

Genetic parameters for growth traits of buffaloes (*Bubalus bubalis* Artiodactyla, Bovidae) in Colombia[¶]

Parámetros genéticos para características de crecimiento en búfalos (Bubalus bubalis Artiodactyla, Bovidae) en Colombia

Parâmetros genéticos para características de crescimento em búfalos (Bubalus bubalis Artiodactyla, Bovidae) na Colômbia

Diana M Bolívar Vergara^{1,2 *}, Zoot, MSc; Mario F Cerón-Muñoz^{1,3}, Zoot, MSc, PhD; Edison J Ramírez Toro¹, Zoot, MSc; Divier A Agudelo Gómez^{1,4}, Ing Pec, MSc; Tatiana Cifuentes⁵, Est Admon C Agrop U Santo Tomás.

¹Grupo de Investigación en Genética, Mejoramiento y Modelación Animal GaMMA.

²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, A.A. 1779, Medellín, Colombia.

³Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, A.A. 1226, Medellín, Colombia.

⁴Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias, Corporación Universitaria Lasallista, Caldas, Colombia.

⁵Asociación Colombiana de Criadores de Búfalos.

(Recibido: 12 agosto, 2011; aceptado: 14 febrero, 2012)

Summary

Objective: to estimate genetic parameters of weaning weight (WW) and weights at 12 (W12), 18 (W18), and 24 (W24) months of age, in buffalo populations of the Colombian tropical lowlands. **Methods:** both single-trait and multitrait animal models were used for (WW) and weights at various ages. The models included fixed effects for sex, parity, and contemporary groups (farm, season, and year), with the age of calves at weaning as a covariate. Random effects included direct and maternal genetics, permanent environment, and residual effects. **Results:** direct, maternal, and total heritabilities for WW were 0.45 ± 0.054 , 0.28 ± 0.070 and 0.33 . The genetic correlation between direct and maternal effects was -0.48 ± 0.089 , suggesting there is a negative correlation between genes for growth and genes for maternity. Heritabilities for W12, W18, and W24 were 0.42, 0.42, and 0.41, respectively, showing high positive correlations among the three characteristics. **Conclusion:** estimated heritabilities suggest that selection for pre and post-weaning growth is feasible in this population.

Key words: growth, genetic traits, heritability, maternity.

¶ Para citar este artículo: Bolívar DM, Cerón-Muñoz MF, Ramírez EJ, Agudelo DA, Cifuentes T. Parámetros genéticos para características de crecimiento en búfalos (*Bubalus bubalis* Artiodactyla, Bovidae) en Colombia. Rev Colomb Cienc Pecu 2012; 25:202-209.

* Autor para correspondencia: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín, Calle 59A No 63-20, AA 1779. E-mail: dmboliva@unal.edu.co dianamariabolivar@gmail.com

Resumen

Objetivo: estimar los parámetros genéticos para peso al destete (PD), y peso a los 12 (P12), 18 (P18) y 24 (P24) meses de edad, en poblaciones bufalinas en el trópico bajo colombiano. **Métodos:** los datos de PD fueron analizados en un modelo animal unicaracterístico. El modelo incluyó como efectos fijos: sexo, número de parto y grupo contemporáneo (finca, época y año de destete) y edad como covariable. Los efectos aleatorios fueron genético aditivo directo y materno, ambiente permanente materno y el error. Un modelo animal multicaracterístico fue utilizado para P12, P18 y P24 meses de edad. El modelo incluyó como efectos fijos: sexo y grupo contemporáneo y edad como covariable. Los efectos aleatorios fueron: genético aditivo directo y el error. **Resultados:** las heredabilidades directa, materna y total para PD fueron 0.45 ± 0.054 , 0.28 ± 0.070 y 0.33 . La correlación genética entre los efectos directo y materno fue -0.48 ± 0.089 , indicando que puede haber antagonismo entre genes para crecimiento y genes para habilidad materna. Las heredabilidades para P12, P18 y P24 meses de edad fueron 0.42 , 0.42 y 0.41 , respectivamente, con correlaciones genéticas altas y positivas entre las tres características. **Conclusión:** las heredabilidades estimadas sugieren que la selección por crecimiento pre y posdestete es posible en esta población.

Palabras clave: correlaciones genéticas, efecto materno, crecimiento, heredabilidad.

Resumo

objetivo: estimar parâmetros genéticos para o peso ao desmame (PD), e peso aos 12 (P12), 18 (P18) e 24 (P24) meses de idade, de populações de búfalos no trópico baixo colombiano. **Métodos:** os dados de PD foram analisados em um modelo animal unicaracterístico. O modelo incluiu como efeitos fixos: o sexo, a ordem de partição e o grupo contemporâneo (fazenda, estação de desmame e ano de desmame) e a idade como covariável. Os efeitos aleatórios foram: genético aditivo direto e materno, de ambiente permanente materno e o residual. Um modelo animal multicaracterístico foi usado para P12, P18 e P24 meses de idade. O modelo incluiu como efeitos fixos: sexo e grupo contemporâneo e a idade como covariável. Os efeitos aleatórios foram: genético aditivo direto e residual. **Resultados:** as estimativas de herdabilidade direta, materna e total para PD foram 0.45 ± 0.054 , 0.28 ± 0.070 e 0.33 . A correlação genética entre os efeitos direto e materno foi -0.48 ± 0.089 , indicando que pode haver antagonismo entre os genes para crescimento e os genes para habilidade materna. As herdabilidades para P12, P18 e P24 meses de idade foram 0.42 , 0.42 e 0.41 , respectivamente, com correlações genéticas altas e positivas entre as três características. **Conclusões:** as estimativas de herdabilidade sugerem que a seleção para crescimento ao desmame e pós-desmame é possível nesta população.

Palavras chave: correlações genéticas, efeito materno, crescimento, herdabilidade.

Introducción

El conocimiento de los parámetros genéticos es necesario para estimar los valores genéticos, combinar características en índices de selección, predecir la respuesta a la selección y permite la utilización de la variabilidad en la mejora genética. Con lo anterior, se obtiene información valiosa para la planificación, ejecución y evaluación de programas de mejoramiento genético con el fin de aumentar la productividad en los sistemas de producción (Silveira, 2004; Tonhati *et al.*, 2000).

El crecimiento es una de las características que debe ser mejorada, dada su importancia económica en los sistemas de producción de carne, ya que

se relaciona con características productivas y reproductivas (Blasco, 2004). Se espera que los animales que crecen más rápido, en términos de peso corporal, puedan iniciar el funcionamiento fisiológico de la reproducción y producción de leche más temprano. De acuerdo con los resultados obtenidos por Agudelo *et al.* (2009), es posible alterar la curva de crecimiento del ganado bufalino, ya que en las poblaciones evaluadas se observó variabilidad fenotípica y genética, encontrando heredabilidades de valor medio para características de crecimiento. Dichos autores reportaron una heredabilidad directa y materna para peso al destete de 0.19 y 0.12 , respectivamente y de 0.39 para el peso al año. Las heredabilidades para peso adulto, índice de precocidad, madurez al año de edad, edad

al 50% y 75% de madurez (coeficientes obtenidos por el modelo de Brody) fueron 0.10, 0.10, 0.15, 0.09 y 0.20, respectivamente.

Las evaluaciones genéticas permiten la identificación de los animales con mayor potencial genético para las características de interés. Estas evaluaciones son indispensables para el desarrollo de programas de mejoramiento genético, beneficiando a los productores de búfalos en Colombia. El objetivo de este estudio fue estimar los parámetros genéticos para peso al destete, a los 12, 18 y 24 meses de edad, en poblaciones bufalinas en el trópico bajo colombiano.

Materiales y métodos

Para el estudio se utilizaron los datos productivos y genealógicos colectados en siete haciendas localizadas en los municipios de Ayapel y Montelíbano (departamento de Córdoba), Barrancabermeja (departamento de Santander), Norcasia (departamento de Caldas), Montería (departamento de Córdoba) y Pelaya (departamento del Cesar). Estas ganaderías se encuentran en dos zonas de vida, bosque húmedo tropical (altura sobre el nivel del mar: 80 m; temperatura: de 28 °C; precipitación: 2.000 mm/año) y bosque seco tropical (altura sobre el nivel del mar: 90-190 m, temperatura 29 °C; precipitación: 1.800 mm/año).

Para obtener las estimativas de componentes de (co)varianzas y parámetros genéticos, se empleó la metodología de máxima verosimilitud restringida libre de derivada, por medio de modelo animal unicaracterístico (peso al destete) y multicaracterístico (peso a los 12, 18 y 24 meses). Se utilizó el programa Multi Trait Derivative Free Restricted Maximum Likelihood (MTDFREML), desarrollado por Boldman *et al.* (1995).

Para peso al destete (PD) se utilizaron registros de campo desde 1997 hasta 2009, con un total de 9.244 datos. Para peso a los 12 meses (P12) registros entre los años 1996 y 2009, con un total de 6.975 datos. Para peso a los 18 (P18) y 24 (P24) meses se analizaron registros desde 1987 hasta

2010, con 1.843 y 1.476 datos, respectivamente. La matriz de relaciones incluyó 27.749 individuos.

Para PD se incluyeron como efectos fijos sexo variando desde 1 (machos) hasta 2 (hembras), número de parto (desde 1 hasta 9) y grupo contemporáneo, el cual estuvo constituido por finca (desde 1 hasta 7), época de destete (1 = agosto-noviembre; 2 = diciembre-marzo y 3 = abril-julio) y año de destete variando desde 1997 hasta 2009. La edad del búfalo al destete fue utilizada como covariable, considerándose un rango de edad entre 210 y 300 días. Los efectos aleatorios fueron genético aditivo directo y materno, ambiente permanente materno y error. Para el análisis se consideró el valor de la co-varianza entre el efecto genético aditivo directo y materno diferente de cero. En términos matriciales el modelo animal utilizado fue el siguiente:

$$y = X\beta + Z_1 a + Z_2 m + Z_3 p + e; \text{ con Cov}(Z_1 a, Z_2 m) \neq 0$$

Donde: y = vector de observaciones para la característica PD; X = matriz de incidencia de los efectos fijos; β = vector de efectos fijos (sexo, número de parto y grupo contemporáneo); Z_1 = matriz de incidencia del efecto genético aditivo directo de cada animal; a = vector de efectos aleatorios genéticos aditivos directos; Z_2 = matriz de incidencia del efecto genético aditivo materno de cada animal; m = vector de efectos aleatorios genéticos aditivos maternos; Z_3 = matriz de incidencia del efecto de ambiente permanente de la madre; p = vector de efectos aleatorios de ambiente permanente de la madre; e = vector de efectos aleatorios residuales.

La heredabilidad total para PD fue estimada de acuerdo a la ecuación propuesta por Willham (1963):

$$h_t^2 = h_a^2 + 1/2 h_m^2 + 3/2 r_{am} \sqrt{h_a^2} \sqrt{h_m^2}$$

Donde h_t^2 = heredabilidad total; h_a^2 = heredabilidad directa; h_m^2 = heredabilidad materna y r_{am} = correlación directa-materna.

Para P12, P18 y P24, se incluyeron como efectos fijos el sexo y el grupo contemporáneo, el cual estuvo constituido por finca, época y año en el que se realizó cada pesaje y la edad se incluyó como covariable. Los rangos de edad considerados fueron entre 320 y 410 días, 495 y 585 días y entre 685 y 775 días, para P12, P18 y P24, respectivamente. Los efectos aleatorios fueron genético aditivo directo y error. En términos matriciales el modelo animal utilizado fue el siguiente:

$$y_i = X_i b_i + Z_i a_i + e_i$$

Donde: y_i = vector de observaciones para la i característica (P12, P18 y P24); X_i = matriz de incidencia relacionada a los efectos fijos b_i ; b_i = vector de efectos fijos para cada característica (sexo y grupo contemporáneo); Z_i = matriz de incidencia relacionada a los efectos aleatorios genéticos aditivos de cada animal para las características i ; a_i = vector de efectos aleatorios genéticos aditivos directos de los animales; e_i = vector de efectos residuales aleatorios de las características i .

Resultados

El número de registros, la media fenotípica, desviación estándar y coeficiente de variación, para cada una de las características analizadas se presentan en la tabla 1. El promedio para PD fue 182 ± 42.46 kg a una edad promedio de 270 ± 19 días, con una ganancia diaria de peso entre los 210 y 300 días de edad de 0.391 kg. El peso promedio a los 12, 18 y 24 meses fue de 201.8 ± 38.70 , 278 ± 50.89 kg y 363.4 ± 54.32 , con una edad promedio de 348 ± 23 días, 530 ± 25 días y 729 ± 27 días, respectivamente.

Tabla 1. Análisis descriptivo para las características peso al destete, peso a los 12, 18 y 24 meses de búfalos en el trópico bajo colombiano.

Peso	Nº de registros	Nº de padres	Nº de madres	Media (kg)	CV
Destete	9244	451	5167	182 ± 42.46	23.30
12 meses	6975	382	3956	201.8 ± 38.70	19.18
18 meses	1843	221	1459	278 ± 50.89	18.31
24 meses	1476	295	1310	363.4 ± 54.32	14.95

CV= coeficiente de variación

Las heredabilidades directa, materna y total para PD fueron 0.45 ± 0.054 , 0.28 ± 0.070 y 0.33 , respectivamente. La correlación genética entre los efectos directo y materno fue -0.48 ± 0.089 (Tabla 2). Las heredabilidades para peso a los 12, 18 y 24 meses fueron 0.42 , 0.42 y 0.41 , respectivamente (Tabla 2), con correlaciones altas y positivas entre las tres características (Tabla 3). Debido a que no fue posible estimar los errores estándar en el modelo multicaracterístico, estos fueron estimados en modelos unicaracterísticos, encontrándose unas heredabilidades de 0.43 ± 0.040 , 0.35 ± 0.101 y 0.30 ± 0.102 para P12, P28 y P24, respectivamente.

Tabla 2. Componentes de varianza estimados (kg²) y heredabilidades para características de crecimiento en búfalos en el trópico bajo colombiano.

Estimación	PD	P12	P18	P24
σ_a^2	330.66	368.56	562.82	618.03
σ_m^2	205.33	-	-	-
	-124.34	-	-	-
σ_{pe}^2	0.014	-	-	-
σ_f^2	734.98	875	1334.40	1520.49
σ_e^2	323.30	506.44	771.59	902.45
h_a^2	0.45 ± 0.054	0.42	0.42	0.41
h_m^2	0.28 ± 0.070	-	-	-
	0.33	0.42	0.42	0.41
$r_{a,m}$	-0.48 ± 0.089	-	-	-
c^2	0.0000187	-	-	-
e^2	0.44	0.58	0.58	0.59

σ_a^2 =varianza genética directa; σ_m^2 =varianza genética aditiva materna; σ_{am}^2 = covarianza entre genética aditiva directa y materna; σ_{pe}^2 =varianza de ambiente permanente; σ_e^2 =varianza residual; σ_f^2 = varianza fenotípica; h_a^2 =heredabilidad directa; h_m^2 =heredabilidad materna; h_t^2 = heredabilidad total; $r_{a,m}$ =correlación genética aditiva directa y materna; c^2 : contribución del ambiente permanente para la varianza fenotípica; e^2 : fracción del error residual; PD= peso al destete; P12= peso a los 12 meses de edad; P18= peso a los 18 meses de edad; P24= peso a los 24 meses de edad

Tabla 3. Correlaciones genéticas (debajo de la diagonal) y fenotípicas (encima de la diagonal) entre peso a los 12, 18 y 24 meses de búfalos en el trópico bajo colombiano.

Característica	P12	P18	P24
P12	-	0.81	0.56
P18	0.85	-	0.80
P24	0.54	0.91	-

Discusión

El PD para la población de búfalos bajo estudio, fue inferior al reportado en diferentes trabajos realizados en Brasil, Argentina y Colombia. Lourenço *et al.* (2010), reportó un peso promedio de 265 y 273 kg con una edad entre 213 y 303 días, para búfalos participantes de pruebas de ganancia

de peso realizadas por Embrapa en Brasil. En hatos bufaleros de Argentina (Zaba y Clevañer, 2001) y Venezuela (Rodas *et al.*, 2001), se reportaron PD de 201 ± 15 kg y de 235 ± 22 kg. En Colombia, Angulo *et al.* (2006) y Agudelo *et al.* (2009), reportaron para tres sistemas de producción de cría sin ordeño, en el Magdalena Medio un PD de 258 ± 33 kg y 241.16 kg, respectivamente.

El peso a los 12 meses de edad fue superior al reportado por Ramírez *et al.* (en prensa), en machos castrados en una zona de bosque húmedo tropical en Colombia (183.69 kg). Un mayor peso fue encontrado por Agudelo *et al.* (2009), para tres sistemas de producción de cría sin ordeño, con pastoreo de *Brachiarias* sp, localizados en el Magdalena Medio Colombiano (277.02 kg). Los pesos encontrados en los tres trabajos realizados en Colombia, fueron inferiores a los encontrados en Brasil, bajo condiciones de pastoreo donde reportaron pesos entre 301 y 351 kg (Malhado *et al.*, 2008; Jorge *et al.*, 2005a).

El peso a los 18 meses fue inferior al reportado en diferentes trabajos realizados en Argentina y Brasil. Crudeli *et al.* (2007) en búfalos mediterráneos en Argentina, encontraron un peso promedio de 335.9 kg; en Brasil, Jorge *et al.* (2005b) para búfalos de las razas Murrah, Jafarabadi y Mediterráneo un peso de 330 ± 13 kg y por Jorge *et al.* (2005a), en búfalos de la raza Murrah criados en pastoreo y manejados en un sistema doble propósito un peso de 326.13 ± 39.27 kg. Igualmente, Malhado *et al.* (2008) reportaron un peso de 317.17 kg para búfalos Murrah criados a pasto con alimentación suplementaria en la época de la sequía y pertenecientes al Programa de Mejora Genética de Bufalinos Promebul.

Según los resultados encontrados, se puede afirmar que los pesos a todas las edades evaluadas fueron inferiores a los reportados en otros trabajos. Los mayores pesos reportados pueden ser explicados por las condiciones de manejo, dieta suministrada (especie forrajera y suplemento) y las razas utilizadas en estos trabajos. Uno de los aspectos que más incide es el manejo del amamantamiento de las crías. En Colombia el búfalo es manejado bajo dos sistemas

de producción: cría sin ordeño, cuyo objetivo es producir búfalos con altos pesos al destete, alcanzando a una edad temprana el peso para el sacrificio y doble propósito, cuyo objetivo principal es la producción de leche, obteniéndose bucerros con bajos pesos al destete, alcanzando el peso al sacrificio a una edad más tardía. Las diferencias de peso entre los dos sistemas son altas. En este estudio, de las siete bufaleras tenidas en cuenta, cinco son de doble propósito, lo cual puede explicar en gran parte los resultados obtenidos. Los bajos pesos encontrados evidencian un problema en los sistemas de producción de Colombia. Los pesos pueden ser mejorados seleccionando los individuos genéticamente superiores para peso a diferentes edades y mejorando el manejo de los animales, tanto en la fase predestete (especialmente el ordeño), como posdestete. Así se puede obtener una mayor productividad en los sistemas ganaderos del país.

Los valores de heredabilidad directa y materna para PD encontrados en este estudio, fueron superiores a los reportados por Agudelo *et al.* (2009) en búfalos en el Magdalena Medio Colombiano (0.19 ± 0.10 y 0.12 ± 0.14) y por Thiruvankadan *et al.* (2009), para peso a los nueve meses en búfalos Murrah en la India (0.18 ± 0.08 y 0.05 ± 0.01). Mendes *et al.* (2007) en búfalos en Brasil, estimaron una heredabilidad directa igual (0.45 ± 0.06) y una heredabilidad materna más baja (0.09 ± 0.04).

La heredabilidad directa para PD fue mayor que la heredabilidad materna, sugiriendo que el efecto genético directo es más importante para determinar el PD comparado con el efecto genético materno (Rosales *et al.*, 2004). Esto significa que la capacidad propia de los bucerros para crecer tuvo mayor influencia sobre sus pesos al destete que la habilidad materna de sus madres. Teniendo en cuenta que la habilidad materna se debe principalmente a la producción de leche, estos resultados sugieren, en el caso de los sistemas de cría sin ordeño, que la cantidad de leche que las búfalas proveen a sus crías fue insuficiente para satisfacer los requerimientos para crecimiento. Para los sistemas doble propósito, se podría afirmar que con el sistema de ordeño aplicado, no se está

suministrando suficiente leche a las crías, afectando el crecimiento de estas. La baja producción de leche en las búfalas de esta población puede ser debida a una baja capacidad genética o a las condiciones ambientales a que son sometidas las hembras, especialmente la dieta suministrada que probablemente no es la adecuada para expresar su potencial genético en términos de producción de leche.

Aunque la heredabilidad directa para PD fue mayor, no se puede desconocer la importancia que tiene el efecto genético materno en las poblaciones bufalinas bajo condiciones del trópico bajo colombiano. Angulo *et al.* (2006) en tres hatos bufalinos localizados en la región del Magdalena Medio Colombiano estimaron una heredabilidad directa para PD de 0.1 y una heredabilidad materna de 0.26, lo cual sugiere que el PD depende más del efecto materno que del efecto genético directo. Esta dependencia de la habilidad materna puede ser explicada por el sistema de producción, ya que el crecimiento de la cría depende de la producción de leche y duración de la lactancia de la madre, ya que en los tres hatos evaluados por Angulo *et al.* (2006) la cría se manejó a toda leche (sin ordeño) (Ferraz *et al.*, 2004; Plasse *et al.*, 2002).

La correlación genética negativa entre los efectos genético aditivo directo y materno, sugiere la existencia de un antagonismo genético entre estos, lo cual ha sido reportado por diferentes autores (Mercadante *et al.*, 1997; Quintero *et al.*, 2007). Sin embargo, la correlación fue media siendo posible seleccionar machos y hembras con valores genéticos positivos para los efectos directo y materno, en esta población. Hacer selección teniendo en cuenta el efecto genético directo podría empeorar la habilidad materna, lo que dificulta llevar a cabo la selección para esta característica (Ferraz *et al.*, 2002), siendo importante tener en cuenta ambos efectos para obtener un mayor progreso genético basado en la selección (Bittencourt *et al.*, 2002; Cabrera *et al.*, 2001; Pimenta *et al.*, 2001). Una correlación diferente fue reportada por Agudelo *et al.* (2009) en hatos bufalinos localizados en la región del Magdalena Medio Colombiano (0.37 ± 0.94), pero su alto error estándar indica un problema de la estimación.

La heredabilidad total encontrada fue igual a la reportada por Bath (1979), en búfalos bajo condiciones de pastura en la India (0.33), mientras que Schammas *et al.* (1996) encontró una heredabilidad total inferior (0.23) en búfalos de la raza Mediterránea en Brasil.

La heredabilidad total estimada para PD fue inferior a la reportada en pesos posteriores, lo que puede ser explicado por el efecto materno. Aunque la heredabilidad total fue más alta (0.45), la heredabilidad materna estimada (0.28) junto con la correlación negativa entre el efecto genético directo y materno (-0.48), explica los resultados, además de un mayor efecto del ambiente en esta etapa de desarrollo. Esto coincide con lo reportado por Thiruvankadan *et al.* (2009), quienes estimaron la heredabilidad para peso al nacimiento y a los tres, seis, nueve y doce meses en búfalos Murrah en la India. Ellos encontraron un aumento de la heredabilidad en etapas de desarrollo más tardías, indicando que el ambiente tuvo más efecto en etapas de desarrollo iniciales.

Las heredabilidades similares para peso a los 12, 18 y 24 meses, indican que los factores ambientales tienen la misma influencia sobre pesos posteriores al destete y sugieren que las condiciones ambientales a las que son sometidos los animales en la fase posdestete, permiten una expresión moderada del potencial genético para crecimiento y que la selección por estas características puede ser efectiva en esta población. Agudelo *et al.* (2009), reportaron una heredabilidad similar a los 12 meses (0.39), mientras que Thiruvankadan *et al.* (2009), estimaron una menor heredabilidad (0.20 ± 0.06) en búfalos Murrah en la India. Heredabilidades superiores fueron reportadas por Mendes *et al.* (2007) en búfalos pertenecientes al programa de mejoramiento genético PROMEBUL en Brasil, quienes estimaron heredabilidades de 0.46 ± 0.04 y 0.58 ± 0.10 para peso a los 365 y 550 días, respectivamente.

Las altas heredabilidades estimadas para los pesos a diferentes edades, sugieren que una alta proporción de la variación observada en estas características es debida a efectos genéticos aditivos y maternos, en el caso del peso al destete. Esto también indica una alta correlación entre el

genotipo y el fenotipo individual de los búfalos, por lo tanto la selección de los mejores animales a partir de pruebas de desempeño, sumada a pruebas de progenie, es una buena alternativa para mejorar estas características. Los parámetros genéticos estimados indican que el peso a los 12 meses puede ser utilizado como una herramienta de selección para el mejoramiento genético de las características de crecimiento posdestete teniendo en cuenta su alta heredabilidad y correlaciones genéticas positivas con características de crecimiento posteriores.

Los parámetros genéticos encontrados en este trabajo para PD sugieren que la selección por esta característica es factible en esta población, siendo importante tener en cuenta, tanto el efecto genético directo, como el materno, para obtener un mayor progreso genético. Así mismo, la alta heredabilidad estimada para peso a los 12 meses de edad y las correlaciones altas y positivas con el peso a edades posteriores, sugieren la utilización de esta característica como criterio de selección para el mejoramiento genético de características de crecimiento posdestete, obteniendo así búfalos más eficientes bajos las condiciones de producción en el trópico bajo colombiano.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) por la financiación del proyecto “Evaluaciones genéticas para búfalos colombianos tipo carne” (código 2008H74473219), el cual hace parte del programa “Mejoramiento genético en búfalos colombianos tipo carne”. Igualmente agradecen a la Fundación Universitaria San Martín por su apoyo a la formación de estudiantes de posgrado y a las empresas ganaderas, por facilitar la base de datos para la realización de este trabajo.

Referencias

- Agudelo GD, Hurtado LA, Cerón-Muñoz MF. Growth Curves and Genetic Parameters in Colombian Buffaloes (*Bubalis bubalis* Artiodactyla, Bovidae). *Rev Colomb Cienc Pecu* 2009; 22:178-188.
- Angulo R, Agudelo-Gómez D, Cerón-Muñoz MF, Jaramillo-Botero S. Genetic parameters in buffalo calves fed at full milk in beef production system in middle Magdalena region of Colombia. *Liv Res Rur Dev* 2006; 18: article 180.
- Bhat PN. Genetics parameters of milk production and scope of increasing milk production in buffaloes vis-a-vis cattle. *Animal Production and Health* 1979; 13:129-142.
- Bittencourt TCC, Rocha JCMC, Lôbo RB, Bezerra LF. Estimación de componentes de (co)variâncias e predição de DEP's para características de crescimento pós-desmama de bovinos de raça nelore, usando diferentes modelos estatísticos. *Arq Bras Med Vet Zootec* 2002; 54:303-308.
- Blasco A. (sin título). In: Proc. XIV international Course on animal genetic improvement. Universidad Politécnica de Valencia, Spain; 2004.
- Boldman KG, Kriese LA, Van Vleck LD, Van Tassel CP, Kachman SDA. Manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances (DRAFT). U.S. Department of Agriculture, Agriculture Research Service, Lincoln, NE; 1995.
- Cabrera ME, Gamero A del V, Lôbo RB, Gunski RJ. Efecto de la incorporación de la covarianza genética directa-materna en el análisis de características de crecimiento en la raza nelore. *Liv Res Rur Dev* 2001; 13: article 22.
- Crudeli G, Pochon D, Olazarri M, Monzón N, Chaparro L, Flores S, Patiño E, Cedrés J. Morphometric evaluation of male Mediterranean buffaloes in Northern Corrientes, Argentina. *Ital J Anim Sci* 2007; 6 Suppl 2:1281-1283.
- Ferraz PB, Ramos AA, Campos LO, Souza JC, Mello M, Mendes CH. Tendência genética dos efeitos direto e materno sobre os pesos a desmama e pos-desmama de bovinos da raça Tabapua no Brasil. *R Bras Zootec* 2002; 31:635-640.
- Ferraz PB, Ramos AA, Silva LO, Sousa JC, Alencar MM. Alternative animal models to estimate heritabilities and genetic correlations between direct and maternal effects of pre and post-weaning weights of Tabapua cattle. *Arch Latinoam Prod Anim* 2004; 12:119-125.
- Jorge AM, Andrighetto C, Castro VS. Desenvolvimento ponderal de bubalinos da raça Murrah criados empastagem de *Brachiaria brizantha* no Centro-Oeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Cienc Rural* 2005a; 35:417-421.
- Jorge AM, Andrighetto C, Millen, DD, Calixto, MG, Vargas, ADF. Características Quantitativas da Carcaça de Bubalinos de Três Grupos Genéticos Terminados em Confinamento e Abatidos em Diferentes Estádios de Maturidade *R Bras Zootec* 2005b; 34 Suppl 6:2376-2381.
- Lourenço JJ, da Costa NM, Araújo CV, Dutra S, Rossetto GA, Nahúm BdeS, Silveira de MJC, Brandão LdeM. Sistema silvopastoril na produção sustentável de búfalos para carne na pequena propriedade da amazônia oriental. *Bioclimatologia Animal, Quinta-Feira*. 2010; [Fecha de acceso: 5 de Enero de 2011] URL: <http://www.bioclimatologia.ufc.br/lorenco.pdf>.
- Malhado MC, Ramos AA, Carneiro SP, Azevedo RM, Filho MR, Souza JC. Melhoramento e estrutura populacional em bubalinos da raça Mediterrâneo no Brasil. *Pesqui Agropecu Bras* 2008; 43:215-220.

- Mendes Malhado CH, Ramos AA, Souza Carneiro PL, de Souza JC, Lamberson WR. Genetic and phenotypic trends for growth traits of buffaloes in Brazil. *Ital J Anim Sci* 2007; 6 Suppl 2:325-327.
- Mercadante MEZ, Lôbo RB. Estimativas de (Co) variâncias e parâmetros genéticos dos efeitos direto e materno de características de crescimento de fêmeas de um rebanho nelore. *R Bras Zootec* 1997; 26:1124-1133.
- Pimenta ECF, Martins GA, Sarmento JLR, Ribeiro MN, Filho RM. Estimativas de herdabilidade de efeitos direto e materno de características de crescimento de bovinos guzerá, no estado da paraíba. *R Bras Zootec* 2001; 30:1220-1223.
- Plasse D, Verde O, Arango J, Camaripano L, Fossi H, Romero R, Rodriguez C, Rumbos J. (Co) variance components, genetic parameters and annual trends for calf weights in Brahman herd kept on floodable savanna. *Genet Mol Res* 2002; 1:282-297.
- Quintero JC, Triana JG, Quijano JH, Arboleda E. Influencia de la inclusión del efecto materno en la estimación de parámetros genéticos del peso al destete en un hato de ganado de carne. *Rev Colomb Cienc Pecu* 2007; 20:117-123.
- Ramírez EJ, Mesa JA, Agudelo DA, Bolívar DM, Cerón-Muñoz MF. Using mixed models to describe growth in buffaloes. *Liv Res Rur Dev*. En prensa.
- Rodas A, Huerta N, Vidal A, Rodríguez R, Colina O. Rendimiento carnívoros de búfalos vs. Vacunos acebuados producidos a sabanas y sacrificados serialmente a cuatro edades contemporáneas. 2001. In Proc. I SAW World Buffalo Congress, Maracaibo, Venezuela. 65 p.
- Rosales J, Elzo MA, Montano M, Vega V, Reyes A. Parámetros genéticos para pesos al nacimiento y destete en ganado Simmental - Brahman en el subtrópico mexicano. *Téc Pecu Méx* 2004; 42:333-346.
- Schammass EA, Kawatoko M, Barbosa C, Camargo DFV, Mattos JCA, Macedo MP. Desenvolvimento ponderal de bubalinos da raça Mediterrâneo. Reunión anual da sociedade brasileira de zootecnia. Fortaleza. Anais. Sociedade Brasileira de Zootecnia 1996; 33:218-220.
- Silveira JC, McManus C, dos Santos AM, da Silva LOC, da Silveira AC, Soares JAG, Louvandini H. Fatores ambientais e parâmetros genéticos para características produtivas e reprodutivas em um rebanho Nelore no estado do Mato Grosso do Sul. *R Bras Zootec* 2004; 33:1432-1444.
- Thiruvenkadan AK, Panneerselvam S, Rajendran R. Non-genetic and genetic factors influencing growth performance in Murrah Buffalos. *S Afri J Anim Sci* 2009; 39 Suppl 1:102-106 p.
- Tonhati H, Vasconcellos FB, Albuquerque LG. Genetic aspects of productive and reproductive traits in a Murrah buffalo herd in Sao Paulo, Brazil. *J Anim Breed Genet* 2000; 117:331-336.
- Willham RL. The covariance between relatives for characters composed of components contributed by related individuals. *Biometrics* 1963; 19:18-27.
- Zaba M, Clevañer F. Breeding of buffaloes in Argentina. In: Proc. Proceeding 6th World Buffalo Congress, Maracaibo, Venezuela. 2001. 705 p.