

## Parámetros Genéticos para Características Reproductivas en una Población de Búfalos (*Bubalus bubalis* Artiodactyla, Bovidae) en el Magdalena Medio Colombiano

Genetic Parameters for Reproductive Traits in a Population of Buffaloes (*Bubalus bubalis* Artiodactyla, Bovidae) in the Middle Magdalena Region of Colombia

Diana María Bolívar Vergara<sup>1</sup>; Edison Julián Ramírez Toro<sup>2</sup>; Divier Antonio Agudelo Gómez<sup>3</sup>; Roberto Arturo Angulo Arroyave<sup>4</sup> y Mario Fernando Cerón Muñoz<sup>5</sup>

**Resumen.** La investigación se hizo para estimar los componentes de (co)varianza y parámetros genéticos para edad al primer parto (EPP) e intervalo entre partos (IEP) en una población bufalina en el Magdalena Medio Colombiano. Las características evaluadas fueron EPP, IEP entre primer y segundo parto ( $IEP_{1-2}$ ), IEP entre segundo y tercer parto ( $IEP_{2-3}$ ), e IEP entre tercer y cuarto parto ( $IEP_{3-4}$ ) en un modelo animal multicaracterístico. El IEP con todos los partos ( $IEP_{total}$ ) fue analizado en un modelo animal unicaracterístico. Las estimativas de los componentes de varianza fueron obtenidos por el método de máxima verosimilitud restringida libre de derivadas. Las heredabilidades encontradas fueron 0,42; 0,11; 0,07; 0,31 y  $0,05 \pm 0,061$  para EPP,  $IEP_{1-2}$ ,  $IEP_{2-3}$ ,  $IEP_{3-4}$  y  $IEP_{total}$ , respectivamente. La heredabilidad encontrada para EPP, sugiere que la selección por esta característica es factible en esta población. La heredabilidad para  $IEP_{total}$  indica que esta característica está muy influenciada por factores ambientales y genéticos no aditivos. Las correlaciones genéticas entre los diferentes IEP fueron altas y positivas. Las correlaciones genéticas entre EPP y los IEP variaron ampliamente.

**Palabras clave:** Heredabilidad, componentes de (co)varianza, correlaciones genéticas.

**Abstract.** The research was carried out to estimate (co)variance components and genetic parameters for age at first calving (AFC) and calving interval (CI) in a population of buffaloes located in Middle Magdalena region of Colombia. The traits evaluated were AFC, CI between first and second calving ( $CI_{1-2}$ ), CI between second and third calving ( $CI_{2-3}$ ) and CI between third and fourth calving ( $CI_{3-4}$ ), using animal model multitrait. A single-trait animal model was used for IEP considering all calving ( $CI_{total}$ ). Estimative of (co)variance components were obtained by the method of derivative free restricted maximum likelihood. Estimates of heritability were 0.42, 0.11, 0.07, 0.31, and  $0.05 \pm 0.061$  for AFC,  $CI_{1-2}$ ,  $CI_{2-3}$ ,  $CI_{3-4}$ , and  $CI_{total}$ , respectively. The heritability found for AFC, suggest that selection for these traits is feasible in this population. The heritability for  $CI_{total}$  indicates that this trait is strongly influenced by environmental and non-additives genetic factors. Genetic correlations among different IEP were high and positive. Genetic correlations between AFC and the IEP varied widely.

**Key words:** Heritability, (co)variance components, genetic correlations.

El búfalo (*Bubalus bubalis* Artiodactyla, Bovidae) se ha convertido en una alternativa para la producción de carne y leche en el trópico bajo colombiano, debido a su excelente adaptación a las condiciones climáticas y a la capacidad que tiene la especie de aprovechar con mayor eficiencia las pasturas de baja calidad (Angulo *et al.*, 2002; Rodas *et al.*, 2001). Además, en Colombia existen grandes extensiones de tierras inundables en las que el ganado vacuno no produce eficientemente, mientras que el búfalo de agua presenta una excelente adaptación a estas

condiciones (Oliveira, Velloso y Schalech, 1991; Gutiérrez, 2001). Sin embargo, el poco conocimiento de los parámetros productivos y genéticos ha limitado implementar programas de mejora genética que permitan aumentar su productividad (Agudelo, Cerón y Hurtado 2007).

Se ha considerado que las características reproductivas son de baja heredabilidad (Valle y Moura, 1986; Tonhati, Vasconcellos y Albuquerque, 2000; Cassiano *et al.*, 2004), indicando que la forma de mejorarlas

<sup>1</sup> Profesora Asistente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779. Medellín, Colombia. <dmboliva@unal.edu.co>

<sup>2</sup> Estudiante de Doctorado en Ciencias Animales. Universidad de Antioquia – Fundación Universitaria San Martín (FUSAM). Calle 75 Sur No. 34-50, Sabaneta, Colombia. <edjurato@agronica.udea.edu.co>

<sup>3</sup> Profesor. Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias. Carrera 51 No. 118Sur - 57 Caldas, Colombia. <diagudelo@lasallista.edu.co>

<sup>4</sup> Zootecnista. Asesor Técnico. Empresas Bufaleras del Magdalena Medio. <rangulo@agronica.udea.edu.co>

<sup>5</sup> Profesor Asociado. Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Agrarias. A.A. 1226, Medellín, Colombia. <mceronm@agronica.udea.edu.co>

Recibido: Junio 12 de 2009; Aceptado: Febrero 7 de 2011

es ofreciendo mejores condiciones ambientales (nutricionales, sanitarias y de manejo). Sin embargo, se han reportado heredabilidades entre 0,04 y 0,34 para el intervalo entre partos y entre 0,16 y 0,62 para peso al primer parto (Carrero, 2000; Penchev, 1998), sugiriendo que estas características, para algunas poblaciones, pueden responder a programas de selección. La importancia de las características reproductivas en programas de mejoramiento genético, está relacionada principalmente con la ganancia genética entre generaciones. Menores edades al primer parto permiten la reducción del intervalo generacional, mientras que menores períodos de servicio y menores intervalos entre partos, permiten mayor disponibilidad de hembras de alto potencial genético que pueden reemplazar las que son descartadas (Cassiano *et al.*, 2004).

Según Da Silveira *et al.* (2001), el conocimiento de los parámetros genéticos se necesita para la estimación de valores de cría, la combinación de características en índices de selección, para la optimización del esquema de selección, así como para la predicción de la ganancia genética. El conocimiento de estos parámetros para cada una de las características de importancia económica es necesario, ya que son esenciales para la planificación, ejecución y evaluación de programas de mejoramiento genético (Tonhati, Vasconcellos y Albuquerque, 2000). A pesar de su relevancia, pocos son los estudios sobre los parámetros genéticos y ambientales que afectan la eficiencia reproductiva de los búfalos.

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de este trabajo fue estimar los componentes de (co)varianza y parámetros genéticos para edad al primer parto e intervalo entre partos, en una población bufalina en el Magdalena Medio Colombiano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo se utilizaron los registros productivos de la Empresa Ceilán, conformada por tres fincas (Ceilán, El Cortijo y Riomanzo), localizadas en el Magdalena Medio Colombiano, en una zona de vida clasificada como bosque seco tropical (190 msnm, temperatura 28,4 °C; precipitación 1900 mm/año), según Holdrige (1996). Esta zona se caracteriza por presentar dos épocas secas, la primera en los meses de enero, febrero y marzo y la segunda durante los meses de julio, agosto y septiembre. La época lluviosa está comprendida entre los meses de abril y junio y entre octubre y diciembre. En las tres explotaciones se cuenta con animales mestizos de las líneas Murrah

y Mediterráneo, las crías son manejadas bajo un sistema de alimentación a toda leche, en pasturas mejoradas de las especies *Brachiaria* sp.

Las características reproductivas evaluadas fueron edad al primer parto (EPP), intervalo entre parto (IEP) entre primer y segundo parto ( $IEP_{1-2}$ ), IEP entre segundo y tercer parto ( $IEP_{2-3}$ ), e IEP entre tercer y cuarto parto ( $IEP_{3-4}$ ) en un modelo animal multicaracterístico. También se analizó el IEP teniendo en cuenta todos los partos ( $IEP_{total}$ ) en un modelo animal unicaracterístico. Las estimativas de componentes de varianzas y heredabilidades fueron obtenidas por modelo animal a través del programa Multi Trait Derivative Free Restricted Maximum Likelihood (MTDFREML), desarrollado por Boldman *et al.* (1995).

Para EPP se utilizaron registros entre los años 1998 y 2005, con 1265 individuos en el pedigree y 692 registros de EPP. Para esta característica se incluyeron como efectos fijos finca, año y mes de nacimiento. Los efectos aleatorios fueron el genético aditivo directo y el residuo.

Para los IEP, se tuvieron en cuenta 1265 individuos en el pedigree. El número de registros fueron 631, 435 y 216 entre los años 2001-2005, 2002-2006 y 2003-2005, para  $IEP_{1-2}$ ,  $IEP_{2-3}$  e  $IEP_{3-4}$ , respectivamente. Para estas características se incluyeron como efectos fijos finca, sexo de la cría, año y mes de parto. Los efectos aleatorios incluidos fueron el genético aditivo directo y el residuo. En términos matriciales el modelo animal utilizado fue el siguiente:

$$y_i = X_i b_i + Z_i \alpha_i + e_i$$

Donde:  $y_i$  = vector de observaciones para cada  $i$  característica (EPP,  $IEP_{1-2}$ ,  $IEP_{2-3}$ ,  $IEP_{3-4}$ );  $X_i$  = matriz de incidencia relacionada a los efectos fijos  $b_i$ ;  $b_i$  = vector de efectos fijos para cada característica, EPP (finca, año y mes de nacimiento),  $IEP_{1-2}$ ,  $IEP_{2-3}$ ,  $IEP_{3-4}$  (finca, sexo de la cría, año y mes de parto);  $Z_i$  = matriz de incidencia relacionada a los efectos aleatorios genéticos aditivos  $\alpha$  de cada animal para las características  $i$  (EPP,  $IEP_{1-2}$ ,  $IEP_{2-3}$ ,  $IEP_{3-4}$ );  $\alpha_i$  = vector de efectos aleatorios genéticos aditivos directos de los animales;  $e_i$  = vector de efectos residuales aleatorios de las características  $i$ .

Para estimar las correlaciones fenotípicas entre las diferentes características, se utilizó la siguiente ecuación (Falconer y Mackay, 2001):

$$rp_{1,2} = (rg_{1,2} \times \sqrt{h_1^2} \times \sqrt{h_2^2}) + (ra_{1,2} \times \sqrt{1-h_1^2} \times \sqrt{1-h_2^2})$$

Donde:  $rp_{1,2}$  = Correlación fenotípica entre las características 1 y 2;  $rg_{1,2}$  = Correlación genética entre las características 1 y 2;  $ra_{1,2}$  = Correlación ambiental entre las características 1 y 2;  $h_1^2$  = heredabilidad de la característica 1;  $h_2^2$  = heredabilidad de la característica 2.

Para  $IEP_{total}$  se utilizaron registros entre los años 2002 y 2007, con 1265 individuos en el pedigree y 1361 registros de IEP. El modelo incluyó como efectos fijos: finca, sexo de la cría, número de parto (1-5 partos), año y mes de parto. Los efectos aleatorios fueron: genético aditivo directo, efecto de ambiente permanente de la búfala y error. En términos matriciales el modelo animal utilizado fue el siguiente:

$$Y = Xb + Z_1a + Z_2p + e$$

Donde:  $y$  = vector de observaciones para la característica  $IEP_{total}$ ;  $X$  = matriz de incidencia de los efectos fijos;  $b$  = vector de efectos fijos para la característica  $IEP_{total}$  (finca, sexo de la cría, número de parto, año y mes de parto);  $Z_1$  = matriz de incidencia del efecto genético aditivo directo de cada animal;  $a$  = vector de efectos genéticos aditivos directos aleatorios;  $Z_2$  = matriz de incidencia del efecto de ambiente permanente de la búfala;  $p$  = vector de efectos aleatorios de ambiente

permanente de la búfala;  $e$  = vector de efectos residuales aleatorios.

La repetibilidad para  $IEP_{total}$  fue estimada como

$$r = \frac{(\sigma_a^2 + \sigma_p^2)}{(\sigma_a^2 + \sigma_p^2 + \sigma_e^2)}$$

donde  $\sigma_a^2$ ,  $\sigma_p^2$ , y  $\sigma_e^2$  corresponden

a las varianzas genética aditiva, de ambiente permanente y residual, respectivamente (Falconer y Mackay, 2001).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presenta el número de registros, la media fenotípica, desviación estándar y coeficientes de variación, para cada una de las características analizadas en esta población de búfalos. En promedio las búfalas presentaron el primer parto a una edad temprana ( $1140 \pm 283,5$  días), siendo de gran importancia ya que cuanto más precoz sea el animal, más podrá producir durante su vida reproductiva (Román, Muñoz y Molina, 1995). La edad y peso al primer parto varían conforme al manejo adoptado, siendo el manejo nutricional uno de los más importantes (Martínez, Martínez y Manrique, 2009). En las tres explotaciones evaluadas las crías son manejadas bajo un sistema de alimentación a toda leche y en pasturas mejoradas, lo que puede explicar la EPP encontrada; sin embargo, se observó una alta heterogeneidad (CV: 25%), con valores entre 700 y 1992 días.

**Tabla 1.** Análisis descriptivo para las características reproductivas edad al primer parto e intervalo entre partos, en una población de búfalos en el Magdalena Medio Colombiano.

Característica	Registros (No.)	Media (días)	CV
EPP	692	1140 ± 283,5	25,0
$IEP_{total}$	1361	462,7 ± 104,3	22,5
$IEP_{1-2}$	631	504,8 ± 121,1	24,0
$IEP_{2-3}$	435	435,3 ± 78,65	18,1
$IEP_{3-4}$	216	398,0 ± 57,65	14,5

EPP= Edad al primer parto,  $IEP_{1-2}$ =Intervalo entre partos entre el primero y segundo parto,  $IEP_{2-3}$ = Intervalo entre partos entre el segundo y tercer parto,  $IEP_{3-4}$ = Intervalo entre partos entre el tercer y cuarto parto;  $IEP_{total}$ =Intervalo entre partos considerando todos los partos, CV=Coeficiente de variación.

La edad al primer parto de la población bajo estudio, se encontró dentro del rango mencionado por diferentes autores en Brasil. Tonhati, Vasconcellos y Albuquerque (2000) y Sampaio *et al.* (2001) reportaron  $1170 \pm 195$  y  $1133 \pm 167$  días en búfalas

Murrah, respectivamente, mientras que Rodrigues *et al.* (2008), encontraron una EPP de  $1291 \pm 235$  días, en búfalos mestizos. Cassiano *et al.* (2003), establecieron una media de  $1088 \pm 76$  días en las razas Carabao, Jafarabadi, Murrah e Mediterráneo.

Se encontró un IEP<sub>total</sub> de 463 ± 104 días, el cual se aleja del valor ideal de 365 días. Sin embargo, al analizar IEP<sub>1-2</sub>, IEP<sub>2-3</sub>, e IEP<sub>3-4</sub>, se puede observar como disminuye el IEP y la heterogeneidad de los valores (menor CV), a medida que incrementa el número de parto. El mayor IEP entre el primer y segundo parto, se debe que los animales aún se encuentran en estado de crecimiento, siendo mayores los requerimientos nutricionales, por lo tanto más vulnerables al estrés nutricional (Pino, Guerra y González, 2009).

El intervalo entre partos encontrado es similar a los registrados en Brasil; 431 ± 100 días en la raza Murrah (Sampaio *et al.*, 2001); 451 ± 139 días en búfalos mestizos (Rodrigues *et al.*, 2008) y 380 ± 31 días en las razas Carabao, Jafarabadi, Murrah y Mediterraneo (Cassiano *et al.*, 2003). El primer intervalo entre partos es similar al referido por Cassiano *et al.* (2003) (501 ± 219 días).

Los componentes de varianza y los parámetros genéticos para EPP e intervalo entre partos (total y por parto), se presentan en la Tabla 2. Para EPP la heredabilidad estimada fue de 0,42, indicando la existencia de variabilidad genética aditiva, por lo tanto cambios genéticos para esta característica es posible seleccionando los animales con menores edades al

primer parto. Estos resultados sugieren que la selección de los individuos más precoces puede ser efectiva y contribuir a decrecer el intervalo generacional y, por consiguiente, la ganancia genética entre generaciones será mayor. No obstante debe complementarse con el mejoramiento de las condiciones ambientales para obtener mejores resultados.

La heredabilidad estimada para esta característica está dentro del rango reportado por diferentes autores. Cassiano *et al.* (2004) en la Amazonia Brasileira, encontraron heredabilidades de 0,12, 0,38, 0,12 y 0,24 para las razas Carabao, Jafarabadi, Mediterraneo y Murrah, respectivamente. Tonhati, Vasconcellos y Albuquerque (2000), midieron una heredabilidad de 0,2 en un hato Murrah y Marques (1991) de 0,25. Penchev (1998), evidenció una heredabilidad superior para la raza Murrah en Bulgaria (0,62). En búfalos de las razas Murrah, Nili-Ravi, Egípcia, Pandharpuri, Surti y Bhadawar, Taneja (1999), determinó heredabilidades entre 0,26 y 0,37. Debido a los diferentes métodos, poblaciones, estaciones y regiones, los valores de heredabilidad varían considerablemente. Sin embargo, al considerar los valores medios, se puede afirmar que existe una variación genética entre individuos aceptable para poder aplicar métodos de selección (Tonhati, Vasconcellos y Albuquerque, 2000).

**Tabla 2.** Componentes de varianza y parámetros genéticos para intervalo entre partos total y estratificado por número de parto en búfalas en el Magdalena Medio Colombiano

Variable	Componentes de varianza				Parámetros genéticos		
	$\sigma^2_a$	$\sigma^2_{pe}$	$\sigma^2_e$	$\sigma^2_f$	$h^2_a$	$c^2$	$e^2$
EPP	14566	—	20123	34689	0,42	—	0,58
IEP <sub>1-2</sub>	1508	—	12324	13831	0,11	—	0,89
IEP <sub>2-3</sub>	406	—	5068	5475	0,07	—	0,93
IEP <sub>3-4</sub>	748	—	1686	2434	0,31	—	0,69
IEP <sub>total</sub>	384,7	391,3	6543,2	7319,2	0,05 ± 0,061	0,053 ± 0,071	0,89 ± 0,042

$\sigma^2_a$  = varianza genética directa;  $\sigma^2_{pe}$  = varianza de ambiente permanente;  $\sigma^2_e$  = varianza residual;  $\sigma^2_f$  = varianza fenotípica;  $h^2_a$  = heredabilidad directa;  $c^2$ : contribución del ambiente permanente para la varianza fenotípica;  $e^2$ : fracción del error residual; EPP = Edad al primer parto, IEP<sub>1-2</sub> = Intervalo entre partos entre el primero y segundo parto, IEP<sub>2-3</sub> = Intervalo entre partos entre el segundo y tercer parto, IEP<sub>3-4</sub> = Intervalo entre partos entre el tercer y cuarto parto; IEP<sub>total</sub> = Intervalo entre partos considerando todos los partos.

Las heredabilidades estimadas para IEP<sub>1-2</sub> e IEP<sub>2-3</sub> fueron bajas (0,11 y 0,07, respectivamente), mientras que IEP<sub>3-4</sub> presentó un valor medio (0,31). Estos resultados indican que las búfalas jóvenes son más afectadas por factores ambientales, siendo el

nutricional uno de los más importantes. Posiblemente estas búfalas aún están en crecimiento, por lo tanto sus requerimientos pueden ser mayores. Por otro lado, es importante tener en cuenta que las búfalas presentan una marcada estacionalidad en los partos,

aspecto que puede estar incidiendo en los parámetros encontrados.

Los resultados de este trabajo coinciden con los de Cassiano *et al.*, 2004, quienes estimaron una heredabilidad para IEP<sub>1-2</sub> muy semejantes para las diferentes razas estudiadas (0,04, 0,05, 0,04 y 0,04 para las razas Carabao, Jafarabadi, Mediterráneo y Murrah, respectivamente), características extremadamente influenciadas por el ambiente.

La heredabilidad encontrada para IEP<sub>total</sub> fue baja (0,05), siendo similar a la reportada por Amorim *et al.*, 2006 (0,02) en búfalos de la raza Murrah en Brasil; por Aziz *et al.*, 2001 (0,07) en búfalos egipcios y por Cassiano *et al.*, 2004 (0,00) para las razas Carabao, Jafarabadi y Mediterráneo. Valores superiores de heredabilidad han sido registrados por Tonhati, Vasconcellos y Albuquerque, 2000 (0,10) para un hato Murrah en Brasil; por Marques, 1991 (0,1) en búfalos brasileños; por Penchev, 1998 (0,16) en una población de búfalos Murrah en Bulgaria; por Mahdy, El-Chafie y Ayyat, 1999 (0,17) en búfalos egipcios y por Cassiano *et al.*, 2004 (0,26) en búfalos de la raza Murrah en Brasil.

La baja heredabilidad estimada para IEP está de acuerdo con la mayoría de los valores presentados en trabajos publicados en países de clima tropical y templado (Italia, Brasil, Egipto e India). Esta característica es muy influenciada por factores ambientales y genéticos no aditivos. Entre las justificaciones para esos bajos valores, los autores citan el efecto de la selección natural (Cassiano *et al.*, 2004).

Otro aspecto importante a tener en cuenta, es que las estimativas de heredabilidad del IEP son obtenidas con datos de campo, los cuales están sujetos a

interferencia por el criador; por ejemplo, las medidas de intervalo entre partos, generalmente, no incluyen búfalas descartadas por baja producción o por problemas reproductivos, factor que proporciona una disminución de la varianza genética aditiva (Amorim *et al.*, 2006).

La heredabilidad estimada para IEP<sub>total</sub> (0,05), indica que la variación genética entre individuos es prácticamente nula, ya que apenas el 5% de los factores que influyen esta característica son de orden genético. Las diferencias individuales con respecto a esta característica podrían reducirse mediante prácticas de manejo. Mahdy, El-Chafie y Ayyat (1999), también verificaron que la mejora en el manejo es la solución económicamente viable para obtener mejores intervalos entre partos en esta especie.

El efecto de ambiente permanente ( $c^2$ ) encontrado (0,053), está dentro del rango reportado por Cassiano *et al.*, 2004 (0,02, 0,458, 0,02 y 0,15), para las razas Carabao, Jafarabadi, Mediterráneo y Murrah, respectivamente. Estos valores muestran que la mejora del medio ambiente influye en la productividad de los hatos.

La repetibilidad estimada para el IEP en el presente estudio fue de 0,11, valor similar al citado por Aziz *et al.*, 2001 (0,14) en búfalos egipcios y superior al obtenido por Amorim *et al.*, 2006 (0,06) en búfalos de la raza Murrah en Brasil. Tonhati, Vasconcellos y Albuquerque, 2000, encontraron una repetibilidad de 0,20 para un hato Murrah en Brasil.

El valor estimado de repetibilidad para IEP, sugiere que la selección basada en los resultados anteriores debe ser prudente, ya que sólo el 11% de las diferencias

**Tabla 3.** Varianzas genéticas (en la diagonal), covarianzas genéticas (debajo de la diagonal) y ambientales (encima de la diagonal) entre intervalo entre partos y edad al primer parto en búfalas en el Magdalena Medio Colombiano.

Característica	IEP <sub>1-2</sub>	IEP <sub>2-3</sub>	IEP <sub>3-4</sub>	EPP
IEP <sub>1-2</sub>	<b>1507,5</b>	240,6	-290,1	-1724,1
IEP <sub>2-3</sub>	668,4	<b>406,4</b>	591,8	1208,1
IEP <sub>3-4</sub>	1031,7	389,7	<b>748,3</b>	-812,9
EPP	342,5	-1110,1	1014,3	<b>14566,5</b>

IEP<sub>1-2</sub>= Intervalo entre partos entre el primero y segundo parto, IEP<sub>2-3</sub>= Intervalo entre partos entre el segundo y tercer parto, IEP<sub>3-4</sub>= Intervalo entre partos entre el tercer y cuarto parto, EPP= Edad al primer parto.



fenotípicas entre las búfalas son dependientes de factores permanentes. Posiblemente, el manejo reproductivo, nutricional y las condiciones sanitarias, tienen gran influencia sobre esta característica.

Los valores obtenidos de varianzas genéticas, al igual que las covarianzas genéticas y ambientales entre el intervalo entre partos ( $IEP_{1-2}$ ,  $IEP_{2-3}$ ,  $IEP_{3-4}$ ) y la EPP, pueden ser observados en la Tabla 3. Las correlaciones genéticas altas y positivas entre los diferentes intervalos entre partos, indica la posibilidad de mejorar una característica como respuesta a la selección de otra. En este caso se podría reducir el  $IEP_{1-2}$  y el  $IEP_{2-3}$ , por medio de la selección para el  $IEP_{3-4}$ , característica que presentó una heredabilidad media, por lo tanto puede responder a la selección (Tabla 4).

Las correlaciones genéticas entre EPP y los diferentes IEP variaron ampliamente (Tabla 4). Mientras la correlación entre  $IEP_{1-2}$  y EPP fue baja (0,07), las correlaciones entre  $IEP_{2-3}$  y EPP y entre  $IEP_{3-4}$  con EPP fueron -0,46 y 0,31, respectivamente. La correlación entre EPP y  $IEP_{2-3}$  indica antagonismo entre características productivas y reproductivas, mientras la correlación entre EPP y  $IEP_{3-4}$  indica lo contrario. Teniendo en cuenta el bajo valor de heredabilidad encontrado para  $IEP_{2-3}$  (0,07) y el alto valor para EPP (0,42) y la correlación negativa, se espera que al realizar selección por EPP (seleccionando animales que lleguen con menor edad al primer parto), se obtendrán  $IEP_{2-3}$  más largos. Al seleccionar animales por EPP, no se afectará el  $IEP_{1-2}$ , dada su baja correlación genética.

**Tabla 4.** Correlaciones genéticas (debajo de la diagonal) y fenotípicas (encima de la diagonal) entre intervalo entre partos y edad al primer parto en búfalas en el Magdalena Medio Colombiano

Característica	$IEP_{1-2}$	$IEP_{2-3}$	$IEP_{3-4}$	EPP
$IEP_{1-2}$	-	0,10	0,13	-0,06
$IEP_{2-3}$	0,85	-	0,26	-0,17
$IEP_{3-4}$	0,97	0,71	-	0,02
EPP	0,07	-0,46	0,31	-

$IEP_{1-2}$ = Intervalo entre partos entre el primero y segundo parto,  $IEP_{2-3}$ = Intervalo entre partos entre el segundo y tercer parto,  $IEP_{3-4}$ = Intervalo entre partos entre el tercer y cuarto parto, EPP= Edad al primer parto.

Las correlaciones genéticas entre IEP y EPP reportadas por diferentes autores, varían ampliamente, dependiendo de las poblaciones y razas estudiadas. Cassiano *et al.*, 2004 en Brasil, encontraron unas correlaciones de -0,11, -0,56, 0,00 y 1,00 para las razas Carabao, Mediterraneo, Murrah y Jaffarabadi, respectivamente. Estos mismos autores cuando las correlaciones fueron calculadas entre EPP y  $IEP_{1-2}$ , las estimativas encontradas fueron de 0,08, -0,89, -1,00 y -0,82. Tonhati, Vasconcellos y Albuquerque (2000), señalaron una correlación genética entre IEP y EPP de -0,22 en búfalas Murrah en Brasil, indicando que la selección de animales con IEP cortos, puede resultar en un incremento de la edad al primer parto.

Con respecto a las correlaciones fenotípicas, se encontraron valores bajos entre los diferentes IEP (Tabla 4). Así mismo, las correlaciones ambientales fueron bajas (0,03 entre  $IEP_{1-2}$  y  $IEP_{2-3}$ ; -0,06 entre  $IEP_{1-2}$  y  $IEP_{3-4}$  y 0,20 entre  $IEP_{2-3}$  y  $IEP_{3-4}$ ). Para EPP y IEP en cada parto, las correlaciones fenotípicas fueron bajas (Tabla 4), al igual que las correlaciones

ambientales (-0,11, -0,12 y -0,14 entre EPP y  $IEP_{1-2}$ ,  $IEP_{2-3}$  y  $IEP_{3-4}$ , respectivamente). Estos resultados indican que estas características no son influenciadas por los mismos factores ambientales y genéticos no aditivos, siendo fenotípicamente independientes.

### CONCLUSIONES

La heredabilidad estimada para EPP, sugiere que la selección por esta característica es factible en esta población. Por el contrario, la heredabilidad para  $IEP_{total}$  fue muy baja, indicando que esta característica está muy influenciada por factores ambientales y genéticos no aditivos, además de una variación genética entre individuos prácticamente nula.

El valor estimado de repetibilidad para IEP, indica que la selección basada en los resultados anteriores debe ser prudente, ya que un bajo porcentaje de las diferencias fenotípicas entre las búfalas son dependientes de factores permanentes.

La heredabilidad encontrada para  $IEP_{1-2}$  y  $IEP_{2-3}$  fueron bajas, mientras que  $IEP_{3-4}$  presentó un valor medio. Estos resultados indican que las búfalas jóvenes son más afectadas por factores ambientales y de manejo.

Las correlaciones genéticas altas y positivas entre los diferentes intervalos entre partos, muestra la posibilidad de mejorar una característica como respuesta a la selección de otra. En este caso se podría reducir el  $IEP_{1-2}$  y el  $IEP_{2-3}$ , por medio de la selección para el  $IEP_{3-4}$ . Las correlaciones genéticas entre EPP y los diferentes IEP variaron ampliamente. Mientras la correlación entre EPP y  $IEP_{2-3}$  expresa antagonismo entre características productivas y reproductivas, la correlación entre EPP y  $IEP_{3-4}$  indica lo contrario.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) por la financiación del proyecto "Evaluaciones genéticas para búfalos colombianos tipo carne" el cual hace parte del programa "Mejoramiento genético en búfalos colombianos tipo carne". Igualmente agradecen a la Empresa Ceilán, por facilitar la base de datos para la realización de este trabajo.

### BIBLIOGRAFÍA

Agudelo, G.D., M.M.F. Cerón y L.A. Hurtado. 2007. El búfalo como animal productor de carne: producción y mejoramiento genético. Revista Lasallista de investigación 4(2): 43-49.

Angulo, R.A., J.F. Ramírez, N.A. Hurtado, L.F. Restrepo, C.A. Montoya, M. Bedoya and J.A. Berdugo. 2002. Comparative analysis of the quality of cattle and bufaline carcass marketed in the city of Medellín - Colombia. In: Proceedings First Symposium Buffalo of Americas. Belem-Para, Brasil. p. 532-534.

Amorim, R.A., C.H. Mendes, P.L. Souza, H.C. Gonçalves e D.M. Malhado. 2006. Caracterização fenotípica e genética da produção de leite e do intervalo entre partos em bubalinos da raça Murrah. Pesquisa Agropecuária Brasileira 41(8): 1261-1267.

Aziz, M., S. Schoeman, G. Jordaan, O. El-Chafie and A. Mahdy. 2001. Genetic and phenotypic variation of some reproductive traits in Egyptian buffalo. South African Journal of Animal Science 31(3): 195-199.

Boldman, K.G., L.A. Kriese, L.D. Van Vleck, C.P. Van Tassel and S.D.A. Kachman. 1995. 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. 120 p.

Carrero, P.J.C. 2000. El búfalo asiático: un recurso inexplorado para producir proteína animal. Ed. Lito Formas, Venezuela. 210 p.

Cassiano, L.A.P., A.S. Mariante, C. McManus, J. R.F. Marques e N.A. Costa 2003. Caracterização fenotípica de raças bubalinas nacionais e do tipo Baio. Pesquisa Agropecuária Brasileira 38(11): 1337-1342.

Cassiano, L.A.P., A.S. Mariante, C. McManus, J. R.F. Marques e N.A. Costa. 2004. Parâmetros genéticos das características produtivas e reprodutivas de búfalos na Amazônia brasileira. Pesquisa Agropecuária Brasileira 39(5):451-457.

Da Silveira, J.C., C. McManus, A.M. dos Santos, L.O.C da Silva, A.C. da Silveira, J.A.G. Soares, H. Louvandini. 2004. Fatores ambientais e parâmetros genéticos para características produtivas e reprodutivas em um rebanho Nelore no estado do Mato Grosso do Sul. Revista Brasileira de Zootecnia 33(6): 1432-1444.

Falconer, D.S. y T.F. Mackay. 2001. Introducción a la genética cuantitativa. Editorial Acribia, España. 494 p.

Gutiérrez, M. 2001. Buffalo production perspectives in Colombia. p. 677-697. In: Proceedings VI World Buffalo Congress: an alternative for animal agriculture in the third millenium. Maracaibo, Venezuela.

Holdridge, L. 1996. Ecología basada en Zonas de Vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA, San José de Costa Rica. 225 p.

Mahdy, A., O. El-Chafie and M. Ayyat. 1999. Genetic study and sire values for some economic traits in Egyptian buffaloes. Alexandria Journal of Agricultural Research 44(2): 15-35.

Marques, J.R.F. 1991. Avaliação genético-quantitativa de alguns grupamentos raciais de bubalinos (*Bubalus bubalis*, L). Tese (Doutorado). Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, San Paulo. 134 p.

- Martínez V.G.C., C.G Martínez y C.P. Manrique. 2009. Estimación de parámetros genéticos de edad al primer parto e intervalo entre partos de vacas criollas Sanmartineras (SM). *Orinoquia*. 13(2): 113-125.
- Oliveira, A.L., L. Velloso and E. Schalech. 1991. Carcass characteristics and yield of zebu steers compared with water buffalo. p. 1019-1026. In: *World Buffalo Congress, 3*. Varna: The Word Buffalo Congress.
- Penchev, P. 1998. Phenotypic and genotypic evaluation of the buffalo population bred in Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 4(4): 463-469.
- Pino, P.M., I.D. Guerra y P.D. González. 2009. *Revista de Medicina Veterinaria* 17:77-84.
- Rodas, G.A., N. Huerta, A. Vidal, R. Rodriguez y O. Colina. 2001. Rendimiento carnicero de búfalos vs. vacunos acebuados producidos a sabanas y sacrificados serialmente a cuatro edades contemporáneas En: *Proc. VI World Buffalo Congress, Maracaibo, Venezuela*. 65 p.
- Rodrigues, A.L.C., B.S.P. Barbosa, P.R.G. de Araújo, K.R. Santoro e A.V. De Lira. 2008. Eficiência reprodutiva e influência de fatores de meio e de herança sobre a variação no peso ao nascer de bubalinos no estado de Rondônia. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37(9):1595-1600.
- Román, T.N., V.N.P. Muñoz y A.A. Molina. 1995. Factores que afectan a la edad al primer parto en el ganado vacuno de raza Retinta. *Archivos de Zootecnia* 44(166-167): 215-223.
- Sampaio, N.J.C., F.R. Martins, L.R.N. Braga e H. Tonhati. 2001. Avaliação dos desempenhos produtivo e reprodutivo de um rebanho bubalino no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Zootecnia* 30(2): 368-373.
- Taneja, V.K. 1999. Dairy breeds and selection. In: *Falvey, L. and C. Chantalakhana, (Eds.). Smallholder dairying in the Tropics*. International Livestock Research Institute, Nairobi. 462 p.
- Tonhati, H., F.B. Vasconcellos and L.G. Albuquerque. 2000. Genetic aspects of productive and reproductive traits in a Murrah buffalo herd in Sao Paulo, Brazil. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 117: 331-336.
- Valle, A y D.F.A. Moura. 1986. Herencia de los principales parámetros productivos y reproductivos en vacas mestizas (5/8 pardo suizo - 3/8 criollo) tipo Carora. *Zootecnia Tropical* 4(1-2): 49-65.