se pretende evitar el incremento en los niveles de consanguinidad, buscando mantener la variabilidad genética; de esta forma se espera una tendencia a la heterocigosis y que las frecuencias génicas se encuentren en valores intermedios, pudiendo ser una razón para la tendencia creciente de la heredabilidad.

Para el caso de la heredabilidad materna que se observa en el Gráfico 4.1, se encontró un mayor valor para el año 1990 ($0,04 \pm 0,026$) y un menor valor para el año 2009 ($0,02 \pm 0,023$), con una tendencia levemente decreciente anual de $-0,0006$. El coeficiente de determinación para el comportamiento lineal de la recta fue de $R^2= 0,54$, lo cual indica una dispersión media de los puntos sobre la recta de regresión.

Teniendo en cuenta la tendencia de la proporción de la varianza debida al ambiente permanente (C^2) (datos no presentados), se encontró una disminución leve del valor promedio anual indicado por el coeficiente de regresión negativo ($B_1= -0,0012$), tomando un valor inicial de 9,02% en el año 1990 pero con un bajo ajuste a la curva de regresión ($R^2= 0,53$). Este valor indica que la varianza debida a diferencia entre partos sucesivos dentro de madres ha tenido un descenso leve en los últimos años.

Peso al destete ajustado a 240 días

Para la característica del peso ajustado a los 240 días se calcularon los valores de heredabilidad en los años comprendidos entre 1979 hasta 2008, observándose un valor de $h^2_d= 0,18$ $0,056$ y $h^2_m= 0,05 \pm 0,023$, considerado bajo, indicando que el componente genético aditivo relacionado con la habilidad materna de la madre tiene un efecto bajo sobre la variabilidad del carácter y que su variación está influenciada en mayor medida por factores del medio ambiente no controlados. Estos valores fueron similares a los reportes realizados para poblaciones localizadas en regiones tropicales como las descritas

por Martínez *et al.* (2006a) en la raza criolla Costeño con Cuernos en el Valle del Sinú (Córdoba, Colombia), donde se estimó $h^2_d = 0,21 \pm 0,074$ y $h^2_m = 0,05 \pm 0,038$; igualmente, en la raza BON las estimaciones fueron de $h^2_d = 0,18 \pm 0,022$ y $h^2_m = 0,059 \pm 0,025$ para la materna (Gallego *et al.*, 2006), pero fueron inferiores a las obtenidas en la raza Romosinuano (Martínez *et al.*, 2007) para heredabilidad directa ($h^2_d = 0,34 \pm 0,06$) y materna ($h^2_m = 0,19 \pm 0,054$). Por otro lado, Cuco *et al.* (2009) evaluaron una población de la raza Braunvieh en condiciones tropicales de Brasil y encontraron valores de heredabilidad directa y materna superiores a las encontradas en este trabajo, con estimaciones de $h^2_d = 0,25 \pm 0,050$ y $h^2_d = 0,41 \pm 0,059$ para peso a los 120 días y a los 240 días respectivamente, y de $h^2_m = 0,15 \pm 0,032$ y $h^2_m = 0,22 \pm 0,036$ para los efectos genéticos maternos para los mismos caracteres.

Cuando se comparan estos resultados con poblaciones mantenidas en situaciones más controladas, como regiones templadas o subtropicales, se han obtenido valores superiores a los presentados en este trabajo, como lo reportado por Martínez-González *et al.* (2007) en la raza Sardo Negro en condiciones subtropicales mexicanas, quienes registraron valores de heredabilidad para efectos directos superiores ($h^2_d = 0,27$ y $h^2_d = 0,27$) para peso al destete y ganancia de peso al destete, en su orden. Por otra parte, Orengue *et al.* (2009) evaluaron en Norteamérica poblaciones de las razas Charolais y Hereford, registrando valores superiores de heredabilidad para efectos directos ($h^2_d = 0,36$ y $h^2_d = 0,21$; $h^2_d = 0,25$ y $h^2_d = 0,10$; $h^2_d = 0,23$ y $h^2_d = 0,13$) para peso al nacimiento, ganancia diaria y peso al destete en Charolais y Hereford, respectivamente, y para las estimaciones de heredabilidad materna ($h^2_m = 0,11$ y $h^2_m = 0,01$; $h^2_m = 0,18$ y $h^2_m = 0,00$; $h^2_m = 0,17$ y $0,17$ para las mismas características en Charolais y Hereford).

Por el contrario, Williams *et al.* (2009) evaluaron animales de la raza Angus Rojo en Norteamérica y obtuvieron estimaciones similares de heredabilidad directa pero inferiores para el componente materno para peso al destete y ganancia posdestete ($h^2_d = 0,18 \pm 0,02$; $h^2_d = 0,16 \pm 0,02$; y $h^2_m = 0,18 \pm 0,02$ respectivamente). Speidel *et al.* (2007) evaluaron el efecto de la nutrición de la hembra sobre los valores de heredabilidad de los terneros Angus Rojo y encontraron estimaciones de $h^2_d = 0,24 \pm 0,03$ para peso al destete en vacas mantenidas en buenas condiciones nutricionales, $h^2_d = 0,24 \pm 0,03$ para peso al destete en vacas mantenidas en deficientes condiciones, $h^2_m = 0,13 \pm 0,02$ para peso al destete en vacas en buenas condiciones; y $h^2_m = 0,14 \pm 0,02$ para peso al destete para vacas en deficientes condiciones, indicando que



los componentes de varianza no son suficientemente eficientes como para distinguir diferencias en el plano nutricional de las hembras en un esquema de evaluación genética.

Además, se encontró en este trabajo que el efecto debido al medio ambiente permanente presenta también un valor bajo, $C^2=0,065 \pm 0,023$. Valores superiores reportó Wasike *et al.* (2009), quienes evaluaron poblaciones de la raza Borah en Kenya (África) y encontraron que el efecto de ambiente materno permanente (como proporción de la varianza fenotípica total) contribuyó en un 16% para peso al destete, 4% para peso a los 12 meses y 10% para peso a los 18 meses. Este parámetro, junto con lo encontrado en el componente materno para dicho carácter, significa que la selección por habilidad materna para obtener buenos pesos al destete no sería recomendable para esta población, pero si podría ser posible aumentar el parámetro, mejorando las condiciones ambientales de la madre lactante.

En el Gráfico 4.2 se presenta la tendencia de los valores de heredabilidad aditiva directa y materna para el peso al destete ajustado a 240 días, calculado con los registros obtenidos para este carácter entre los años 1979 a 1990. Luego se calculó el valor del parámetro cada año hasta el año 2008, y se encontró que para 1998 se obtuvo el mayor valor, de $h^2_d= 0,23 \pm 0,07$; este ha disminuido, teniendo un comportamiento variable y presentando el menor valor en el año de 2005, con $h^2_d=0,15 \pm 0,05$. Estas variaciones anuales muy posiblemente se deban al cambio en los efectos ambientales temporales en la población en la que los individuos se desarrollan y de la forma en que se evalúa el fenotipo o por mayores variaciones en la edad al destete, en los últimos años, que hace que el ajuste lineal a 240 días pueda tener un bajo coeficiente de determinación.

En el Gráfico 4.2 se muestra la tendencia de la heredabilidad del peso ajustado al destete a través de los años, observándose un comportamiento levemente decreciente del promedio de dicho parámetro ($\beta_1= -0,00025$), lo que indica que la variabilidad genética del carácter a través de los años se mantiene constante, condición importante para el mantenimiento de un banco de germoplasma *in situ*. Los efectos aditivos maternos indican valores bajos y un comportamiento levemente decreciente ($-0,0013$), con un coeficiente de determinación bajo ($R^2=0,29$), teniendo en cuenta que hay influencias ambientales y efectos maternos temporales que afectan dicho carácter; estos tienen un mayor efecto sobre la variación del peso que el componente materno.

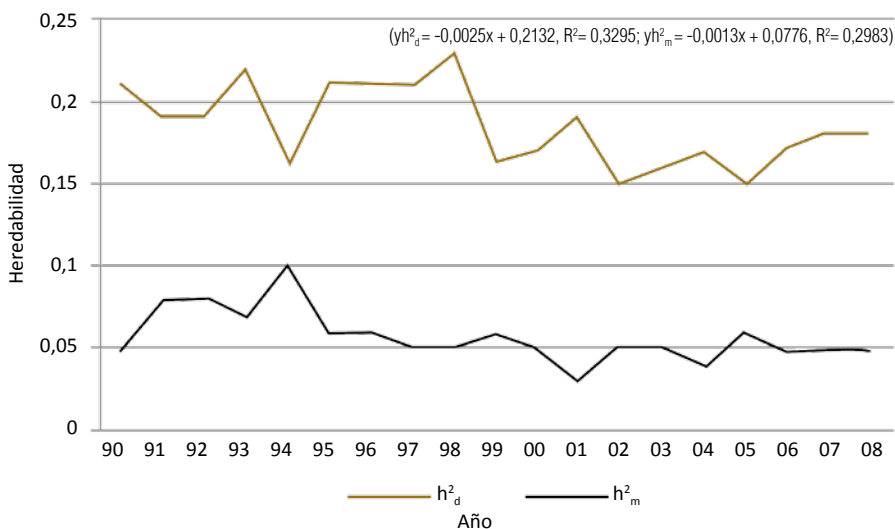


Gráfico 4.2. Tendencia de la heredabilidad directa (h^2_d) y materna (h^2_m) para peso al destete en el periodo 1990 a 2008.

Considerando que el ambiente permanente es la variación que se produce en partos sucesivos en un mismo animal sobre su descendencia en una característica productiva, como peso al destete u otro parámetro, es evidente que la variación del efecto de ambiente permanente para el carácter peso ajustado al destete muestra un valor constante a través de los años de análisis, con un valor inicial de $\beta_o = 0,048$, y un incremento promedio anual promedio muy bajo ($\beta_1 = 0,0003$); además, un coeficiente de determinación superior al 83%, que indica que la variabilidad del parámetro tiene un comportamiento cercano a la linealidad. El peso al destete está influenciado por la habilidad materna, que es la capacidad de la madre de producir leche para su cría y que, como se presentó anteriormente, está más influenciado por las variaciones en el ambiente temporal que en el ambiente permanente. La tendencia del parámetro indica que el manejo suministrado a las madres de los animales ha sido uniforme, haciendo predecible el comportamiento en partos posteriores.

Peso Ajustado a 480 días

Para la característica productiva peso ajustado a los 480 días se obtuvo un valor de $h^2_d = 0,15 \pm 0,046$, considerado como un valor medio, en tanto la heredabilidad materna para este carácter fue de $h^2_m = 0,05 \pm 0,022$, valor considerado bajo. Se debe tener en cuenta que en la manifestación de este parámetro no existió influencia materna. Similares valores fueron obtenidos para



la raza criolla Costeño con Cuernos, en la característica de peso a 480 días, donde se estimaron valores bajos con heredabilidad total de $h^2_t = 0,192$, $h^2_d = 0,172 \pm 0,001$ y $h^2_m = 0,04 \pm 0,001$ (Martínez *et al.* 2006b). Pero estos resultados fueron muy inferiores a los reportados en la raza Romosinuano, donde la heredabilidad total estimada para el carácter peso a los 16 meses fue de $h^2_t = 0,38$, con valores de $h^2_d = 0,33 \pm 0,06$ y $h^2_m = 0,10 \pm 0,04$. Por otra parte, Wasike *et al.* (2009) evaluaron poblaciones de la raza Borah, en Kenya, y encontraron estimaciones para heredabilidad directa para características posdestete inferiores a las reportadas en este trabajo, con $h^2_d = 0,08$ para peso a los 18 meses y $h^2_d = 0,14$ para peso a 24 meses, pero superiores para los valores de heredabilidad maternal de $h^2_m = 0,34$ a los 12 meses de edad, que se redujo a los 24 meses de edad con $h^2_m = 0,11$.

La mayoría de los valores de heredabilidad reportados para pesos después del destete se encuentran en un rango entre 0,2 y 0,6 (Acosta *et al.*, 1996; Mascioli, De Paz y El Faro, 1997; Martins *et al.*, 2000; Marques *et al.*, 2000; Ribeiro *et al.*, 2001; Garnero *et al.*, 2001; Pimenta, Filho, Martins y Sarmiento, 2001; Ferraz, Filho *et al.*, 2001; Paneto *et al.*, 2002 y Manrique, 2003). El valor obtenido en este estudio está por debajo de estos parámetros reportados, pero cuando se analiza la heredabilidad total se tiene un valor de $h^2_t = 0,175$, cercano a lo reportado.

En este caso, el valor inferior al obtenido para los demás parámetros de crecimiento en esta población puede deberse a un incremento en la varianza ambiental, por reducción considerable en el número de observaciones año y por un bajo ajuste de la corrección lineal que se realiza al peso a los 480 días. No obstante, es importante resaltar que la desviación estándar del parámetro, se vio reducida ostensiblemente, con una variación del 52% en el año 1990, llegando a valores cercanos al 30% del parámetro en el año 2007. La proporción de la varianza debida a variaciones en el ambiente permanente fue de $C^2 = 0,04 \pm 0,023$; estos datos indican la poca influencia de las diferencias entre partos sucesivos de la madre en la manifestación genética del parámetro.

En el Gráfico 4.3 se muestra la tendencia de los valores de heredabilidad directa correspondientes a los pesos ajustados a los 480 días de edad desde el año 1990 al año 2007. Se observa aquí que en el año 1993 se presentó un mayor valor de heredabilidad ($h^2_d = 0,25 \pm 0,087$) y que la menor heredabilidad correspondió al año de 2003 ($h^2_d = 0,11 \pm 0,057$); en este caso se manifiesta una disminución a través de los años muy probablemente por efectos

medio ambientales temporales más que por cambios debidos en el ambiente permanente (como se puede observar en el Gráfico 4.3, donde se muestran estas tendencias de crecimiento).

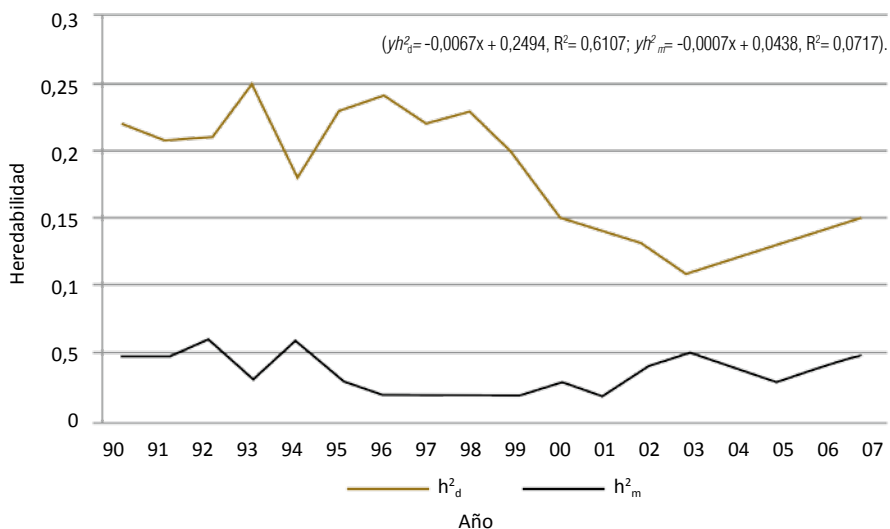


Gráfico 4.3. Tendencia de los valores de heredabilidad aditiva directa (h^2_d) y materna (h^2_m) para el peso ajustado a los 480 días, calculados a través de los años 1990 a 2007 en una población de la raza BON, en el C.I. El Nus.

La tendencia de los valores de heredabilidad a través de los años indica una leve disminución del parámetro, con un cambio anual promedio de $\beta_1 = -0,0067$, considerado un valor bajo pero mantenido a través de los años.

Teniendo en cuenta los valores del Gráfico 4.3, la expresión materna aditiva es mínima, con valores considerados como bajos ($0,05 \pm 0,022$), y la tendencia muestra un decrecimiento muy leve a través de los años ($X_1 = -0,0007$). En cuanto a la proporción de la varianza total debida a efectos de ambiente permanente, para peso a los 16 meses presenta un incremento anual promedio de $\beta_1 = 0,0003$, valor considerado bajo; sin embargo presenta valores muy variables desde el año 1990 al año 2000, presentando valores más estables a partir del año 2000 hasta el 2007.

CONCLUSIÓN

En la población de bovinos criollos de la raza BON se encontró que los valores de heredabilidad registrados para el peso al nacimiento en los últimos



18 años han presentado un comportamiento creciente, pero para los demás caracteres de crecimiento (PAJ240 y PAJ480) se observó una tendencia estable a través de los años, sin presentarse un excesivo cambio en el promedio anual pero sí una reducción de la desviación estándar del parámetro, posiblemente por las condiciones homogéneas de manejo, nutrición, sanidad, tipo de apareamiento (circular cíclico) y la carencia de selección por ser un hato de conservación. En esta población la estrategia que busca el mantenimiento de la variabilidad genética podría verse reflejada en valores de heredabilidad de magnitud media a alta y con tendencias generales a la estabilidad a través de los años analizados, pero sería importante proporcionar un ambiente más propicio a las hembras de cría con el fin de disminuir la varianza ambiental que afecta negativamente el componente materno y de ambiente permanente.

Referencias

- Albuquerque, L. G. y Meyer, K. (2001). Estimates of Genetic covariance functions for growth of Nelore cattle assuming a parametric correlation structure for animal permanent environmental effects. *Journal of Animal Science*. 79: 2776-2789.
- Cabrera, M. E.; Garnero, A. V.; Lobo, R. B. y Gunski, R. J. (2001). Effects of the inclusion of direct-maternal genetic covariance in the analysis of growth traits in Nelore cattle. *Livestock Res. Rural Dev.* (13): 3.
- Costa, N.; Filho, E. y Do Nascimento, R. (1987). Repetibilidad e heredabilidad do peso ao nacer de gado Nelore por estação de nascimento. En: *Rev. Soc. Bras. Zootec.* 16(4): 371-376.
- Cucco, D.C.; Ferraz, J.B.; Pinto, L.F.; Eler, J. P.; Balieiro, J. C.; Mattos, E. C. (2009). Genetic parameters for pre-weaning traits in Braunvieh cattle. *Genet Mol Res.*; 8(1): 291-8.
- Falconer, D. S. y Mackay, T. F. C. (1996). *Introducción a la genética cuantitativa*. Editorial Acribia, pp. 469.
- Ferraz P.B.; Ramos, A.; Da Silva, L.O.; De Souza, J.C. y De Alencar, M.M. (2001). Alternative animal models to estimate heritabilities of and genetic correlation between direct and maternal effects for weaning weight of Tabapua cattle. *Memorias XVII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA)*. La Habana, Cuba. pp. 1955-1958.
- Gallego, J.; Martínez, R.; Moreno, F. (2006). Coeficiente de consanguinidad y caracterización genética y fenotípica del ganado criollo colombiano BON. *Revista Corpoica—Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 7(1):16-24.
- Garnero, A. V.; Gunski, R. J.; Schwengber, E. B. y Lôbo, R. B. (2001). Comparación entre criterios de selección para características de crecimiento correlacionados con edad al primer parto en la raza Nelore. *Livestock Res. Rural Dev.* (13)2: 14-22.
- Henderson, C. R. (1975). Best linear unbiased prediction under a selection model. *Biometrics* 31: 423.
- Hernández B., Gustavo. (1998). *Estrategia Genética para Ganado Tropical de Doble Propósito*. Ramírez González, Nidia (Ed.) Santa Fe de Bogotá, D.C., Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, pp. 6-38.
- Manrique, C.; Ossa, G. y Acosta, O. (1996). Factores genéticos y ambientales que afectan el peso al destete en terneros Romosinuano. En: *Tercer Congreso Iberoamericano de Razas Autóctonas y Criollas*. Santa Fe de Bogotá. 421 p.
- Manrique, P. C. (2003). *Conociendo la genética de la raza*. El Cebú 305: 48-50.
- Martínez- González, J. C.; Castillo- Rodríguez, S. P.; Lucero-Magana, F. A.; Ortega-Rivas, E. (2007). Influencias ambientales y heredabilidad para características de crecimiento en ganado Sardo Negro en México. *Zootecnia Trop.* V.25 No.1.
- Martínez, R. y Pérez J. (2006). Parámetros genéticos y tendencias en la raza criolla colombiana Romosinuano para caracteres de crecimiento. *Revista Corpoica—Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 7(1):25-32.
- Martínez, R.; Pérez, J. y Herazo, T. (2006a). Evaluación genética para caracteres de crecimiento en la raza criolla Costeño con Cuernos. *Revista Corpoica—Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 7(2):12-20.
- Martínez, R.; Pérez, J. y Herazo, T. (2006b). Estimation of genetic parameters and variance components for growth traits in Costeño con Cuernos cattle in Colombian humid tropic. *Proceedings of 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, August 13-18, 2006, Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Martínez, R.; Pérez, J. (2007). Estimación de parámetros genéticos y componentes de varianza para caracteres de crecimiento en la raza criolla Romosinuano en el trópico húmedo colombiano. *Genetic and Molecular Research*. 6 (3):482-491.
- Martins, A. G.; Martins Filho, R.; Lima, M. F. y Lobo, B. N. (2000). Influencia de fatores genéticos e de meio sobre o crescimento de bovinos da raça nelore Estado do Maranhão. *Rev. Bras. Zootec.* 29(1): 103-107.
- Mascioli, A.; Alencar, M. N. y Barbosa, F. P. (1996). Estimativas de parâmetros genéticos e proposicao de criterios de seleccao para pesos na raça Canchim. *Rev. Soc. Bras. Zootec.* 25(1): 72.



- Mascioli, D. S. A.; De Paz, P. C. C. y El Faro, L. (1997). Estimativas de parámetros genéticos e fenotípicos para características de crescimento ate a desmama em bovinos da raça Canchim. *Rev. Bras. Zootec.* 26(4): 709-713.
- Orenge, J. S.; Ilatsia, E. D.; Kosgey, I. S.; Kahi, A. K. (2009). Genetic and phenotypic parameters and annual trends for growth and fertility traits of Charolais and Hereford beef cattle breeds in Kenya. *Trop Anim Health Prod.* 41(5):767-74.
- Paneto, J. C.; Lemos, D. C.; Bezerra, F. L. A.; Martins Filho, R. y Lobo, B. R. (2002). Estudo de características quantitativas de crescimento dos 120 aos 550 dias de idade em gado nelore. *Rev. Bras. Zootec.* 31 (2): 668-674.
- Pimenta Filho, C. E.; Martins, A. G. y Sarmiento, R. J. L. (2001). Estimativas de herdabilidade de efeitos direto e materno de características de crescimento de bovinos Guzerá, no Estado da Paraíba. *Rev. Bras. Zootec.* 30(4): 1220-1223.
- Quijano, J. (1978). Herencia medio ambiente. En: Primer Curso Nacional de Mejoramiento Animal. Medellín, Colombia. p. 6.
- Ribeiro, N. M.; Pimenta Filho, C. E.; Martins, A. G.; Sarmiento, R. J. y Martins Filho, R. (2001). Heredabilidade para efeitos direto e materno de características de crescimento de bovinos nelore no Estado da Paraíba. *Rev. Bras. Zootec.* 30(4): 1224-1227.
- Speidel, S. E.; Enns, R. M.; Garrick, D. J. (2007). Weaning weight inheritance in environments classified by maternal body weight change. *J Anim Sci.* 85(3):610-7.
- Thelo, G. L. (2002). *Melhoramento Genético Animal*. Escolar Editora. Lisboa, Portugal, pp. 301.
- Thelo, G. L.; Pereira, M. C.; Carolino, N. (2004). *Modelos mistos em melhoramento Animal*, Arquitos Veterinarios, Cytel, Portugal, pp.275.
- Wasike, C. B.; Indetie, D.; Ojango, J. M.; Kahi, A. K. (2009). Direct and maternal (co) variance components and genetic parameters for growth and reproductive traits in the Boran cattle in Kenya. *Trop Anim Health Prod.* Jun; 41(5):741-8.
- Williams, J. L.; Garrick, D. J.; Speidel, S. E. (2009). Reducing bias in maintenance energy expected progeny difference by accounting for selection on weaning and yearling weights. *J Anim Sci.* 87(5):1628-37.