

Análisis biométrico del caballo Criollo Araucano

Salamanca, C.A.¹*, Parés-Casanova, P.M.²; Crosby, R.A.¹ y Monroy, N.¹

¹Grupo de Investigaciones los Araucos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Cooperativa de Colombia. Arauca. Colombia.

²Departament de Ciència Animal. Universitat de Lleida. Catalunya. España.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Arauca.
Razas colombianas.
Razas adaptadas localmente.
Conservación Racial.

ADDITIONAL KEYWORDS

Arauca.
Colombian breeds.
Locally adapted breeds.
Racial Conservation.

INFORMACIÓN

Cronología del artículo.
Recibido/Received: 21.03.2016
Aceptado/Accepted: 27.09.2016
On-line: 15.01.2017
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:
asaca_65@yahoo.es

RESUMEN

En este estudio se determina el grado de relación existente entre diferentes variables corporales en 52 machos Criollo Araucano, mediante un análisis de componentes principales. Los caracteres corporales empleados fueron 20: perímetro torácico, diámetro longitudinal, diámetro dorso-esternal, alzada a la cruz, diámetro bicostal, altura del espacio subesternal, anchura de pecho, perímetro de la caña anterior, longitud de cabeza, anchura de cabeza, longitud de cráneo, anchura de cráneo, longitud de cara, anchura de cara, profundidad de la cabeza, alzada a la grupa, largo de grupa, anchura de grupa, altura al nacimiento de la cola y altura al corvejón. Se analizaron igualmente las posibles diferencias morfológicas entre cuatro fincas de la zona. Del estudio puede concluirse que la población de caballos criollos araucanos, aunque bastante uniforme, presenta diferencias morfológicas entre fincas, siendo estas diferencias de aspecto general más que centradas en regiones corporales determinadas.

Biometric analysis of Araucano Criollo Horse

SUMMARY

This research is focused on determining the relationships of body traits in Araucano Criollo Horse. For this purpose, a principal component analysis was carried out on 52 adult males, in which the studied body characters were the following 20: chest circumference, longitudinal diameter, back-sternal diameter, height at the withers, transverse chest width, height of the substernal bone, chest width, perimeter of the anterior cannon, head length, head width, skull length, skull width, face length, face width, head depth, height at the rump, rump length, rump width, height to the birth of the tail and up to the hock. Possible morphological differences from four Araucan farms were also analyzed. It can be concluded that this local horse, though fairly uniform, presents morphological differences depending on the area that the animals come from and these differences lay in the overall appearance rather than focus on specific body regions.

INTRODUCCION

Los Recursos Zoogenéticos comprenden todas las especies y razas de animales domésticos de gran interés económico, científico, y cultural para la agricultura actual como en el futuro. Su gran diversidad genética permite que respondan a los cambios del medio ambiente, a los nuevos conocimientos sobre las ne-

cesidades de nutrición humana, a las amenazas de enfermedades, a la situación del mercado y a las necesidades sociales (FAO, 1998). Igualmente, la pérdida de la diversidad genética contribuye a la disminución de la productividad pecuaria y la agricultura sostenible, permitiendo desventajas para hacer frente a posibles nuevas condiciones ambientales (Miranda, 2011). Por lo tanto, "mantener la diversidad genética de los ani-

males permitirá a las futuras generaciones seleccionar las razas o desarrollar nuevas para hacer frente a situaciones de emergencia, como el cambio climático, las enfermedades o los cambios en los factores socioeconómicos" (FAO, 2006).

Los estudios fenotípicos basados en la caracterización morfológica contribuyen a la valoración de los recursos propios, siendo la zoometría una herramienta

para la descripción de razas animales y un elemento de trabajo para definir una, así como marcar tendencias productivas o deficiencias zootécnicas. Además, contribuye a la comparación morfométrica entre razas y permite conocer las capacidades productivas de los individuos o su inclinación hacia determinada producción zootécnica (Sotillo y Serrano, 1985; Parés, 2009). La homologación de una raza supone que las caracterís-

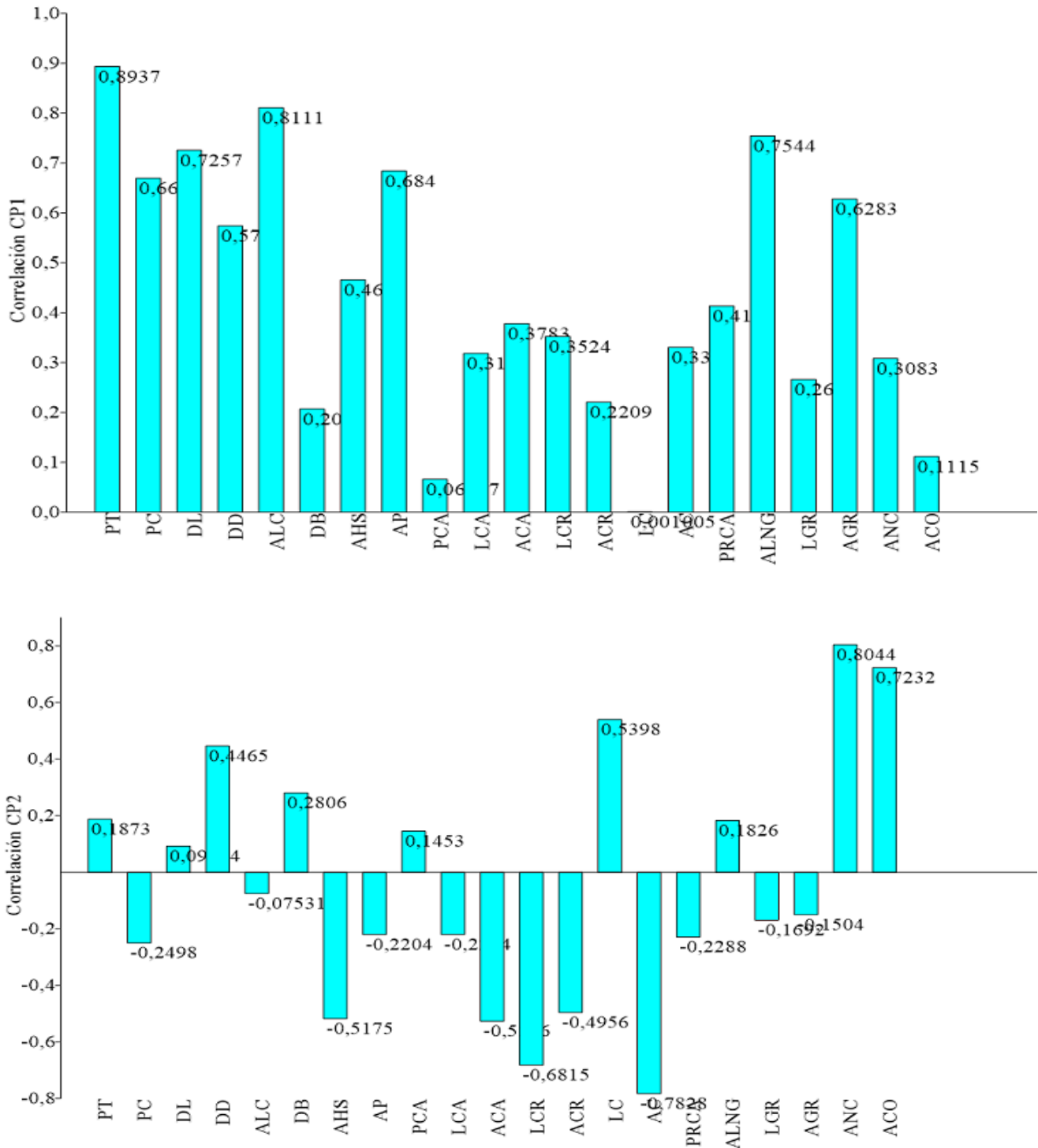


Figura 1. Correlaciones de las 20 variables estudiadas, incluyendo el peso corporal (PC) en el caballo Criollo Araucano para los componente principales 1 y 2 ("CP 1" y "CP 2"). Véase el texto para la explicación de las 20 variables estudiadas (Correlations between the 20 studied traits, including body weight (PC) in the Araucano Criollo Horse for Principal Components 1 and 2 ("CP 1" and "CP 2"). See text for a detailed explanation of studied 20 traits).

ticas de ese animal quedan perfectamente registradas y existen unos estándares para los nuevos criadores. Sin reconocimiento oficial, una raza corre más riesgo de perderse al faltar los objetivos de tipificación y, por ende, de selección.

Cuando se ha constatado la existencia del modelo morfoestructural, es conveniente estudiar el comportamiento de las diferentes variables mediante el Análisis de Componentes Principales (ACP). El ACP permite identificar grupos de animales de conformación corporal similar y a determinar su orientación zootécnica (Arredondo *et al.*, 2015), y proporciona un medio para la reducción del número de los rasgos biométricos requeridos para la selección en un programa de mejora (Yakubu *et al.*, 2011; Parés *et al.*, 2013).

El ACP se ha utilizado para la investigación en variables corporales en un sinnúmero de estudios en equinos: en el caballo Pura Sangre Lusitano (Santos, 2008), en el caballo Pura Sangre Inglés (Hevia y Quiles, 1993), en caballos de Cueva Victoria (Alberdi y Piñero, 2012), etc.

El caballo criollo araucano no ha sido sometido a ningún proceso de selección artificial en el ambiente donde vive, por tanto se considera que su proceso de adaptación a la región de sabana inundable de Arauca, Colombia, es el resultado de la selección natural. Es considerado como el animal más útil para el transporte y manejo de los ganados en estas sabanas extensivas, posee una gran resistencia para realizar largos reco-

rridos y sobrevive bien en condiciones ambientales tropicales adversas como las altas temperaturas, seis meses de inundación y seis meses de sequía (Salamanca y Rodríguez, 2014)

En el presente estudio se determina el grado de relación existente entre diferentes variables zoométricas en el caballo criollo de la sabana inundable de Arauca, mediante un ACP.

MATERIAL Y MÉTODOS

POBLACIÓN Y ÁREA DE ESTUDIO

Los datos se recolectaron en cuatro fincas localizadas en el municipio de Arauca, Colombia, en la región de sabana inundable, a una altura de 128 m.s.n.m., con una topografía totalmente plana, típica de la llanura. La temperatura media anual varía de 20 a 37 °C, con un régimen pluvial monomodal y una precipitación media anual de 1.500 mm de abril a noviembre y humedad relativa del 85% (IDEAM, 2000). La muestra de caballos utilizados provenía de fincas donde no se tiene constancia que se hayan introducidos caballos de otra raza: Desastre (n=20), Tréquina (n=7), Campo Alegre (n=20) y Mapora (n=5), todas ellas en Arauca.

VARIABLES OBTENIDAS

Para la toma de las medidas corporales se utilizaron 52 caballos Araucanos de edad promedio de 7,5±2,5 años (rango 36-204 meses). La edad fue la declarada

Tabla I. Principales estadísticos descriptivos obtenidos en la muestra estudiada de caballo Criollo Araucano (n=52). Valores lineales expresados en cm. Véase el texto para la explicación de las variables estudiadas. Los valores en negrita presentaron una distribución no normal (Main descriptive statistical values in the studied Araucano Criollo Horse sampling (n=52). Lineal values are expressed in cm. See text for a detailed explanation of studied traits. Values in bold presented a non-normal distribution).

	Min	Max	Promedio	E.S.	D.e.	C.V.	W	p (normal)
PT	142,0	172,0	154,3	0,9	6,7	4,4	0,967	0,157
DL	117,0	144,0	130,8	0,8	5,5	4,2	0,983	0,655
DD	55,0	66,0	59,4	0,4	2,6	4,3	0,960	0,074
ALC	127,0	146,0	133,0	0,6	4,6	3,5	0,936	0,007
DB	34,0	48,0	40,7	0,5	3,4	8,3	0,969	0,187
AHS	59,5	78,0	69,1	0,6	4,6	6,7	0,973	0,288
AP	25,0	41,0	32,6	0,4	3,1	9,6	0,986	0,812
PCA	16,0	23,0	18,0	0,2	1,4	7,8	0,763	<0.001
LCA	49,8	61,1	54,4	0,3	2,0	3,7	0,964	0,117
ACA	16,0	23,0	18,4	0,2	1,5	7,9	0,928	0,004
LCR	13,5	27,0	21,0	0,5	3,4	16,1	0,941	0,012
ACR	16,0	25,0	20,2	0,2	1,5	7,6	0,953	0,038
LC	26,0	40,0	35,0	0,4	2,7	7,8	0,950	0,028
AC	12,0	21,0	16,0	0,4	2,6	16,0	0,884	<0.001
PRCA	24,0	29,0	26,0	0,2	1,3	4,8	0,945	0,019
ALNG	125,5	147,0	134,5	0,6	4,2	3,1	0,984	0,705
LGR	33,6	51,0	42,7	0,4	3,1	7,2	0,984	0,685
AGR	35,0	47,0	42,1	0,4	2,7	6,4	0,968	0,170
ANC	103,0	131,0	119,6	0,7	4,8	4,1	0,960	0,078
ACO	30,0	60,0	52,1	0,6	4,4	8,4	0,784	<0.001

Min: valor mínimo. Max: valor máximo. E.S.: error estándar. D.E.: desviación estándar. W: coeficiente de normalidad de Shapiro-Wilk.

Tabla II. Resultados obtenidos en el Análisis de Componentes Principales (20 Componentes Principales, CP) a partir de la matriz de correlación. Valor de corte de Jolliffe: 0,7 (Obtained result in the Principal Component Analysis (20 Principal Components, CP) from correlation matrix. Jolliffe cut-off: 0.7).

CP	Autovalores	% varianza explicada	Varianza acumulada
1	6,032	30,159	30,159
2	3,902	19,509	49,668
3	1,664	8,318	57,986
4	1,160	5,798	63,784
5	1,099	5,497	69,281
6	0,868	4,342	73,624
7	0,840	4,198	77,821
8	0,715	3,576	81,398
9	0,575	2,877	84,275
10	0,526	2,631	86,906
11	0,501	2,507	89,412
12	0,452	2,259	91,672
13	0,389	1,947	93,618
14	0,373	1,863	95,482
15	0,262	1,309	96,791
16	0,182	0,911	97,702
17	0,151	0,754	98,456
18	0,134	0,669	99,125
19	0,095	0,475	99,600
20	0,080	0,400	100,000

por los ganaderos, puesto que no se tienen registros reproductivos de la manada; los animales no presentan parentesco puesto que los hijos son apartados de los padres una vez destetos; además, las fincas están localizadas en zonas muy extensas y distantes unas de otras. Los caballos estudiados, únicamente machos, fueron elegidos considerando su adscripción a la raza según los ganaderos: cabeza triangular, de base ancha y vértice fino, mediana a grande, frente generalmente ancha y plana; carrillos medianamente destacados, ojos expresivos, de forma triangular; orejas mediana, puntas hacia arriba; ollares en forma de coma invertida, mediana y elástica, entre otros parámetros (Canelón, 2005). Las mediciones corporales se recolectaron individualmente con cinta inextensible y regla equinométrica siguiendo la metodología propuesta por varios autores (Aparicio, 1960; Parés, 2009; Peña *et al.*, 2009; Infante, 2011). Los datos fueron obtenidos de los animales por estudiantes que recibieron una capacitación sobre toma de información en las fincas e introducidos en Excel versión 2010 de Microsoft Office, y posteriormente exportados para su tratamiento. El análisis se centró en las variables que son necesarias para establecer las diferencias entre las razas, que fueron 20, tanto de interés funcional como etnológico: perímetro torácico (PT, medición que parte desde el punto dorsal más declive de la región interescapular hacia la región esternal inferior para volver al punto de partida), diámetro longitudinal (DL, medido entre la región exterior de la articulación escapulo-humeral y

la punta de la nalga -extremidad posterior del isquion), diámetro dorso-esternal (DD, medido desde el punto más culminante interescapular y el esternal inferior a nivel del olecranon), alzada a la cruz (ALC, medida desde el suelo al punto culminante de la cruz -región interescapular-), diámetro bicostal (DB, medido por detrás de los codos a nivel de la quinta costilla, de costillar a costillar), altura del espacio subesternal (AHS, medida vertical desde el suelo al punto más ventral del cuerpo del esternón a nivel de la cinchera), anchura de pecho (AP, medida entre los puntos más craneales y laterales de los encuentros), perímetro de la caña anterior (PCA, perímetro entre el tercio medio y el superior), longitud de cabeza (LCA, medida desde el punto más culminante del occipital hasta el más rostral del labio maxilar), anchura de cabeza (ACA, medida entre los arcos cigomáticos), longitud de cráneo (LCR, medido desde el punto más prominente de la nuca -occipital-, y el punto medio de la línea que une los arcos zigomáticos, unión fronto-nasal), anchura de cráneo (ACR, medido entre los puntos inmediatamente superiores de la apófisis coronoides de las ramas mandibulares, externamente quedan en la base de las orejas), longitud de cara (LC, medida entre la línea imaginaria que une el ángulo interno de los ojos y el punto más rostral del nasal), anchura de cara (AC, mediada entre los puntos más laterales de las crestas malares), profundidad de la cabeza (PRCA, medida desde la cara anterior del frontal a la altura del ángulo medial de los ojos), alzada a la grupa (ALNG, medida desde el suelo, al punto de

Tabla III. Correlaciones de las 20 variables estudiadas en el caballo Criollo Araucano para los componente principales 1 y 2. Véase el texto para la explicación de las variables estudiadas (Correlations between the 20 studied traits in the Araucano Criollo Horse for Principal Components 1 and 2. See text for a detailed explanation of studied traits).

	Componente Principal 1	Componente Principal 2
PT	0,261	0,295
DL	0,198	0,239
DD	0,107	0,391
ALC	0,316	0,192
DB	0,077	0,156
AHS	0,272	-0,084
AP	0,318	0,089
PCA	0,001	0,074
LCA	0,212	-0,046
ACA	0,293	-0,189
LCR	0,276	-0,230
ACR	0,250	-0,214
LC	-0,128	0,265
AC	0,300	-0,283
PRCA	0,256	-0,047
ALNG	0,259	0,264
LGR	0,134	0,009
AGR	0,260	0,135
ANC	-0,045	0,399
ACO	-0,063	0,292

unión de los lomos con la grupa), largo de grupa (LGR, medida entre el punto más lateral de la tuberosidad coxal y el punto más caudal de la nalga -ileo-isquiática-), anchura de grupa (AGR, medida del segmento recto comprendido entre los puntos más laterales y craneales de la tuberosidad coxal), altura al corvejón (ACO, medida desde el suelo a la porción más alta del corvejón), y alzada al nacimiento de la cola (ANC, medida desde el suelo al maslo o base de la cola).

La información fue registrada en formatos expofeso según los lineamientos expuestos por la FAO para el seguimiento de los Recursos Zoogenéticos (FAO, 2012).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se calcularon los estadísticos descriptivos simples (promedio, desviación típica, valores mínimos y máximos y coeficiente de variación (CV) de las variables zoométricas. Se recurrió al test W de Shapiro-Wilk para contrastar la normalidad de las variables analizadas. La información obtenida fue sometida a un ACP a partir de la matriz de correlación entre las variables. Dicho análisis permite determinar el número de variables independientes que recogen la mayor parte de la varianza en los caracteres morfológicos estudiados en la raza. Finalmente, y puesto que algunas variables (como ACA y LCR) presentaban una distribución no normal, se optó por Análisis de la Varianza Multivariante no Paramétrico (NPMANOVA) a partir de las correlaciones entre variables para detectar las posibles diferencias morfológicas entre fincas. En todos los tests se utilizó un nivel de confianza del 5%. Para el análisis de los datos se utilizó el programa PAST (Hammer *et al.*, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la **tabla I** aparecen los principales estadísticos descriptivos. Herrera *et al.*, (1996) indican que si una variable presenta un CV inferior al 4% se considera "de escasa variabilidad" en la población estudiada, presentando los animales una gran homogeneidad en relación a esta variable, añadiendo que si el coeficiente de variación está entre el 5 y 9% indica un grado de uniformidad medio y si supera el 10% ya se debe pensar en una elevada variabilidad en el contexto de la muestra estudiada y por extensión de la raza a la que pertenecen. De los CV obtenidos se deduce un grado de homogeneidad alto a medio para casi todas las variables estudiadas, apareciendo únicamente 2 variables zoométricas con CV superiores al 10% (AC y LCR, ambas variables cefálicas), lo que nos indica que existe poca variabilidad en el formato general de estos animales.

En la **tabla II** aparecen los resultados del ACP (autovalores *-eigenvalues-* de cada componente principal, proporción de varianza explicada por cada una de ellos, y varianza explicada acumulada). No hay una regla definida sobre el número que se debe utilizar para reducir la dimensionalidad de los datos, con lo cual deberemos decidir en función del número de variables iniciales (hay que recordar que se trata de reducirlas en la medida de lo posible) y de la proporción de varianza explicada acumulada. Pero en este caso, no se llega a

explicar ni un 75% de la varianza hasta usar 6 CPs, teniendo además en cuenta que añadiendo uno más se gana aún un 4,2%. Además, fueron 8 los CPs que presentaron un autovalor superior a 0,7, que es el marcado por el criterio de Jolliffe (1972, 1973). Las correlaciones de cada componente principal con cada variable corrobora esta tendencia a que son muchas las variables que contribuyen a explicar esta varianza general (**figura 1**).

El primer componente principal se caracterizó por correlaciones positivas entre casi todos los rasgos analizados, excepto LC, ANC y ACO, presentando el resto de variables una carga positiva relevante (>0,10), excepto PCA y DB. Puede ser considerado como el componente del tamaño general. Este primer componente principal recogió el 30,2 % de la variación en las variables originales. En el segundo componente, LC, ANC y ACO eliminaron su carga negativa, siendo DD y precisamente ANC los que presentaron los valores positivos mayores (>0,3) (**tabla III**). Este componente principal explica el 19,5% de la variación total.

Del NPMANOVA, finalmente, se desprende que existen diferencias estadísticamente significativas entre todas las zonas ($p < 0,001$), sin estar pues estas diferencias centradas en una región corporal u otra.

CONCLUSIONES

De forma breve, los resultados obtenidos muestran que el caballo Araucano presenta una uniformidad en general elevada, excepto para AC y LCR, que por estar centrados en la región cefálica tendrían un interés más etnológico que funcional. Existen diferencias entre las zonas geográficas estudiadas, lo que podrían deberse a la presencia de ecotipos diferentes. Las regiones tropicales son únicas en diversidad en áreas relativamente pequeñas y contiguas, esto hace que exista mayor segregación, expresión genética, adaptaciones específicas y alta variabilidad. Esta gran diversidad racial en Suramérica guardaría relación con su geografía e historia. El aislamiento geográfico entre zonas del valle de Arauca debe haber permitido el desarrollo de nuevas formas, expresadas como ecotipos.

Es posible que los resultados deban ser revisados cuando incorporen mayor número de animales y se amplíe a hembras, y se analicen por separado cada una de los posibles ecotipos, Todo ello, para ser recogido en un futuro pero necesario Libro Genealógico de la raza.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Comité Nacional de Investigaciones-CONADI de la Universidad Cooperativa de Colombia por el financiamiento de esta investigación; a los productores por facilitar los animales; y a los estudiantes integrantes del Semillero de Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por su dedicación al trabajo de campo.

BIBLIOGRAFÍA

Alberdi, M. y Piñero, P. 2012. Estudio de los caballos del yacimiento de Cueva Victoria, Pleistoceno Inferior (Murcia). *Mastia*, 11-12-13: 325-358.

- Aparicio, G. 1960. Exterior de los Grandes Animales Domésticos (Morfología Externa). Imprenta Moderna. Córdoba. 324 pp
- Arredondo, V.; Macedo, R.; Molina, J.; Magaña, J.; Prado, O. y García, L. 2015. Análisis multivariado de la variación morfológica de la oveja Pelibuey en Colima, México. *AICA*, 5: 87-92.
- Canelón, J.L. 2005. Características fenotípicas del caballo criollo. Observaciones en el Estado Apure. *Arch Zootec*, 54: 217-220.
- FAO. 1998. Razones que justifican la conservación de los animales domésticos. <http://www.fao.org/NEWS/1998/PDF/DADIS-s.PDF> (2/18/2016).
- FAO. 2006. El 20 por ciento de razas de animales domésticos está en peligro de extinción. <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000464/index.html> (2/18/2016).
- FAO. 2012. Realización de encuestas y seguimiento de los Recursos Zoogenéticos. Producción y Sanidad Animal 7. Roma. 170 pp.
- Hammer Ø., Harper, D., Ryan, P. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and data Analysis. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm (2/15/2015).
- Herrera, M.; Rodero, E.; Gutiérrez, M.J.; Peña, F. y Rodero, J.M. 1996. Application of multifactorial discriminant analysis in the morphostructural differentiation of Andalusian caprine breeds. *Small Rum. Res*, 22:39-47.
- Hevia, M. y Quiles, A. 1993. Determinación del dimorfismo sexual en el Pura Sangre Inglés mediante medidas corporales. *Arch Zootec*, 42: 451-456.
- IDEAM. 2000. Cartas climatológicas-medias mensuales, Aeropuerto Santiago Pérez Quiroz. <http://bart.ideam.gov.co/cliciu/arauca/precipitacion.htm> (2/19/2016)
- Infante, J.N. 2011. Caracterización y gestión de los Recursos Genéticos de la población equina de carne del Pirineo Catalán (Cavall Pirinenc Català): interrelación con otras razas cárnicas españolas. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona. España.
- Jolliffe, I. 1972. Discarding variables in a principal component analysis. I: Artificial data. *Appl Statist*, 21: 160-173.
- Jolliffe, I. 1973. Discarding variables in a principal component analysis II. Real data. *Appl Statist*, 22: 21-31.
- Miranda, A. J. 2011. Actualización morfométrica de la raza asnal andaluza. Tesis Magister. Universidad de Córdoba. Córdoba. España.
- Parés, P.-M. 2009. Zoometria. Valoración morfológica de los animales domésticos. In: Sociedad Española de Zooetnologos (Eds.). Madrid. España. pp. 171-196.
- Parés, P.-M. 2010. Análisis numérico multivariante en parámetros métricos mandibulares equinos (raza Cavall Pirinenc Català). *Redvet*, 11.
- Parés, P.-M. ; Sinfreu, I. y Villalba, D. 2013. Application of varimax rotated principal component analysis in quantifying some zoometrical traits of a relict cow. *Korean J. Vet. Res*, 53: 7-10.
- Peña, F.; Gómez, M.; Bartolomé, E. y Valera, M. 2009. Valoración morfológica en équidos. Valoración morfológica de los animales domésticos. In: Sociedad Española de Zooetnologos (Eds.). pp. 203-228.
- Salamanca, C.A. y Rodríguez, L.E. 2014. Los Recursos Zoogenéticos y el desarrollo sostenible en sabanas inundables de Arauca (Colombia). http://www.produccion-animal.com.ar/genetica_seleccion_cruzamientos/genetica_en_general/31-Recursos_Zoogneticos.pdf (2/18/2016).
- Santos, R.I. 2008. Caracterización genética de la aptitud deportiva del caballo Pura Sangre Lusitano a partir de variables biocinemáticas al trote. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba. Córdoba. España.
- Sotillo, J. y Serrano, V. 1985. Producción Animal, I Etnología Zootécnica. (Tebar-Flores, Eds.) Madrid, España.
- Yakubu, A.; Salako, A. y Abdullah, A. 2011. Varimax rotated principal component factor analysis of the zoometrical traits of Uda sheep. *Arch Zootec*, 60: 813-816.