

ORIGINAL

Relationship of bovinometric measurements and their proportion to Senepol animals' weight in Colombia

Relación de medidas bovinométricas y su proporcionalidad con el peso de animales Senepol en Colombia

Samanda Vargas C^{1*} Zoot, Carlos Manrique P¹ Ph.D.

¹Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Grupo de Investigación Recursos Genéticos en los Sistemas de Producción Animal. Ciudad Universitaria carrera 45 Bogotá, Colombia. *Correspondencia: spvargasc@unal.edu.co

Received: January 2017; Accepted: June 2017.

ABSTRACT

Objective. Evaluate the relationship between bovinometric measurements and their proportion to the living weight of Senepol registered animals in Colombia. **Materials and Methods.** An analysis of variance of the weight and bovinometric measurements was conducted on 1.402 animals, with information gathered on the technical visits (from 2008 to 2014) to 63 ranches belonging to ASOSENAPOL, located at the regions of: Caribbean, Interandean and Orinoquia – Amazonia Valleys. The animals were classified under sex, region and age group, and an analysis of multiple regression was made in order to select the bovinometric measurements with the greatest effect on weight ($p < 0.0001$). **Results.** In females: hip width and rump length were significant ($p < 0.0001$). In males: hip width, rump length, rump height, body length and pin bone width were significant ($p < 0.0001$). The variation in weight for females was related to bovinometric measurements associated to meat production (thoracic perimeter, body length and rump height), with easy calving (hip width, pin bone width and rump length). For males, the variation in weight was observed in bovinometric measurements associated to meat production like hip width, pin bone width, rump length, and testicular circumference. **Conclusions.** Bovinometric measurements and weight differed among groups of present study, due to environmental factors, such as region, animal age and sex.

Keywords: *Bos taurus*, Bovines, Phenotype, body conformation, phenotypic selection, meat animals (Sources: CAB, DeCS).

RESUMEN

Objetivo. Evaluar la relación de las medidas bovinométricas y su proporcionalidad con el peso vivo de animales Senepol registrados en Colombia. **Materiales y Métodos.** Se realizó un análisis de varianza del peso y medidas bovinométricas para 1.402 animales mediante información recopilada durante las visitas técnicas entre los años 2008 a 2014, en 63 haciendas pertenecientes a ASOSENAPOL, ubicadas en las regiones: Caribe, Valles Interandinos y Orinoquia – Amazonía. Se clasificaron los animales en grupos por sexo, región y grupo etario, se realizó un análisis de regresión múltiple, con el fin de seleccionar las medidas bovinométricas con mayor efecto sobre el peso ($p < 0.0001$). **Resultados.** En hembras: amplitud de cadera y longitud del anca ($p < 0.0001$). En machos: amplitud de cadera, longitud del anca, altura al sacro, longitud corporal y amplitud de isquiones ($p < 0.0001$).

La variabilidad de peso entre hembras se relacionó a medidas bovinométricas asociadas a producción de carne (perímetro torácico, longitud corporal y altura al sacro) con facilidad de parto (amplitud de cadera, amplitud de isquiones, longitud del anca). Para machos, la variabilidad de peso se observó en las medidas asociadas a producción cárnica como amplitud de cadera, amplitud de isquiones, longitud del anca y circunferencia testicular. **Conclusiones.** Las medidas bovinométricas y el peso difirieron entre los grupos del presente estudio, por factores ambientales de entorno como la región, la edad del animal y el sexo.

Palabras clave: *Bos taurus*, Bovinos, Fenotipo, selección fenotípica, animales de carne, conformación corporal (Fuente: DeCS, CAB).

INTRODUCTION

The Senepol breed is a *Bos Taurus* that owes its name to the origins of the breeds which make it up (N'Dama from Senegal, and the Red Poll) in an unknown proportion (1, 2). This population has maintained itself as a stable breed, able to adapt itself to tropical climates, such as the one in Colombia.

The characteristics associated to the Senepol breed are (3): heat tolerance, sexual precocity and fertility, maternal skill and milk production, easy calving, absence of horns, solid red color, resistance to diseases and insects, docility, hybrid vigor, longevity, meat production and quality. It is relatively short and firm, with an important muscular development in the higher section of its trunk and hind quarters, with a reduced head and strong jaw, short hair and thin skin, and it has an unparalleled meat quality.

Subjective assessment or visual selection of specimens in a herd can be replaced by bovinometry, which is the quantitative assessment of an animal's structure in order to identify those with the best productive features, and which will be used for breeding (4). Morphological measurements, body indexes and morpho-structural characteristics have been used in cattle for many reasons, with maybe weight and group or genetic line identification being the most outstanding (5).

Knowledge and weight control of cattle is an excellent tool for the breeder, who can use it to identify flaws in handling and feeding young animals as well as planning productive and reproductive strategies to future optimize his resources (6). So, the objective of this paper was to determine the relationship of the bovinometric measurements and their proportion to the registered Senepol animals' living weight in Colombia.

INTRODUCCIÓN

La raza Senepol es un *Bos taurus* que debe su nombre a los orígenes de las razas que la componen (N'Dama proveniente de Senegal y el Red Poll) en una proporción desconocida (1,2). Esta población se ha mantenido como una raza estable, capaz de adaptarse a climas tropicales como el de Colombia.

Las características que se asocian a la raza Senepol son (3): tolerancia al calor, precocidad sexual y fertilidad, habilidad materna y producción de leche, facilidad de parto, ausencia de cuernos, color rojo sólido, resistencia a enfermedades e insectos, docilidad, vigor híbrido, longevidad, producción y calidad cárnica. Es de aspecto relativamente bajo y macizo, con un importante desarrollo muscular en la sección superior del tronco y en el tren trasero, con cabeza reducida y fuerte mandíbula, de pelo corto y piel delgada, posee una inigualable calidad cárnica.

La valoración subjetiva o selección visual de ejemplares en un hato, puede ser sustituida por la bovinometría, que es la valoración cuantitativa de la estructura de un animal para la identificación de aquellos individuos con las mejores características productivas que serán utilizados como reproductores (4). Se han usado las medidas morfológicas, índices corporales y caracteres morfo-estructurales en los bovinos para muchos fines, los más destacados quizás sean el peso y la identificación de grupos o líneas genéticas (5).

El conocimiento y control del peso del ganado bovino se presenta como una excelente herramienta para el productor, quien a través de éste puede identificar fallas en el manejo y alimentación de los animales jóvenes y así mismo planificar estrategias productivas y reproductivas para optimizar sus recursos a futuro (6). Por ello, el objetivo de este trabajo fue el de determinar la relación de las medidas bovinométricas y sus proporcionalidades con el peso vivo de animales Senepol registrados en Colombia.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted with weights and bovinometric measurements data of animals registered at the Colombian Association of Senepol Cattle and Crossbreed Breeders – ASOSENAPOL, between 2008 and 2014. In order to analyze the database, those registers with more than two variables absent were eliminated, so only 1.402 purebred Senepol animals (542 males and 860 females) were analyzed. The animals' ages ranged between 12 days and 13 years old. All the animals were grazing at 63 farms in the Caribbean Area, InterAndean and Orinoquía – Amazonia Valleys (7).

The bovinometric measurements (8) collected during the technical visit from Asosenepol Colombia (9) were taken in centimeters:

Rump height (Asacr, as known in Spanish): distance from the base of the rump bone to the ground.

Thoracic Perimeter (Ptorax, as known in Spanish): contour surrounding the thorax.

Body Length (Lcorp, as known in Spanish): measurement taken from the point of encounter (head of the humerus) up to the ischium (ischial tuberosity).

Hip Width (Acade, as known in Spanish): distance between the two coxal tuberosities.

Pin-Bones Width (Aisqu, as known in Spanish): distance between the two ischial tuberosities.

Rump Length (Lanca, as known in Spanish): distance between the cranial portion of the coxal tuberosity and the caudal section of the ischial tuberosity.

Testicular Circumference (Cirtes, as known in Spanish): it is the measurement of the contour of the testicles.

A descriptive analysis of the collected variables was performed using the SAS 9.2 statistic program (10). Once the analysis of variance was performed, there were unplanned comparisons of averages made using the Tukey test ($P < 0.05$). Groups were formed by sex, region, and age, and confidence intervals of 95% were created. The alleged weight normality was proven using the Shaphiro Wilk test. A multiple-regression analysis (11) was performed using the Stepwise procedure (SAS) in order to select those most-relevant bovinometric measurements in the model regarding the determination coefficient (R^2).

The first-order multiple-regression model is:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + \epsilon_i \quad (\text{Eq. 1})$$

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado con datos de pesajes y medidas bovinométricas de animales registrados en la Asociación Colombiana de Criadores de Ganado Senepol y sus Cruces - ASOSENAPOL, entre los años 2008 a 2014. Para analizar la base de datos se eliminaron los registros que tenían más de dos variables ausentes, solo 1.402 animales puros de la raza Senepol (542 machos y 860 hembras) fueron analizados. La edad de los animales oscilaba entre los 12 días y los 13 años. Todos los animales se encontraban en pastoreo en 63 haciendas pertenecientes a las regiones de la Zona Caribe, Valles Interandinos y Orinoquía – Amazonía (7).

Las medidas bovinométricas (8) que se tomaron en la visita técnica de Asosenepol Colombia (9), fueron tomadas en centímetros:

Altura al sacro (Asacr): distancia que existe desde la base del hueso sacro al piso.

Perímetro Torácico (Ptorax): contorno alrededor del tórax,.

Longitud Corporal (Lcorp): medida tomada desde la punta del encuentro (cabeza del húmero) hasta el isquion (tuberosidad isquiática).

Amplitud de Cadera (Acade): distancia existente entre las dos tuberosidades coxales.

Amplitud de isquiones (Aisqu): distancia que hay entre las dos tuberosidades isquiáticas.

Longitud del Anca (Lanca): distancia existente entre la porción craneal de la tuberosidad coxal y la porción caudal de la tuberosidad isquiática.

Circunferencia Testicular (Cirtes): es la medida del contorno de los testículos.

Se realizó un análisis descriptivo de las variables recopiladas usando el programa estadístico SAS 9.2. (10). Una vez generado el análisis de varianza, se realizaron comparaciones no planeadas de medias mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Se conformaron agrupamientos por sexo, región y edad y se crearon intervalos de confianza del 95%. Se comprobó el supuesto de normalidad del peso mediante la prueba de Shaphiro Wilk. Se procedió a realizar un análisis de regresión múltiple (11) a través de la herramienta Stepwise (SAS), con el fin de seleccionar aquellas medidas bovinométricas de mayor importancia en el modelo en términos del coeficiente de determinación (R^2).

Se empleó un modelo de regresión múltiple de primer orden (Ec.1), el cual se describe a continuación:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + \epsilon_i \quad (\text{Ec. 1})$$

Y_i = Dependent Variable (Weight)
 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ = Regression Coefficients
 $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ik}$ = Regressor Variables
 ε_i = Independent errors with distribution $N(0, \sigma^2)$, $i=1, 2, \dots, n$.

The proportionalities were estimated using all the bovinometric measurements herein by sex and age group. The proportionalities were calculated as X_1/X_2 , $X_1/X_3, \dots$, X_6/X_7 , following procedures established by Pareja and Pinilla (12). A multiple-regression analysis was conducted using the SAS Program (10), in order to select those most-relevant bovinometric measurements in the model based on the regression coefficient.

RESULTS

Table 1 shows the descriptive analysis of the variables collected throughout the technical visits: grading year (ACALIF, as known in Spanish), animal's age in months (EDCALIFM, as known in Spanish) and days (EDCALIFD), birth weight (PNAC, as known in Spanish), weight at grading (weight), body condition (CC, as known in Spanish), and bovinometric measurements.

Once the ANAVA was conducted, the Tukey test ($\alpha=0.05$) enabled performing all the comparisons in pairs with an uneven number of repetitions (Tables 2 and 3). Sex ($p<0.0001$) and geographical area ($p<0.0001$) influenced weight and bovinometric measurements. There was non-normality in data ($p<0.0001$) when conducting the normality test by region.

To correct non-normal weight distribution, groups were formed by age, young (0 to 2 years) and adults (2 to 4 years), still presenting non-normality of data. In order to

Y_i = Variable dependiente (Peso)
 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ = Coeficientes de Regresión
 $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ik}$ = Variables Regresoras
 ε_i = Errores independientes con distribución $N(0, \sigma^2)$, $i=1, 2, \dots, n$.

Se estimaron las proporcionalidades con todas las medidas bovinométricas del presente estudio por sexo y por grupo etario. Las proporcionalidades se calcularon como X_1/X_2 , $X_1/X_3, \dots$, X_6/X_7 , siguiendo los procedimientos establecidos por Pareja y Pinilla (12). Se realizó un análisis de regresión múltiple con el programa SAS (10), con el fin de seleccionar aquellas proporcionalidades bovinométricas de mayor importancia en el modelo fundamentados en el coeficiente de regresión.

RESULTADOS

Se presenta en la tabla 1, el análisis descriptivo de las variables recopiladas en las visitas técnicas: año de calificación (ACALIF), edad del animal en meses (EDCALIFM) y días (EDCALIFD), peso al nacimiento (PNAC), peso al momento de la calificación (peso), condición corporal (CC) y las medidas bovinométricas.

Una vez se realizó el ANAVA, la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) permitió realizar todas las comparaciones por pares con un número desigual de repeticiones (Tablas 2 y 3). El sexo ($p<0.0001$) y la región geográfica ($p<0.0001$) influyeron sobre el peso y las medidas bovinométricas. Se encontró no normalidad de los datos ($p<0.0001$), al realizarse la prueba de normalidad del peso por región.

Para corregir la distribución no normal del peso, se formó un agrupamiento por edad, jóvenes (0 a 2 años) y adultos (2 a 4 años), presentándose aún no normalidad de los datos. Con el fin de

Table 1. Statistic Description of the variables collected throughout the ASOSENAPOL technical visits.

Variable	Label	N	Median	Dev tip	Minimum	Maximum
ACALIF	ACALIF	1402	2011.57	1.31	2008	2014
EDCALIFM	EDCALIFM	1402	37.22	29.45	0.39	166.99
EDCALIFD	EDCALIFD	1402	1132.19	895.89	12.00	5080.00
PNAC	PNAC	1401	32.43	4.64	20.00	59.00
Peso	Peso	1401	394.92	171.07	50.00	1163.00
CC	CC	1233	3.68	0.33	3.00	4.50
Asacr	Asacr	1399	124.14	13.50	60.00	168.00
Ptora	Ptora	1374	164.55	26.35	76.00	240.00
Lcorp	Lcorp	1370	134.95	30.25	45.00	210.00
Acade	Acade	1377	43.51	9.70	10.00	67.00
Aisqu	Aisqu	1377	20.37	6.55	10.00	52.00
Lanca	Lanca	1374	45.23	9.43	10.00	67.00
Cesscr	Cesscr	490	31.90	7.50	10.00	56.00

Table 2. Statistic Significance Tests for the weight-variation sources ($\alpha=0.05$).

Source	Pr > F
SEX	<0.0001
ERA	0.0921
REGION	<0.0001
ACALIF	<0.0001

eliminate extreme data, confidence intervals of 95% ($\alpha=0.05$) were created. Once the assumed weight normality was confirmed through the Shaphiro Wilk test, the most-relevant bovinometric measurements in the model based on the determination coefficient (R^2) were chosen when conducting a multiple-regression analysis.

Figure 1 shows a chart of residuals against adjusted values, allowing the assessment of the regression function, variance uniformities, error terms as well as the presence of extreme values (11).

Effect of bovinometric measurements on weight. The variation coefficient within each group (sex, region and age group) was less than 35%, which confirms that the experimental material was homogeneous, except for the young male group of the areas of Interandean and Orinoquia – Amazonía Valleys.

Table 3. Summary of the Tukey Test for weight and bovinometric measurements.

Variable	SEX	REGIÓN*	ERA	ACALIF
PCALIF	X	X	-	X
CC	X	X	-	-
Asacr	X	X	-	-
Ptora	X	X	-	-
Lcorp	X	X	X	X
Acade	X	X	-	-
Aisqu	X	X	X	X
Lanca	X	X	-	X
Cescr	X	X	X	X

*The region behaving differently ($p<0.0001$) is the Caribbean.

eliminar los datos extremos, se realizaron intervalos de confianza del 95% ($\alpha=0.05$). Confirmado el supuesto de normalidad del peso mediante la prueba de Shaphiro Wilk, se procedió a seleccionar aquellas medidas bovinométricas de mayor importancia en el modelo en términos del coeficiente de determinación (R^2) al realizar un análisis de regresión múltiple.

En la figura 1 se puede observar una gráfica de residuales contra los valores ajustados, lo que permite evaluar lo apropiado de la función de regresión, la homogeneidad de las varianzas, de los términos del error, así como la presencia de valores extremos (11).

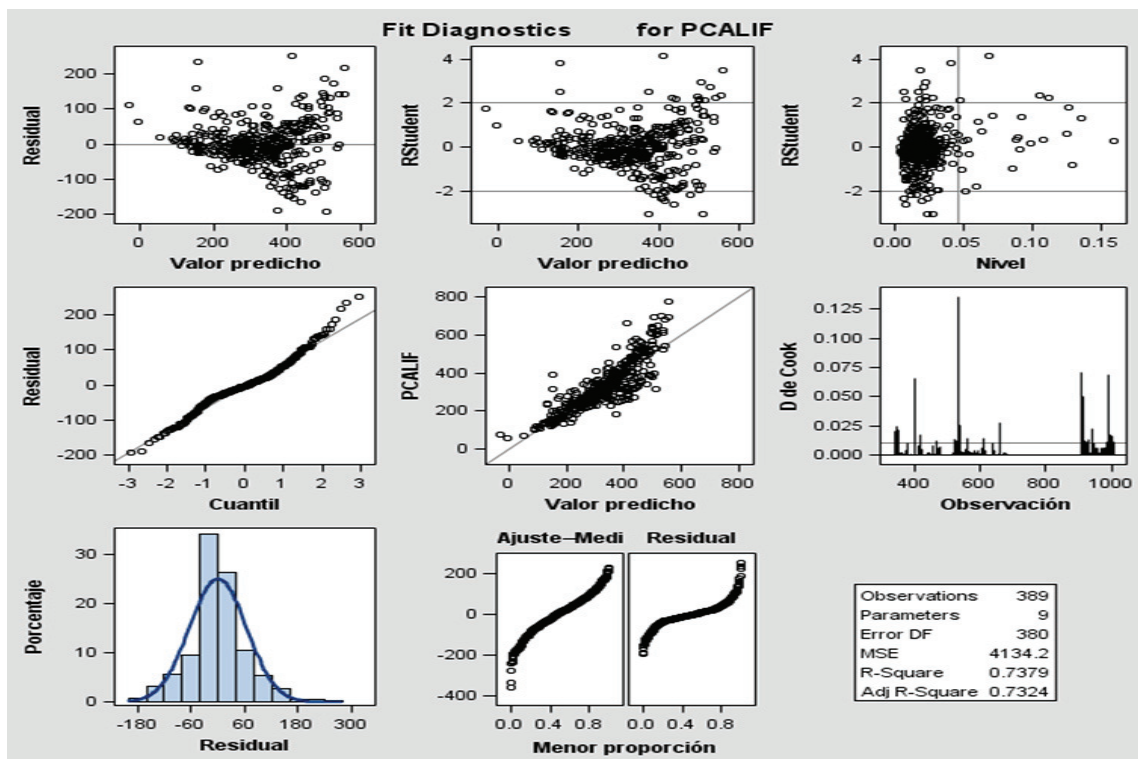


Figure 1. Weight variance tendency.

Table 4 shows the multiple-regression model for each group. Bovinometric measurements for thoracic perimeter, hip width, and rump length were significant for both sexes ($p < 0.05$). In turn, the rump height, body length and pin-bone width were equally significant in males.

Effect of bovinometric proportions on weight.

The proportions for females were estimated with all the bovinometric measurements of this paper, regardless of their classification due to area or age group, but when performing a normality-on-experimental-error test, a non-normal distribution ($p = 0.0022$) was confirmed. The same happened with males ($p < 0.0001$). Thus, an analysis by sex and age group was performed.

Efecto de las medidas bovinométricas sobre el peso. El coeficiente de variación dentro de cada agrupamiento (sexo, región y grupo etario) fue menor al 35%, lo que confirma que el material experimental era homogéneo, exceptuando el grupo de machos jóvenes de las zonas de Valles Interandinos y Orinoquía – Amazonía.

Como se puede apreciar en la tabla 4 se observa el modelo del análisis de regresión múltiple para cada agrupamiento. Las medidas bovinométricas de perímetro torácico, amplitud de cadera y longitud del anca fueron significativas para ambos sexos ($p < 0.05$). A su vez, para los machos fue significativa en igual medida, la altura al sacro, longitud corporal y amplitud de isquiones.

Table 4. Analysis of Multiple Regression for females and males / area / age group.

CARIBBEAN YOUNG FEMALES						
Step	Introduced Variable	Parameter Estimator	R ² of the Model	Pr > F	Durbin-Watson-D	Number of Observations
1	Intercept	-63.98		0.1133		
2	Ptora	2.31	0.4178	<0.0001	1.465	104
INTERANDEAN AND ORINOQUÍA-AMAZONÍA VALLEYS YOUNG FEMALES						
1	Intercept	-162.35		<0.0001		
2	Ptora	2.34	0.6053	<0.0001	1.378	195
3	Acade	1.98	0.6161	0.0212		
CARIBBEAN ADULT FEMALES						
1	Intercept	-255.33		0.0006		
2	Ptora	3.79	0.4394	<0.0001	1.294	107
INTERANDEAN AND ORINOQUÍA-AMAZONÍA VALLEYS ADULT FEMALES						
1	Intercept	-368.31		<0.0001		
2	Lanca	5.31	0.4482	0.0031	1.466	85
3	Ptora	2.31	0.5291	0.0005		
4	Acade	2.11	0.5528	0.0415		
Leveled Selection Summary						
CARIBBEAN YOUNG MALES						
1	Intercept	-248.22		<0.0001		
2	Acade	4.13	0.5623	<0.0001		
3	Asacr	1.64	0.6246	<0.0001	1.659	164
4	Ptora	0.93	0.6536	0.0003		
5	Lcorp	0.36	0.6708	0.0045		
INTERANDEAN AND ORINOQUÍA-AMAZONÍA VALLEYS YOUNG MALES						
1	Intercept	-426.44	0.7223	<0.0001		
2	Asacr	3.14	0.7223	<0.0001	1.743	159
3	Ptora	2.03	0.7556	<0.0001		
4	Aisqu	2.48	0.7649	0.0143		
CARIBBEAN ADULT MALES						
1	Intercept	-1082.79		<0.0001		
2	Ptora	2.37	0.2978	<0.0001	1.743	159
3	Asacr	9.16	0.497	<0.0001		
4	Aisqu	-5.47	0.5381	0.0142		
INTERANDEAN AND ORINOQUÍA-AMAZONÍA VALLEYS ADULT MALES						
1	Intercept	-368.04	0.4426	0.1091	1.449	24
2	Lanca	17.08	0.4426	0.0004		

The model of multiple-regression analysis for each group is shown in table 5. Weight variability for females is defined by the proportionalities that link bovinometric measurements related to meat production with easy calving. For males, proportionalities linked to meat production with hip width, pin-bone width, rump length and testicular circumference.

There were very few observations of the outlier extreme value regarding data resulting from the equations used to calculate weight, using bovinometric measurements and their proportionality in Senepol cattle in Colombia, as proven with residual vs. adjusted values charts, according to the D Cook distances.

Efecto de las proporcionalidades bovinométricas sobre el peso.

Se estimaron las proporcionalidades con todas las medidas bovinométricas del presente estudio para hembras, sin importar su clasificación por zona o por grupo etario, pero al realizar una prueba de normalidad del error experimental, confirmó una distribución no normal ($p=0.0022$). Lo mismo ocurrió con los machos ($p<0.0001$). Por ello, se generó un análisis por sexo y por grupo etario.

El modelo del análisis de regresión múltiple para cada agrupamiento se aprecia en la tabla 5. La variabilidad de peso para hembras está definida por proporcionalidades que relacionan medidas bovinométricas asociadas a producción de carne con facilidad de parto. Para machos, proporcionalidades entre medidas bovinométricas

Table 5. Multiple Regression Analysis for bovinometric proportionalities of females and males / area / age group.

YOUNG FEMALES						
Step	Introduced Variable	Parameter Estimator	R ² of the Model	Pr > F	Durbin-Watson-D	Number of observations
1	Intercept	168.68		0.1572		
2	ASACR/PTORA	350.93	0.2709	0.0341		
3	ASACR/AISQU	-103.97	0.193	<0.0001		
4	PTORA/AISQU	49.39	0.2327	0.0052	0.968	338
5	ACADE/AISQU	65.92	0.2496	<0.0001		
6	AISQU/LANCA	-85.22	0.261	0.0021		
ADULT FEMALES						
1	Intrcept	-266.78		0.5454		
2	ASACR/PTORA	1179.41	0.1913	0.0401		
3	ASACR/ACADE	-569.96	0.3085	0.0007	1.435	222
4	PTORA/ACADE	399.31	0.3384	0.002		
5	LCORP/AISQU	-15.03	0.2769	<0.0001		
Leveled Selection Summary						
YOUNG MALES						
1	Intercept	694.98		<0.0001		
2	ASACR/ACADE	-44.35	0.4014	<0.0001		
3	ASACR/CESCR	-51.06	0.3602	<0.0001	1.469	312
4	LCORP/AISQU	-5.77	0.42	0.0018		
ADULT MALES						
1	Intercept	771.89		<0.0001		
2	ASACR/ACADE	-137.91	0.1037	<0.0001	1.019	95
3	PTORA/LANCA	22.45	0.1792	0.0045		

DISCUSSION

In Colombia not all the livestock production systems conduct a productive control of their animals, so the need arises to give breeders tools for quantitative selection using their animals' body measurements. In this particular situation, multiple independent variables had to be involved in a regression model to get an adequate description of the process being studied so as to produce very precise inferences (11).

asociadas a producción cárnica con amplitud de cadera, amplitud de isquiones, longitud del anca y circunferencia testicular.

Fueron muy pocas las observaciones de valor extremo "outlier", respecto al conjunto de datos de todas las ecuaciones de cálculo de peso a partir de las medidas bovinométricas y su proporcionalidad en animales Senepol en Colombia, según se comprobó con las gráficas de valores residuales vs. ajustados, según las distancias D Cook.

When doing the variance analysis for the variables being analyzed, sex and region were discovered to influence weight and bovinometric measurements; the animals' genotype acted differently due to environmental factors (13). The Caribbean area behaved significantly different ($P < 0.0001$) among the regions, since most adult samples are within this group, those who have reached the end of their growth phase.

The first-order multiple-regression model, with which the influence bovinometric measurements have on the animal's living weight was described, enabled drawing valid conclusions for the groups established in this paper (sex, area and age group). So, it is not valid to try to compare the specific results with previous studies, if they are not the same groups.

Each group involved one or more bovinometric measurement in the weight-predicting model, being thoracic perimeter the mandatory measurement in each model, except the one for Adult Males of the Interandean - Orinoquía Amazonía Valleys (Table 6). As shown in the table, the determination coefficient (R^2) measures the goodness-of-fit of the

Table 6. Summary of the weight equations based on bovinometric measurements by contemporary male and female groups.

Contemporary Group	Asacr	Ptora	Lcorp	Acade	Aisqu	Lanca	Cirtes
Caribbean Young Females		X					
Interandean and Orinoquía-Amazonía Valleys Young Females		X		X			
Caribbean Adult Females		X					
Interandean and Orinoquía-Amazonía Valleys Adult Females		X		X		X	
Caribbean Young Males	X	X	X	X			
Interandean and Orinoquía-Amazonía Valleys Young Males	X	X			X		
Caribbean Adult Males	X	X			X		
Interandean and Orinoquía-Amazonía Valleys Adult Males						X	

DISCUSIÓN

En Colombia, no todos los sistemas de producción pecuaria realizan un control productivo de sus animales, por ello, surge la necesidad de entregarle al ganadero herramientas de selección cuantitativa a través de las mediciones corporales de sus animales. En esta situación en particular, era necesario involucrar múltiples variables independientes en un modelo de regresión para lograr una descripción adecuada del proceso bajo estudio y así producir inferencias lo suficientemente precisas (11).

Al realizar el análisis de varianza para las variables analizadas, se observó que para el peso y las medidas bovinométricas, el sexo ($p < 0.0001$) y la región ($p < 0.0001$) poseen un alto grado de significancia en la expresión de estas variables; el genotipo de los animales actúa diferente por los factores ambientales (13). A su vez, La región Caribe se comportó diferente significativamente ($p < 0.0001$) entre las regiones, ya que en este grupo se encuentra la mayoría de ejemplares adultos, animales que ya finalizaron su fase de crecimiento.

El modelo de regresión múltiple de primer orden, con el cual se describió la influencia de las medidas bovinométricas sobre el peso vivo del animal, permitió obtener conclusiones valederas de los agrupamientos establecidos en este estudio (sexo, región y grupo etario). Por ello, tratar de comparar los resultados específicos con estudios anteriores no es válido, si no son los mismos grupos.

Cada agrupamiento involucró una o más medidas bovinométricas en el modelo para predicción de peso, siendo el perímetro torácico la medida obligatoria en cada modelo, exceptuando el modelo para Machos Adultos Valles Interandinos - Orinoquía Amazonía (Tabla 6). Como se puede observar en la tabla, el coeficiente de determinación (R^2) mide la bondad de ajuste del modelo de regresión, es decir, es la proporción de la varianza del peso (variable dependiente) explicada por la regresión, en este caso las medidas bovinométricas; aumentará al aumentar el número de variables independientes en el modelo, aún cuando estas variables no guarden relación con la variable dependiente (11).

El agrupamiento Machos Adultos Valles Interandinos - Orinoquía Amazonía tiene un coeficiente de determinación ($R^2 = 0.4426$) inferior a los otros agrupamientos de machos y un número de observaciones muy pequeño respecto a los otros.

regression model; this is, it is the proportion of weight variance (dependent variable) explained by regression, in this case bovinometric measurements. It will increase when the amount of independent variables in the model increases, even though these variables are unrelated to the dependent variable (11).

The Adult Males of the Interandean – Orinoquía Amazonía Valleys group has a determination coefficient ($R^2=0.4426$) lower than the other male groups, and a very small amount of observations compared to the other groups.

The thoracic perimeter as the mandatory measurement in each model confirms what Mahecha et al (14) reported, who found that the prioritized order of bovinometric measurements in females is: thoracic perimeter > body length > body height. In males the order is thoracic perimeter > body height > body length. According to Sociedad Española de Zooetnólogos (15), body index is the ratio between body length and thoracic perimeter; this affirmation can be compared once the body index is carried out on this study's animals. Fry (16) states that the thoracic perimeter measurement has to be broad to enclose vital organs (heart, lungs); thus, animals will be more efficient, adaptable and strong.

In the weight-prediction models for females, the hip width and rump length were also included. Rump and flank width and depth are the most important maternal characteristics, since they represent femininity and reproductive efficiency (16). These are highly-hereditary features. Anatomically, this area should be wider to ease calving, since the role of the females within the herd is that of producing strong calves, resulting from non-dystocic births.

As for males, their weight can be calculated beginning at rump height as well as thoracic perimeter, which confirms what Fry (16) reported, when he made reference to the fact that rump height is highly related to weight gain. Very tall animals tend to be imbalanced, have less meat in their carcass, with poise problems due to narrow shoulders and chest. Very high males with low thoracic perimeters do not perform well at grazing and will have big reproductive problems.

The other body measurements which can also be used to calculate body weight in males are body length, hip width, pin-bone width, and rump length. The Senepol is a *Bos taurus* animal, whose structure is relatively low and strong, with an important muscular development in its

El perímetro torácico como medida obligatoria en cada modelo, coincide con lo reportado por Mahecha et al (14), quienes encontraron en hembras, que el orden de prioridad para las medidas bovinométricas es: perímetro torácico > longitud corporal > altura corporal. En machos, el orden es perímetro torácico > altura corporal > longitud corporal. Según Sociedad Española de Zooetnólogos (15), el índice corporal es la relación entre la longitud corporal y el perímetro torácico, se podrá comparar esta afirmación una vez se realice el índice corporal en los animales del presente estudio. Para Fry (16), la medida del perímetro torácico tiene que ser amplia para poder albergar los órganos vitales (corazón, pulmones), así los animales serán más eficientes, adaptables y vigorosos.

En los modelos de predicción de peso para hembras también se incluyó la amplitud de la cadera y la longitud del anca. La amplitud y profundidad del anca y el flanco son las características maternas más importantes, ya que son características de la aptitud lechera y la eficiencia reproductiva (16). Éstas son características de alta heredabilidad. Anatómicamente esta región que incluye estas dos características, debe ser amplia para facilidad del parto, ya que el papel de las hembras dentro del hato es la de producción de crías vigorosas, producto de partos no distócicos.

Respecto a los machos, el peso se puede calcular también a partir de la altura al sacro y el perímetro torácico, lo que coincide con el reporte de Fry (16), en el que hace referencia a que la altura al sacro tiene una alta correlación con la ganancia de peso. Animales extremadamente altos tienden a ser desbalanceados, tienen menos carne en su canal, con problemas de aplomos, debido a hombros y pecho estrechos. Machos muy altos y con bajo perímetro torácico, no se desempeñan correctamente en pastoreo y tendrán graves problemas de reproducción.

Las otras medidas corporales con las cuales se puede calcular el peso en machos son la longitud corporal, la amplitud de cadera, la amplitud de isquiones y la longitud del anca. El Senepol es un animal *Bos taurus*, cuya estructura es relativamente baja y maciza, con un importante desarrollo muscular en la sección superior del tronco y en el tren trasero.

La parte posterior del macho debe ser amplia para poder albergar la mayor cantidad de carne posible. Una buena amplitud del anca es un indicativo de la precocidad y de bajos requerimientos nutricionales, los toros usualmente tienen hombros amplios, pecho profundo y buena circunferencia testicular (16).

upper section of the trunk and hind quarters; that is why these body measurements should be considered.

The hind part of the male must be wide enough to enclose the most amount of meat possible. A good rump width is an indicator of precocity and low nutritious requirements. Bulls generally have broad shoulders, deep chest and a good testicular circumference (16).

Proportionalities were estimated for this study with all the bovinometric measurements with sex group and age group (Table 7). Weight variability in females is explained by the proportions: Rump Height/Thoracic Perimeter, Rump Height/Pin-bone Width, Thoracic Perimeter/Pin-bone Width, Hip Width/Pin-bone Width, Pin-bone Width/Rump Length, Rump Height/Hip Width, and Thoracic Perimeter/Hip Width.

Altogether, we can see that these proportionalities relate the bovinometric measurements associated with meat production (thoracic perimeter and rump height) with bovinometric measurements linked to easy calving (hip width, pin-bone width, rump length), which are important features to the Senepol breed: females with easy calving that convey meat production to their offspring.

Variation in males' weight is explained by the following proportionalities: Rump Height/Hip Width, Rump Height/Testicular Circumference, Body Length/Pin-Bone Width, and Thoracic Perimeter/Rump Length. These proportionalities relate the bovinometric measurements associated with meat production (rump height, thoracic perimeter and body length) with bovinometric measurements that are very important to

Para este estudio, se estimaron las proporcionalidades con todas las medidas bovinométricas con un agrupamiento por sexo y por grupo etario (Tabla 7). A través del paquete estadístico SAS, se encontró que la variabilidad de peso para hembras está explicada por las proporcionalidades: Altura al Sacro/Perímetro Torácico, Altura al Sacro/Amplitud de Isquiones, Perímetro Torácico/Amplitud de Isquiones, Amplitud de Cadera/Amplitud de Isquiones, Amplitud de Isquiones/Longitud del Anca, Altura al Sacro/Amplitud de Cadera, Perímetro Torácico/Amplitud de Cadera.

En conjunto, podemos observar que estas proporcionalidades relacionan las medidas bovinométricas asociadas a la producción de carne (perímetro torácico, longitud corporal y altura al sacro) con las medidas bovinométricas asociadas a la facilidad de parto (amplitud de cadera, amplitud de isquiones, longitud del anca), características de importancia en la raza Senepol.

La variabilidad de peso para machos está explicada por las proporcionalidades: Altura al Sacro/Amplitud de Cadera, Altura al Sacro/Circunferencia Testicular, Longitud Corporal/Amplitud de Isquiones, Perímetro Torácico/Longitud del Anca. Estas proporcionalidades relacionan las medidas bovinométricas asociadas a la producción de carne (altura al sacro, perímetro torácico y longitud corporal) con medidas bovinométricas de gran importancia para machos como lo son: amplitud de cadera, amplitud de isquiones, longitud del anca y circunferencia testicular.

Estas proporcionalidades coinciden con lo reportado por Pareja y Pinilla (12), en el cual

Table 7. Summary of the weight equations base don bovinometric proportionalities by female and male contemporary groups.

Proportionality	Young Females	Adult Females	Young Males	Adult Males
Rump Height / Thoracic Perimeter	X	X		
Rump Height / Pin-Bone Width	X			
Thoracic Perimeter / Pin-Bone Width	X			
Hip Width / Pin-Bone Width	X			
Pin-Bone Width / Rump Length	X			
Rump Height / Hip Width		X	X	X
Thoracic Perimeter / Hip Width				
Rump Height / Testicular Circumference			X	
Body Length / Pin-Bone Width			X	
Thoracic Perimeter / Rump Length				X

males, such as: hip width, pin-bone width, rump length and testicular circumference. These proportionalities match what Pareja and Pinilla reported (12), when they discovered that the twelve morphological indexes which presented significant differences ($p < 0.05$) in the averages of the Daily Average Gain, were: (Asacr/Ptora), (Asacr/Acade), (Asacr/Aisqu), (Asacr/Lcorp), (Ptora/Lcorp), (Ptora/Acade), (Lcorp/Acade), (Lcorp/Aisqu), (Lcorp/Lanca), (Acade/Cirtes), (Aisqu/Cirtes), and Lanca/Cirtes).

In conclusion the bovinometry enables the selection of balanced specimens and works as a tool for predicting the animals' living weight in farms that do not have a scale for their productive control. Some of the bovinometric measurements with which weight can be calculated, are: rump height, thoracic perimeter, body length, hip width, pin-bone width, rump length and testicular circumference (males).

Grazing Senepol females, ranging in age between 0 and 4 years old, located at the regions of the Caribbean and the Interandean and Orinoquía – Amazonía Valleys will have weight prediction equations parting from their thoracic perimeter, hip width, and rump length, which are the features that reflect meat production, femininity and reproductive efficiency.

For the proportionalities of grazing Senepol females, with ages ranging between 0 and 4 years old, regardless of the area where they are located, the weight prediction equation parted from the relations of bovinometric measurements associated with meat production (thoracic perimeter and rump height) with those linked to easy calving (hip width, pin-bone width, and rump length).

Grazing Senepol males, with ages ranging between 0 and 4 years old, located at the Caribbean Region, will have weight-prediction equations parting from thoracic perimeter, rump height, body length, hip width, pin-bone width, and rump length.

As for males between 2 and 4 years old from the Interandean and Orinoquía – Amazonía Valleys, they will have weight-prediction equations parting from rump length. The amount of independent variables should be increased in this model, even though said variables are not related to the independent variable, and the amount of animals in this area should be increased for bovinometric measuring and weighing, since at the time of this study there were only 25 animals measured.

encontraron que los doce índices morfológicos que presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en los promedios de Ganancia Media Diaria fueron: (Asacr/Ptora), (Asacr/Acade), (Asacr/Aisqu), (Asacr/Lcorp), (Ptora/Lcorp), (Ptora/Acade), (Lcorp/Acade), (Lcorp/Aisqu), (Lcorp/Lanca), (Acade/Cirtes), (Aisqu/Cirtes) y (Lanca /Cirtes).

En conclusión la bovinometría permite seleccionar ejemplares balanceados y sirve como herramienta para el cálculo del peso vivo de animales para aquellas ganaderías que no posean una báscula para el seguimiento productivo de estos. En este sentido, medidas bovinométricas como altura al sacro, perímetro torácico, longitud corporal, amplitud de cadera, amplitud de isquiones, longitud del anca y circunferencia testicular (machos) ayudan a la predicción del peso vivo del animal.

A su vez, se pudo plantear para Hembras Senepol en pastoreo, con edades entre los 0 y 4 años, ubicadas en las regiones de la Zona Caribe, Valles Interandinos y Orinoquía – Amazonía, una ecuación para la predicción de peso a partir del perímetro torácico, amplitud de la cadera y longitud del anca, características que reflejan la producción de carne y eficiencia reproductiva.

Para las proporcionalidades de las medidas bovinométricas de hembras Senepol en pastoreo, con edades entre los 0 y 4 años, sin importar la región en la cual se encontraban, las ecuaciones de predicción de peso se obtuvieron a partir de las relaciones de medidas bovinométricas asociadas a la producción de carne (perímetro torácico y altura al sacro) con las asociadas a la facilidad de parto (amplitud de cadera, amplitud de isquiones, longitud del anca).

Machos Senepol en pastoreo, con edades entre los 0 y 4 años, ubicados en la región de la Zona Caribe, tuvieron ecuaciones de predicción de peso a partir del perímetro torácico, altura al sacro, longitud corporal, amplitud de cadera, amplitud de isquiones y longitud del anca.

En el caso de los machos entre los 2 y los 4 años de las zonas Valles Interandinos y Orinoquía – Amazonía, las ecuaciones de predicción de peso obtenidas, fueron a partir de la longitud de anca. Se debe procurar incrementar el número de variables independientes en el modelo, aún cuando estas variables no guarden relación con la variable dependiente y aumentar el número de animales en estas regiones para la medición de bovinometría y su pesaje, ya que en el presente estudio solo habían 25 ejemplares medidos.

The group of males ranging between 0 and 2 years of age from the Interandean and Orinoquía – Amazonía Valleys is not homogeneous, so the variance coefficient is greater than 35% (42.79%), increasing the prediction error. Despite the group not being homogeneous, its analysis continued, since the youngest animals of the entire study were within this group (minimum of 12 days of age).

For the proportions of bovinometric measurements in grazing Senepol males, ranging in age between 0 and 4 years old, regardless of the area in which they are located, the weight-prediction equations were obtained parting from the relations of all the bovinometric measurements analyzed in the groups (except testicular circumference).

The first-order multiple-regression model with which the influence of bovinometric measurements is explained, chosen by the Stepwise procedure regarding the animal's living weight, enables drawing valid conclusions for the groups established herein: Caribbean Young Females, Interandean and Orinoquía – Amazonía Valleys Young Females, Caribbean Adult Females, Interandean and Orinoquía – Amazonía Valleys Adult Females, Caribbean Young Males, Interandean and Orinoquía – Amazonía Valleys Young Males, Caribbean Adult Males, Interandean and Orinoquía – Amazonía Valleys Adult Males.

It is advisable to form groups by micro-regions in future investigations, since Colombia has very different micro-ecosystems regarding agrophysical description, grounds, bovine production systems, etc., which results in a classification of micro-regions with similar characteristics.

The animal's age influences weight (17) or bovinometric measurement. Young animals have a rising growth curve, with said growth becoming faster as they get older, until it slows down when it reaches its adult weight. Body tissue also has different growth curves regarding age.

Sexual dimorphism, understood as the physiological and morphological variance between males and females of the same species, is an issue that influences weight and bovinometric measurements, basically since the rate of bone development differs between males and females. Androgens have a great effect on bone and muscle growth, being that the reason for which males have a greater growth speed rate before puberty.

El agrupamiento machos entre los 0 y 2 años de las zonas Valles Interandinos y Orinoquía – Amazonía, no es homogéneo, el coeficiente de variación fue mayor del 35% (42.79%), incrementando el error en las predicciones; aunque el grupo no sea homogéneo, se decidió no eliminarlo y continuar con su análisis, ya que en este grupo se encontraban los animales más jóvenes de todo el estudio (mínimo de 12 días).

Para las proporcionalidades de las medidas bovinométricas de machos Senepol en pastoreo, con edades entre los 0 y 4 años, sin importar la región en la cual se encontraban, las ecuaciones de predicción de peso se obtuvieron a partir de las relaciones de todas las medidas bovinométricas analizadas en los agrupamientos (exceptuando la circunferencia testicular).

Medidas bovinométricas seleccionadas mediante el procedimiento Stepwise y posteriormente, la aplicación de un modelo de regresión múltiple de primer orden, para la estimación de peso vivo animal, tanto para machos como para hembras, en diferentes grupos etarios y ubicados en las diferentes regiones del país donde se encuentran explotaciones ganaderas Senepol (Caribe, Valles Interandinos y Orinoquía – Amazonía), permitió concluir sobre los agrupamientos establecidos en este estudio: Hembras Jóvenes Zona Caribe, Hembras Jóvenes Zona Valles Interandinos y Orinoquía – Amazonía, Hembras Adultas Zona, Machos Jóvenes Zona Caribe, Machos Jóvenes Zona Valles Interandinos y Orinoquía – Amazonía, Machos Adultos Zona Caribe, Machos Adultos Zona Valles Interandinos y Orinoquía – Amazonía.

Es aconsejable realizar agrupamientos por microrregiones en futuras investigaciones al respecto, ya que Colombia tiene micro ecosistemas bastante diferentes en cuanto a descripción agrofísica, suelos, sistemas de producción bovina, etc., lo que deriva en una clasificación de microrregiones con características similares.

La edad del animal tiene una influencia en el peso (17) o la medida bovinométrica, los animales en edad temprana tienen una fase ascendente en su curva de crecimiento, a medida que incrementa su edad dicho crecimiento se hace más rápido hasta que finalmente se desacelera hasta el punto de su peso adulto. Los tejidos corporales también tienen diferentes curvas de crecimiento con respecto a la edad.

El dimorfismo sexual entendido como la variación fisiológica y morfológica entre machos y hembras en una misma especie, es un factor que influye en el peso y las medidas bovinométricas, básicamente por que las tasas de desarrollo óseo difieren entre machos y hembras. Los andrógenos tienen un marcado efecto

Bovinemetric measurements and weight differ among the groups as a result of the environmental factors mentioned herein, such as animal's age and sex. It is not convenient to conduct studies to draw national conclusions; it is necessary to group animals by environmental factors (similar handling conditions, sex, region, etc.).

One way of choosing an animal within a farm could be based on proportionalities of bovinemetric measurements, with which animal weight can be predicted within an acceptable level of reliability. These proportionalities enable the selection of balanced, efficient, and strong animals. Structural flaws must not be tolerated, since they cause front poise problems, they are animals prone to stress and with high nutritional requirements for their maintenance. These animals do not perform well during grazing and they have serious reproduction problems.

With the results obtained in this paper, the Colombian Association of Senepol Cattle and its Crossbreeds Breeders can target the genetic-improvement process for registered purebred animals, since bovinemetric measurements taken from live animals increase precision in the selection analyses by identifying animals closest to the breed's ideal, forming a research tool for the direction and intensity in biological variation of its individuals. Conducting Selection Indexes (IS, as known in Spanish) to identify the best breeders (16) by micro-regions is recommended.

Acknowledgements

The author thanks the Colombian Association of Senepol Cattle and its Crossbreeds Breeders, especially Dr. Pedro Alejandro Restrepo Jaramillo, for his great support. Also, she thanks Dr. Carlos Manrique Perdomo and Dr. Steffany Azcárate Rodríguez, of the National University of Colombia.

sobre el crecimiento de huesos y músculos, por eso los machos tienen una mayor tasa de velocidad de crecimiento antes de la pubertad.

Las medidas bovinométricas y el peso difieren entre los agrupamientos por los factores ambientales de entorno en el presente estudio como la región, la edad del animal y el sexo. No es conveniente realizar estudios para generar conclusiones nacionales, es necesario agrupar a los animales por factores de entorno (condiciones de manejo similar, sexo, región, etc.).

Una forma de selección de ejemplares dentro de una ganadería, puede ser a través de las proporcionalidades de medidas bovinométricas, con las cuales se puede calcular el peso de los animales con un nivel de confiabilidad aceptable. Estas proporcionalidades permiten seleccionar ejemplares balanceados, eficientes, vigorosos. Los defectos estructurales no deben ser tolerados, ya que originan problemas en aplomos delanteros, son animales susceptibles a estrés y con altos requerimientos nutricionales para mantenimiento. Estos animales no se desempeñan correctamente en pastoreo y tienen graves problemas de reproducción.

Con los resultados obtenidos en el presente estudio, la Asociación Colombiana de Criadores de Ganado Senepol y sus Cruces podrá focalizar el proceso de mejoramiento genético de los animales puros registrados, ya que las medidas bovinométricas realizadas a animales vivos, incrementan la precisión en los análisis de selección a través de la identificación de animales que más se acerquen al ideal de la raza, constituyendo un medio de investigación de la dirección e intensidad en la variación biológica de sus individuos. Se recomienda realizar Índices de Selección (IS) para identificar los mejores reproductores (18) por microrregiones.

Agradecimientos

El autor agradece a la Asociación Colombiana de Criadores de Ganado Senepol y sus Cruces, Dr. Pedro Alejandro Restrepo Jaramillo. De igual forma agradece la tutoría al Dr. Carlos Manrique Perdomo y a la Dra. Steffany Azcárate Rodríguez, de la Universidad Nacional de Colombia.

REFERENCES

1. Asosenepol Colombia: Asociación Colombiana de Criadores de Ganado Senepol y sus Cruces [homepage on the Internet]. Bogotá: Asosenepol Colombia; 2016 [updated 2016; cited 2017 Feb 09]. Origin; [about 1 screen]. Available from: http://www.asosenepolcolombia.com/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=11
2. Hupp H. History and development of Senepol cattle [monograph on the Internet]. St. Croix: Agricultural Experiment Station, College of the Virgin Islands; 1978. [cited 2017 Feb 09]. Available from: http://webpac.uvi.edu/imls/aes_uvi/rpt.11/cattle.pdf

3. Asosenepol Colombia: Asociación Colombiana de Criadores de Ganado Senepol y sus Cruces [homepage on the Internet]. Bogotá: Asosenepol Colombia; 2016 [updated 2016; cited 2017 Feb 09]. Características; [about 1 screen]. Available from: http://www.asosenepolcolombia.com/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=11&Itemid=12
4. Gómez G, Jiménez A. 2008. El biotipo funcional Brahman. *Revista El Cebú* 2008; 362 (23): 70-76.
5. Ramírez J, Quiriagua A, Rodríguez T, Torres Y. Evaluación del peso vivo estimado con el uso de medidas corporales de becerros de doble propósito. *Scientific Magazine UDO Agrícola* 2008; 8 (1):132-137.
6. Salamanca A, Crosby R. Estudio fenotípico del bovino criollo Casanare biotipo Araucano. Análisis zoométrico. *Zootecnia Trop* 2013; 31(3):201-208.
7. Pulido J, Romero M, Duarte O. Atlas de los sistemas de producción bovina del trópico bajo colombiano. Región valles interandinos: plan de modernización tecnológica de la ganadería bovina. Bogotá (Colombia): Corpoica; 2000.
8. Manrique C. 2008. Caracterización bovinométrica del ganado cebú en Colombia. *Revista El Cebú* 2001; 321 (16): 14-18.
9. Asosenepol Colombia: Asociación Colombiana de Criadores de Ganado Senepol y sus Cruces [homepage on the Internet]. Bogotá: Asosenepol Colombia; 2016 [updated 2016; cited 2017 Feb 09]. Portal; [about 3 p]. Available from: http://asosenepolcolombia.com/portal/images/stories/Articulos/VISITA_TCNICA_DE_LA_ASOCIACION_COLOMBIANA_DE_CRIADORES_DE_GANADO_SENEPOL.pdf
10. SAS. Versión 9.2 para Windows. User's guide Statistics. Statistical Analysis System Institute. SAS Institute Inc., Cary, NC; 2002.
11. Martínez R, Martínez N, Martínez M. Análisis de regresión lineal múltiple. Cooperativa de Profesores de la Universidad Nacional de Colombia. Diseño de experimentos en ciencias agropecuarias y biológicas con SAS, SPSS, R y STATISTIX. Bogotá (Colombia): Fondo Nacional Universitario; 1997. p. 537 - 582.
12. Pareja J, Pinilla C. Efecto de la proporcionalidad de las medidas morfológicas en el desempeño productivo de toretes Brahman en pastoreo. *Revista Ciencia Animal*. Abr 2008;1:7-16.
13. Ruales F, Manrique C, Cerón M. Fundamentos en mejoramiento animal. Medellín: Universidad Nacional de Colombia Universidad de Antioquia Universidad de la Amazonía, 2007., 2007. ISBN: 9789588286327. p. 137 - 174.
14. Mahecha L, Angulo J, Manrique L. Predicción del peso vivo a través del perímetro torácico en la raza bovina Lucerna. *Rev. Col Cienc Pec* 2002; 15(1):88-91.
15. Sociedad Española de Zootólogos. Coordinador: Carlos Sañudo. Valoración morfológica de los animales domésticos. Madrid (España): Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009. ISBN: 9788449109294. p. 79-109.
16. Fry G. Philosophy of linear measuring and correlations male & female [Internet]. Rose Bud (Ar): Bovine Engineering & Consulting; 2007 [updated 2016; cited 2017 Feb 09]. Linear; [about 3 screens]. Available from: <http://www.bovineengineering.com/linear.html>
17. Pineda S, Díaz A, Sepúlveda J, Ramírez E, Agudelo G, Divier A, Cerón M. Curvas de crecimiento post-destete en el ganado Senepol de Colombia. *Rev. Lasallista Investig* 2013; 10(1): 9-17.
18. Ruales F, Manrique C. Uso del análisis de componentes principales para construir un índice tipo producción en ganado Romosinuano (*Bos taurus*). *Revi Col Cienc Pec* 2007; 20 (2): 124-128.