



Estudio biométrico del bovino criollo de Santa Elena (Ecuador)



Ronald Cabezas Congo ^a

Cecilio Barba Capote ^{b*}

Ana González Martínez ^b

Orly Cevallos Falquez ^a

José Manuel León Jurado ^c

José Manuel Aguilar Reyes ^a

Antón García Martínez ^b

^a Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Pecuarias., Quevedo. Ecuador.

^b Universidad de Córdoba. Departamento de Producción Animal, Campus de Rabanales. Edificio Producción Animal. 14071. Córdoba. España.

^c Universidad de Córdoba. Departamento de Genética, Córdoba, España.

* Autor de correspondencia: cjbarba@uco.es

Resumen:

Se estudió una muestra de 217 animales adultos (198 hembras y 19 machos) de ganado bovino criollo de la provincia de Santa Elena (Ecuador) con el objetivo de realizar un análisis biométrico como base para su caracterización racial. Se obtuvieron los estadísticos descriptivos de 14 variables zoométricas, el peso vivo y 14 índices zoométricos. Asimismo, se efectuó un análisis de varianza con el sexo como factor de variación, se estimaron los coeficientes de correlación Pearson, así como se realizó un análisis de componentes principales a partir de los residuos de las variables. Posteriormente, se realizó un análisis multivariante para la diferenciación de poblaciones mediante análisis discriminante canónico utilizando 14 variables zoométricas y el peso vivo sobre una muestra de 1,388 hembras adultas (Lojano: 198; Manabí: 794; Santa Elena: 198; Tsachilas: 198). Los resultados obtenidos confirman que la población bovina

de Santa Elena presenta tendencia eumétrica y un formato corporal intermedio respecto al resto de razas criollas, de tipo dolicocefalo, proporciones corporales sublongilíneas y esqueleto fino, lo que confirma su predisposición a la producción lechera. En conjunto, los animales estudiados arrojan un moderado grado de homogeneidad y armonía, destacando la existencia de un moderado a elevado dimorfismo sexual que sugiere una gestión genética diferente entre sexos. El nivel de significancia de las funciones discriminantes, junto a las distancias de Mahalanobis y las distancias euclidianas individuales, demostró que cada raza tiene un patrón zoométrico distinto, lo que implica la clara diferenciación morfométrica entre las cuatro poblaciones.

Palabras clave: Análisis biométrico, Razas criollas, Caracterización racial.

Recibido: 09/04/2018

Aceptado: 16/10/2018

Introducción

Ecuador es uno de los países con mayor índice de biodiversidad aunque escasamente estudiada en el caso de los animales domésticos. Estos recursos resultan esenciales para garantizar la seguridad y la soberanía alimentaria de la población⁽¹⁾. No obstante, los últimos informes nacionales sobre el estado de la biodiversidad⁽²⁾ y de la agrobiodiversidad⁽³⁾ son recurrentes en mencionar a la deforestación, el cambio de uso de la tierra, la contaminación y la introducción de especies exóticas, como los principales factores que ponen en riesgo a la agrobiodiversidad. La incorporación de razas ganaderas foráneas es la principal causa que afecta a la conservación de los recursos genéticos animales de interés agroalimentario.

El Sistema de Información sobre la Diversidad de los Animales Domésticos (DAD-IS) recoge la existencia de 13 especies de interés agroalimentario en Ecuador, cuatro de ellas andinas: alpaca (1), cuy (1), llama (1), vicuña (1); otra de tipo precolombino: pavo (1); y el resto de origen foráneo: búfalo (1), bovino (21), caprino (1), ovino (5), porcino (8) y aviar gallina (1) y pato (1). El ganado bovino es la especie más importante en el contexto agropecuario ecuatoriano⁽⁴⁾, donde se pueden encontrar cinco poblaciones bovinas de tipo europeo (*Bos taurus*): Angus, Brown Swiss, Holstein, Jersey, Normanda; otras tres poblaciones de tipo asiático (*Bos indicus*): Brahman, Gir, Nelore; y diez poblaciones más de tipo criollo: Bravo de páramo, Chusco, Criollo de la Península de Santa Elena, Criollo ecuatoriano, Esmeraldeño, Galapaqueño, Jaspeado manabita, Macabea, Moro,

Zarumeño; finalizando con una última tipología donde se agrupan las poblaciones sintéticas (Pizan, Sahiwal, Santa Gertrudis).

En estudios realizados sobre razas criollas en Latinoamérica, se informa que los principales problemas reportados por los productores y asesores técnicos sobre el uso de dichas razas se fundamentan en la inexistencia de información sobre estas razas y la ausencia de estudios de caracterización y comportamiento productivo de estos animales⁽⁵⁾. Este es el caso de la población de ganado bovino criollo de la Península de Santa Elena (GCSE), que constituye la actividad pecuaria más importante de la provincia y es desarrollada por medianos productores, tanto en número de productores como en cabezas de ganado, estando orientada principalmente a sistemas de doble propósito.

FAO⁽⁶⁾ considera prioritario abordar estudios de caracterización racial como primera fase en la implantación de un programa de desarrollo ganadero que permita la sustentabilidad de los sistemas tradicionales de producción ligados a una correcta gestión territorial. En este sentido, FAO⁽⁷⁾ aborda la caracterización de los recursos zoogenéticos (AnGR) abarcando todas las actividades asociadas con la identificación, la descripción cuantitativa y cualitativa de las poblaciones de razas y el hábitat natural y los sistemas de producción a los que están o no adaptados.

El análisis zoométrico descriptivo ha sido utilizado ampliamente para la caracterización racial por múltiples autores a lo largo de la historia, destacando recientemente la caracterización racial del ganado criollo de Manabí⁽⁸⁾ en el agro ecuatoriano. Por su parte, el análisis de componentes principales resulta útil tanto en la determinación de la relación entre variables biométricas dentro de una población⁽⁹⁾ como en la diferenciación de poblaciones⁽¹⁰⁾. En cambio el análisis discriminante se emplea principalmente para analizar las diferencias multivariadas entre grupos, así como para determinar qué variables son las más útiles para discriminar entre grupos y la determinación de qué grupos resultan similares y cuáles diferentes. Recientemente se ha utilizado el análisis discriminante para estudios morfométricos comparativos que han sido reportados en razas criollas argentinas⁽¹⁰⁾ y razas africanas⁽¹¹⁾ en ganado bovino, así como en otras especies: equino⁽¹²⁾, ovino⁽¹³⁾, caprino⁽¹⁴⁾, porcino⁽¹⁵⁾, perros⁽¹⁶⁾, patos⁽¹⁷⁾ y pavos⁽¹⁸⁾. Del mismo modo, se ha utilizado análisis discriminante canónico en caracteres productivos en ganado bovino de tipo cárnico^(19,20) y de aptitud láctea⁽²¹⁾.

El objetivo principal de este estudio fue la caracterización zoométrica del GCSE mediante la realización de un análisis biométrico y su diferenciación morfométrica respecto a otras razas bovinas criollas ecuatorianas, con vistas a la implantación de un programa de cría en raza pura.

Material y métodos

Recopilación de información

El área de estudio fue la provincia de Santa Elena, compuesta por tres cantones, que se localiza en el centro-sur de la región litoral de Ecuador con una superficie de 3,763 km². Se caracteriza por una altitud media de 62 msnm, con oscilaciones entre 0 y 800 msnm, y un rango de temperaturas que varían entre 17 y 40 °C, lo que conforma un clima de tipo bosque tropical seco. Desde el punto de vista censal, Santa Elena cuenta con 722 explotaciones bovinas que integran 10,454 animales adultos, de los cuales 7,265 son hembras reproductoras⁽²²⁾. Para la caracterización morfométrica, se utilizó una muestra de 217 animales adultos de la población del ganado criollo de Santa Elena (GCSE), de los cuales 198 eran hembras y 19 machos. Además, se realizó un análisis comparativo y de diferenciación entre el ganado bovino de Santa Elena y otras tres poblaciones bovinas ecuatorianas, pertenecientes a cuatro provincias diferentes, empleando un total de 1,388 hembras adultas: criollo Lojano (GCL, n=198), criollo de Manabí (GCM, n=794), criollo de Santa Elena (GCSE, n=198) y criollo de Santo Domingo de los Tsachilas (GCSTCh, n=198).

Tras la revisión de experiencias previas y protocolos de la FAO^(23,24), se consultó con los criadores sobre los ejemplares que consideraban más característicos y ajustados al biotipo de GCSE con el fin de ser sometidos a la medición y recopilación de información, siendo elegidos al azar entre 3 y 6 animales adultos por explotación, en función de un tamaño menor o mayor a 20 hembras reproductoras por unidad de producción, respectivamente.

Variables zoométricas

Se utilizaron 14 variables morfométricas de entre las recomendadas por Parés⁽²⁵⁾: anchura de la cabeza (ACF), longitud de la cabeza (LCF), longitud de la cara (LR), longitud del cráneo (LCR), alzada a la cruz (ACR), diámetro bicostal (DBC), distancia entre encuentros (DEE), diámetro dorsoesternal (DDE), perímetro torácico (PT), perímetro de la caña (PC), longitud occipital-isquial (LOI), alzada entrada grupa (AEG), longitud grupa (LG) y anchura interilíaca (AII), más el peso vivo (PV). Para su obtención en campo

se utilizó el bastón zoométrico Hauptner, compás de brocas, cinta métrica inextensible y báscula Gallagher W210 (Uruguay).

Índices zoométricos

Se utilizaron 15 índices zoométricos, de los cuales cuatro eran de interés etnológico: índice cefálico ($ICEF=ACF*100/LCF$), índice torácico ($ITOR=DBC*100/DDE$), índice pelviano ($IPEL=AG*100/AII$) e índice peso relativo (compacidad) ($IPR=PV*100/ACR$); cinco de interés productivo: índice dáctilo-costal ($IDC=PC*100/DBC$), índice de profundidad relativa del tórax ($IPRT=DDE*100/AC$), índice de grueso relativo de la caña ($IGRC=PC*100/ACR$), índice carga de la caña ($ICC=PC*100/PV$), índice dáctilo-torácico ($IDT=PC*100/PT$); y otros seis índices: índice de anamorfosis ($IANA=PT^2/ACR$), índice morfológico de Alderson sobre alzada inclinada ($IALD1=ACR-AEG$), índice morfológico de Alderson sobre longitud de equilibrio de la pata delantera ($IALD2=ACR-DDE$), índice Skorkowski W1 ($W1=ACR*100/LR$), índice Skorkowski W5 ($W5=ACR*100/DDE$) e índice Skorkowski W6 ($W6=DDE*100/DEE$). Los índices fueron calculados siguiendo la metodología expuesta por Parés⁽²⁵⁾.

Análisis estadístico

Inicialmente se realizó un análisis estadístico descriptivo de las variables cuantitativas estudiadas, así como un análisis de varianza univariante de los residuos de las variables zoométricas para comparar rasgos morfométricos entre machos y hembras, utilizando el sexo como único efecto fijo. De igual forma, se estimaron los coeficientes de correlación de Pearson de los residuos de las variables morfométricas y PV. Además, se llevó a cabo un análisis de componentes principales de los residuos de las variables con el fin de determinar el número de variables independientes que recogen la mayor parte de la varianza en los caracteres morfométricos estudiados. Asimismo, se realizó un análisis de varianza univariante entre sexos de las funciones lineales de los seis primeros componentes principales. Por último, se realizó un análisis discriminante canónico a partir de las variables morfométricas, para establecer posibles relaciones entre cuatro poblaciones bovinas de Ecuador, así como se calcularon las distancias de Mahalanobis para estimar el grado de diferenciación entre dichas poblaciones, utilizando para ello sólo datos de hembras. Los análisis estadísticos se realizaron usando el software Statistica, versión 10⁽²⁶⁾.

Resultados

En el Cuadro I se muestran los estadísticos descriptivos de las variables zoométricas analizadas en el GCSE, así como los resultados del análisis de varianza de dichas variables atendiendo al sexo como único factor de variación. La mayoría de las variables muestran la existencia de moderada variabilidad en la población, confirmando así una discreta uniformidad zoométrica, a excepción de los resultados encontrados para DDE, LCF, AII y LR en machos, ACF en hembras y DEE en ambos sexos. En cualquier caso, existe mayor variabilidad en el caso de los machos. Asimismo, la mayor parte de las variables zoométricas presentan diferencias altamente significativas entre machos y hembras ($P < 0.001$), algunas otras variables ACF y AEG con diferencias moderadamente significativas ($P < 0.05$) y las variables LCF, DEE, DDE, AG y AII que resultan no significativas ($P > 0.05$).

Cuadro 1: Estadísticos descriptivos y ANOVA para el factor sexo de las variables zoométricas del bovino criollo de Santa Elena

Variables	Machos				Hembras				F	P
	Media	D.E	Min.	Max.	Media	D.E	Min.	Max.		
ACF	18.32	2.03	15.00	22.00	20.63	4.29	16.00	30.00	5.38	0.0213 *
LCF	44.63	11.92	20.00	56.00	45.62	2.92	41.00	51.00	0.84	0.3604 ns
LR	19.74	3.99	20.00	36.00	16.84	1.53	14.00	20.00	99.40	0.0001***
LCR	29.18	3.45	14.00	26.00	28.18	2.76	20.00	34.00	53.10	0.0001***
ACR	132.00	5.59	120.00	141.00	124.21	5.27	114.00	133.00	35.67	0.0001***
DBC	42.28	2.24	39.00	47.00	69.72	10.09	40.00	82.00	31.78	0.0001***
DEE	49.53	13.53	28.00	70.00	46.01	9.95	28.00	62.00	2.03	0.1558 ns
DDE	62.58	19.42	40.00	95.00	61.95	8.78	45.00	73.00	0.07	0.7972 ns
PT	173.05	8.85	156.00	185.00	156.21	10.92	90.00	180.00	42.08	0.0001***
PC	19.29	3.70	14.00	26.00	15.58	0.62	14.00	17.00	44.18	0.0001***
LOI	183.61	7.28	172.00	195.00	162.55	12.83	136.00	181.00	46.99	0.0001***
AEG	137.37	7.46	127.00	150.00	130.51	5.23	121.00	139.00	27.39	0.0127*
LG	43.05	6.03	36.00	55.00	43.26	3.31	38.00	50.00	0.06	0.8092 ns
AII	39.11	8.55	20.00	54.00	42.02	5.73	32.00	51.00	3.86	0.0509 ns
PV	569.58	10.34	550.00	585.00	395.72	55.39	280.00	540.00	85.68	0.0001***

ACF= anchura de la cabeza; LCF=: longitud de la cabeza; LR= longitud de la cara; LCR= longitud del cráneo; ACR= alzada a la cruz; DBC= diámetro bicostal; DEE= distancia entre encuentros; DDE= diámetro dorsoesternal; PT= perímetro torácico; PC= perímetro de la caña; LOI= longitud occipital-isquial; AEG= alzada entrada grupa; LG= longitud grupa y AII= anchura interiliaca. expresadas en cm; PV= peso vivo. expresado en kilos; N= número datos; CV= coeficiente de variación porcentual; DE= desviación estándar; Min= valor mínimo; Max= valor máximo; **: $P < 0.01$; ***: $P < 0.001$; ns= no significativo.

Los estadísticos descriptivos y el análisis de varianza entre sexos obtenidos para los índices zoométricos en el GCSE se muestran en el Cuadro 2. En general, todos los índices zoométricos presentan un grado de variabilidad de moderado a alto en machos, especialmente en IPRT, ALD2, W5 y ITOR, así como ALD1 y W6 en ambos sexos, resultando una menor variabilidad para el resto de índices en el caso de las hembras. Respecto a la comparación entre sexos, todos los índices resultan altamente significativos ($P<0.001$), a excepción de IPRT con menor grado de significación ($P<0.05$) y de IPEL, ALD1 y W6 que resultan no significativas ($P>0.05$).

Cuadro 2: Estadísticos descriptivos y ANOVA para el factor sexo de los índices zoométricos del bovino criollo de Santa Elena

Variables	Machos				Hembras				F	P
	Media	D.E	Min.	Max.	Media	D.E	Min.	Max.		
ICEF	36.50	3.61	27.78	40.82	43.13	6.98	32.00	61.36	13.17	0.0004***
ITOR	74.31	18.22	48.42	107.50	116.15	12.85	98.63	150.98	54.48	0.0001***
IPEL	48.18	8.28	34.00	60.61	49.54	7.83	34.00	64.10	0.46	0.4966 ^{ns}
IPR	433.06	19.79	402.17	466.67	310.35	35.81	240.60	387.10	93.78	0.0001***
IDC	44.60	7.79	34.15	60.47	21.77	2.28	18.29	30.77	88.57	0.0001***
IPRT	47.74	14.98	29.63	70.77	51.52	5.21	40.16	60.68	5.26	0.0229*
IGRC	14.91	2.55	11.36	18.98	12.53	0.71	11.28	13.93	83.31	0.0001***
ICC	3.39	0.62	2.50	4.51	4.05	0.51	2.96	5.19	24.93	0.0001***
IDT	11.20	1.98	8.64	14.61	9.88	0.48	8.89	10.95	44.23	0.0001***
IAN	229.78	15.99	198.82	248.07	200.94	11.91	178.32	223.21	79.81	0.0001***
ALD1	-5.29	3.98	-13.00	2.00	-5.98	4.14	-14.00	3.00	0.43	0.5107 ^{ns}
ALD2	69.06	20.36	38.00	95.00	59.75	5.81	50.00	72.00	20.80	0.0001***
W1	64.61	11.40	45.71	100.00	114.21	17.37	89.47	157.89	31.50	0.0001***
W5	228.92	67.33	141.30	337.50	192.20	17.99	164.79	247.92	30.32	0.0001***
W6	126.02	34.23	72.58	166.67	138.90	32.67	76.27	203.13	2.54	0.1124 ^{ns}

ICEF= índice cefálico; ITOR= índice torácico; IPEL= índice pelviano; IPR= índice de peso relativo (compacidad); IDC= índice dáctilo-costal; IPRT= índice de profundidad relativa del tórax; IGRC= índice de grueso relativo de la caña; ICC= índice carga de la caña; IDT= índice dáctilo-torácico; IANA= índice morfológico de Alderson sobre alzada inclinada; IALD1= índice morfológico de Alderson sobre longitud de equilibrio de la pata delantera; W1= índice Skorkowski W1; W5= índice Skorkowski W5; W6= índice Skorkowski W6; N= número datos; CV= coeficiente de variación porcentual; DE= desviación estándar; Min= valor mínimo; Max= valor máximo; **, $P<0.01$; ***, $P<0.001$; ns= no significativo.

Los coeficientes de correlación de Pearson obtenidos para los residuos de las variables analizadas (Cuadro 3) ofrecen un grado de armonía moderado en esta población donde se obtiene el 55.24 % de los coeficientes significativos ($P<0.05$). Las correlaciones en las variables LCR y PT se consideran altas y, en menor proporción, ACR, AEG, LOI, LG y

AII. Los valores del coeficiente de correlación fenotípica más elevados son entre DBC y LCR y entre LG y AII ($r= 0.86$), y en menor medida entre PC y LR (0.75), ACR y AEG (0.71) y LCR y LR (0.70).

Cuadro 3: Matriz de los coeficientes de correlación de Pearson obtenidos para los residuos de las variables zoométricas

	LCF	LR	LCR	ACR	DBC	DEE	DDE	PT	PC	LOI	AEG	LG	AII	PV
ACF	0.05	-0.02	0.05	0.09	0.06	-0.08	-0.09	0.01	0.01	-0.10	0.01	-0.05	-0.06	-0.04
LCF		0.24*	0.16	0.34*	0.10	-0.16	-0.21*	0.22*	0.03	0.25*	0.25*	0.51*	0.41*	-0.01
LR			-0.70*	0.50*	-0.67*	0.10	-0.03	0.67*	0.75*	0.54*	0.44*	0.20*	0.14	0.62*
LCR				-0.10	0.86*	0.08	0.13	-0.33*	-0.43*	-0.11	-0.06	0.30*	0.28*	-0.60*
ACR					-0.07	0.23*	-0.09	0.64*	0.28*	0.53*	0.71*	0.52*	0.40*	0.18*
DBC						0.29*	0.17	-0.18*	-0.50*	0.01	0.05	0.37*	0.42*	-0.63*
DEE							0.15	0.39*	0.09	0.32*	0.14	0.48*	0.53*	-0.04
DDE								0.02	0.08	0.36*	0.03	0.04	0.11	-0.04
PT									0.49*	0.62*	0.59*	0.48*	0.42*	0.37*
PC										0.35*	0.35*	0.01	-0.07	0.48*
LOI											0.61*	0.55*	0.60*	0.22*
AEG												0.48*	0.39*	0.12
LG													0.86*	-0.12
AII														-0.11

* = $P < 0.05$.

Se observa en el Cuadro 4 que los seis primeros componentes principales explicaron el 85 % de la variación total. De todos los componentes principales (14), ocho (57.0 %) presentaron autovalor menor que 0.7. En el Cuadro 5 se han seleccionado los factores que recogen el 73.42 % de la varianza total. El CP1 se identificó con LCR, el cual se caracterizó por correlaciones negativas frente a PT (-0.89), LOI (-0.82), ACR (-0.75), AEG (-0.75), LG (-0.74) y AII (-0.70), es decir, el formato corporal de los animales disminuye conforme se incrementa LCR. Este primer factor recoge el 33.46 % de la variación en las variables originales. El CP2 se asoció a DBC, donde un incremento de dicha variable se correspondió con el aumento del tamaño de la grupa (LG, AII) y una disminución PC. Este factor explica el 21.82 % de la variación total. Con menor importancia, el CP3 da el mayor peso a DEE y el CP4 a ACF, explicando ambos, respectivamente, solo el 10.92 y 7.22 % de la variación. Asimismo, el análisis de varianza de las funciones lineales de los seis primeros CP reveló que solo existen diferencias significativas entre sexos para CP1 y CP2, mientras que se constata homogeneidad estadística en el resto de los casos.

Cuadro 4: Análisis de componentes principales en el bovino criollo de Santa Elena a partir de los residuos de las variables zoométricas

Componente principal	Valor propio	Varianza explicada	Valor propio acumulado	Varianza explicada acumulada
1	4.68	33.46	4.68	33.46
2	3.06	21.83	7.74	55.28
3	1.53	10.92	9.27	66.21
4	1.01	7.22	10.28	73.43
5	0.94	6.74	11.22	80.16
6	0.81	5.76	12.03	85.93
7	0.59	4.22	12.62	90.15
8	0.40	2.85	13.02	93.00
9	0.28	1.98	13.30	94.98
10	0.24	1.72	13.54	96.69
11	0.19	1.37	13.73	98.07
12	0.12	0.85	13.85	98.92
13	0.09	0.61	13.93	99.53
14	0.07	0.47	14.00	100.00

Cuadro 5: Contribución de los residuos de las variables al análisis de componentes principales

Variables	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
ACF	0.05	-0.02	-0.24	0.86
LCF	-0.36	0.15	-0.76	-0.10
LR	-0.69	-0.66	-0.05	-0.07
LCR	0.22	0.81	-0.19	0.08
ACR	-0.75	-0.02	-0.24	0.11
DBC	-0.01	0.91	0.11	0.15
DEE	-0.47	0.33	0.46	-0.19
DDE	-0.15	0.16	0.70	0.28
PT	-0.85	-0.17	0.08	0.02
PC	-0.46	-0.62	0.09	0.09
LOI	-0.83	0.06	0.22	0.11
AEG	-0.75	0.03	-0.07	0.21
AG	-0.74	0.50	-0.17	-0.13
AII	-0.70	0.55	-0.00	-0.14

El Cuadro 6 muestra las funciones discriminantes canónicas. La significancia de las dos funciones discriminantes obtenidas fue probada por Wilk's Lambda (λ), siendo 0.03 y 0.22, respectivamente, así como la prueba de Ji cuadrada (χ^2), que obtuvo un valor de 2,457.67 y 1,008.03 ($P \leq 0.001$), respectivamente. Asimismo, las funciones 1 y 2 explicaron el 72.33 y 25.68 % de la variación total, respectivamente, quedando la función

3 como testimonial, dado que la varianza explicada es inferior al 2 %. Estos resultados proporcionaron validez para el análisis discriminante, destacando que la función 1 tiene la mejor combinación lineal de rasgos que permite discriminar entre las cuatro poblaciones.

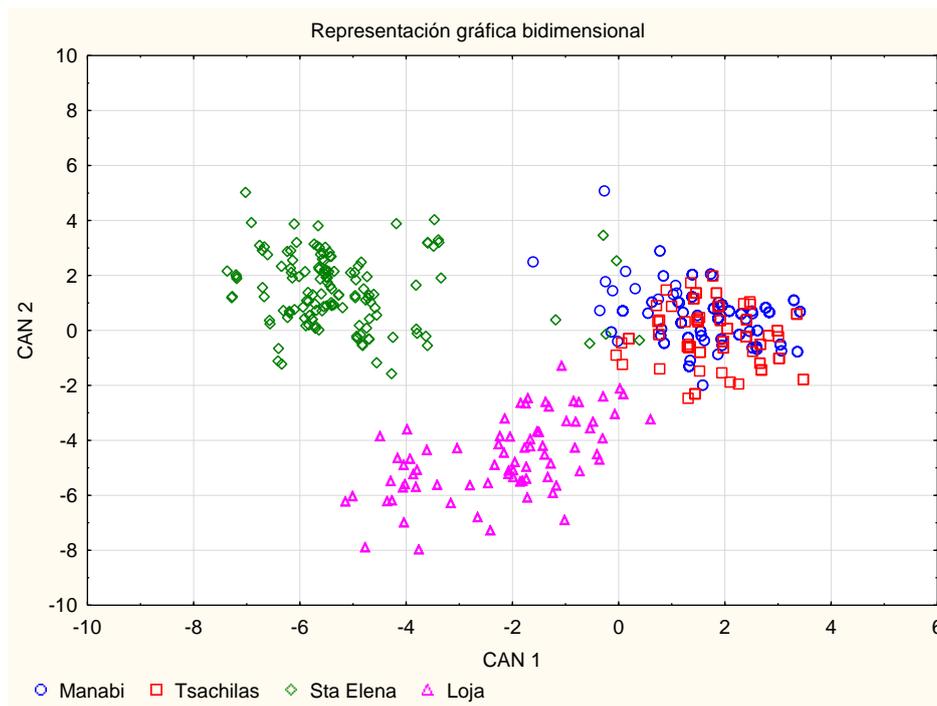
Cuadro 6: Resumen de las funciones discriminantes canónicas a partir de las muestras de hembras

Función	Valor propio	% Varianza explicada	Correlación canónica	λ	X^2	Nivel significación
1	7.58	72.33	0.94	0.03	2457.67	$p < 0.001$
2	2.69	25.69	0.85	0.22	1008.03	$p < 0.001$
3	0.21	1.98	0.41	0.83	127.16	$p < 0.001$

λ = Wilks' - Lambda; X^2 = Ji-cuadrada.

La Figura 1 muestra un gráfico bidimensional de las variables CAN 1 y CAN 2 con relaciones existentes entre las cuatro poblaciones, con una superposición significativa entre el GCM y GCSTCh, mientras que GCL y GCSE se diferencian claramente del resto conformando agrupamientos separados, no presentando superposición de ningún tipo.

Figura 1: Representación gráfica del análisis discriminante canónico entre hembras de poblaciones bovinas ecuatorianas para las variables zoométricas



Las distancias de Mahalanobis (diagonal superior) y las distancias euclidianas (diagonal inferior) entre poblaciones se exponen en el Cuadro 7, donde se evidencia desde la proximidad entre GCM y GCSTCh (2.09) hasta el mayor distanciamiento hallado entre GCSE y GCSTCh (47.56), teniendo en cuenta que todos los valores resultan estadísticamente significativos ($P < 0.05$). Por su parte, las distancias euclidianas individuales obtenidas confirman la proximidad existente entre GCM y GCSTCh y entre GCSE y GCL y el distanciamiento de sendos grupos entre sí. Por su parte, la clasificación correcta de individuos ascendió al 86.61 % del GCM, el 43.40 % del criollo de GCSTCh, el 93.42 % del GCSE y el 83.50 % del GCL.

Cuadro 7: Distancias de Mahalanobis y distancias euclidianas entre hembras de las poblaciones bovinas ecuatorianas analizadas

Población	Manabí	Tsachilas	Sta Elena	Loja
Manabí		2.09***	45.86***	39.71***
Tsachilas	31.8		47.56***	34.92***
Sta Elena	66.2	56.2		41.29***
Loja	48.2	41.7	31.2	

*** = $P < 0.001$.

Discusión

La variabilidad fenotípica observada en el GCSE para las variables zoométricas fue superior a la reportada en otras poblaciones ecuatorianas: criollo lojano⁽²⁷⁾, criolla macabeo⁽²⁸⁾, criollo manabita⁽⁸⁾, criollo de Santo Domingo de los Tsachilas⁽²⁹⁾; así como en otras razas criollas iberoamericanas: criollo patagónico⁽¹⁰⁾ en Argentina, criollo de Saavedra en Bolivia⁽³⁰⁾, criollo pantaneiro en Brasil⁽³¹⁾, criollo Casanare en Colombia⁽³²⁾, criollo barroso o salmeco en Guatemala⁽³³⁾, criollo de Chinampo⁽³⁴⁾ y Mixteco en México⁽³⁵⁾, criollo pampa chaqueño en Paraguay⁽³⁶⁾, criollo limonero de Venezuela⁽³⁷⁾ y criollo uruguayo⁽³⁸⁾, entre otros, además de las razas berrenda en colorado y berrenda en negro⁽³⁹⁾; serrana de Teruel⁽⁴⁰⁾, negra andaluza⁽⁴¹⁾, pallaresa⁽⁴²⁾ y morucha⁽⁴³⁾ en España.

Los resultados obtenidos confirman que la población criolla analizada presenta un formato corporal intermedio respecto al resto de razas criollas ecuatorianas en particular, y de las razas criollas iberoamericanas en general, donde resulta claramente superior al criollo uruguayo⁽³⁸⁾, criollo mixteco⁽³⁵⁾ y criollo de Panamá⁽⁵⁾, entre otros, así como muestra valores sensiblemente inferiores al criollo patagónico⁽¹⁰⁾, criollo barroso o salmeco de Guatemala⁽³³⁾, o el criollo Manabita⁽⁸⁾ entre las poblaciones que superan en tamaño a la estudiada. De la misma forma, los resultados obtenidos son inferiores a los reportados para las razas autóctonas españolas: berrenda en colorado y berrenda en negro⁽³⁹⁾; serrana de Teruel⁽⁴⁰⁾, pallaresa⁽⁴²⁾, negra andaluza⁽⁴¹⁾ y morucha⁽⁴³⁾ e intermedios

si se compara con el conjunto de las razas autóctonas portuguesas⁽⁴⁴⁾; lo que sitúa a este ganado como típicamente eumétrico, probablemente por la influencia de las razas ibéricas en su origen⁽⁴⁵⁾ y como ventaja adaptativa a las condiciones ambientales tropicales⁽⁸⁾.

Respecto a los índices zoométricos de interés etnológico, el valor promedio de ICEF sitúa a esta población como de tipo dolicocefalo con predominio de la LCF frente a ACF, en coincidencia a lo descrito en otras razas criollas iberoamericanas, como el criollo de Saavedra⁽³⁰⁾ en Bolivia, criollo barroso o salmeco⁽³³⁾ en Guatemala, criollo limonero de Venezuela⁽³⁷⁾ o criollo Manabita en Ecuador⁽⁸⁾ o bien en razas autóctonas españolas como las razas asturiana de los valles, bruna de los Pirineos, parda de montaña y pirenaica⁽⁴⁶⁾ y serrana de Teruel⁽⁴⁰⁾. No obstante, la dolicocefalia es mucho más acusada en machos que en hembras.

A partir de los valores de IDT e IDC obtenidos, el GCSE se encuadra dentro de las poblaciones con predisposición a la aptitud láctea, dado que dichos promedios informan sobre la finura del esqueleto de los animales y su asociación con la capacidad de producción lechera, especialmente en las hembras. Asimismo, el valor del LOI/ACR indica que esta población presenta una proporción corporal sublongilínea como otro rasgo característico compatible con la aptitud lechera, relación más destacada en hembras. Por otra parte, coincidiendo con la mayoría de razas ambientales autóctonas españolas y criollas iberoamericanas, este ganado presenta una línea dorsolumbar con inclinación caudal ascendente, lo que favorece la gimnástica funcional de los animales en terrenos accidentados.

Por su parte, se constata la existencia de un moderado a elevado dimorfismo sexual en GCSE según los resultados del análisis de varianza en las variables zoométricas, en concordancia con el perfil de las de ganado de tipo ambiental y poco seleccionadas⁽⁴⁷⁾, si bien no resulta tan acusado como en el caso del criollo uruguayo⁽³⁸⁾, criollo macabeo⁽²⁸⁾ y criollo Manabita⁽⁸⁾. Asimismo, en el caso de los índices zoométricos, aquellos de interés etnológico ICEF, ITOR e IPR son significativamente diferentes entre sexos ($P < 0.001$), lo que unido a las diferencias estadísticas halladas en el resto de índices productivos confirma una escasa uniformidad morfoestructural entre machos y hembras en esta población. Esta situación sugiere que el GCSE podría estar siendo sometido a un proceso de mejora por cruzamiento mediante el empleo de sementales que habrían recibido influencia de razas exóticas o, lo que es lo mismo, una gestión genética diferente para machos y hembras como dos subpoblaciones distintas, lo que justifica las diferencias halladas entre sexos para los índices zoométricos de tipo etnológico y productivo y la mayor variabilidad intrínseca existente en el grupo de los machos. Por otro lado, IPEL y IALD1 muestran homogeneidad estadística en ambos sexos en consonancia con los caracteres de tipo adaptativo que representan, dada la importancia de la inclinación caudal ascendente de la línea dorsolumbar al favorecer la gimnástica funcional de los animales en terrenos de difícil orografía, así como la relación de la anchura de la pelvis con la facilidad del parto, respectivamente.

Asimismo, el bajo nivel de correlación encontrado entre las variables analizadas muestra la alta variabilidad subyacente en esta población, confirmando lo esperado en este tipo de poblaciones que históricamente han sido seleccionadas de forma masal por los ganaderos con criterios no coincidentes y que en la actualidad carecen de programas de cría correctamente estructurados, así como se evidencia la completa ausencia de implementación de criterios de selección uniformes por parte de los productores⁽⁴⁷⁾. Resultados similares han sido obtenidos en el ganado criollo de Manabí dentro de Ecuador⁽⁸⁾ así como en el caso de la raza autóctona española serrana de Teruel⁽⁴⁰⁾. Además, también habría que tener en cuenta como otra posible consecuencia el efecto que provoca la utilización de sementales con influencia de razas exóticas mejorantes.

A efectos prácticos, se constata que el CP1 explicó más de la tercera parte de la varianza observada, el cual definió la estructura cefálica respecto a la morfoestructura general de los animales, de manera que a mayor LCR los animales reducen su formato corporal en alzadas, longitudes y perímetros, mientras que, el CP2 se asoció a la capacidad corporal, de forma que un incremento de DBC mejora la morfoestructura de la grupa, lo que se vincula con un canal pélvico de suficiente anchura en las hembras, según AII y LG. Por tanto, se deduce la importancia de LCR como variable definitoria de la selección intuitiva de la morfoestructura de los animales, así como la importancia de DBC relacionado con la capacidad corporal y tamaño de la grupa como ventaja adaptativa a la facilidad de parto en las hembras, por lo que ambas variables deben ser consideradas al establecer los criterios de selección en el bovino criollo ecuatoriano.

El análisis discriminante canónico entre las hembras demostró que cada raza tiene un patrón zoométrico diferente, lo que implica la clara diferenciación morfométrica entre las cuatro poblaciones posiblemente debida al aislamiento reproductivo existente entre las mismas, así como a diferentes criterios de selección masal aplicados en cada caso, todo ello debido al distanciamiento geográfico existente entre dichas poblaciones. No obstante, estos resultados fueron corroborados por las diferencias significativas obtenidas para las distancias de Mahalanobis para las cuatro poblaciones, siendo GCM y GCSTCh las más cercanas entre sí, mientras que GCSE la que se encuentra más alejada del resto y GCL es la población que ocupa posiciones intermedias.

Conclusiones e implicaciones

El GCSE se encuadra dentro de un formato corporal mediano, de tendencia eumétrica, de proporciones corporales sublongilíneas y de tipo dolicocefalo, con esqueleto fino en las hembras, lo que confirma su predisposición hacia la producción lechera. Las elevadas

diferencias significativas entre sexos tanto para variables como para los índices zoométricos, confirman la existencia de un moderado a elevado dimorfismo sexual en la población, lo que sugiere incluso la coexistencia de machos y hembras como dos subpoblaciones que han sido sometidas a diferente gestión genética. El uso del análisis discriminante contribuyó a la diferenciación entre las cuatro poblaciones bovinas ecuatorianas analizadas, confirmando que el ganado criollo de Santa Elena conforma una población con un patrón zoométrico específico. Por todo ello, el GCSE podría encuadrarse dentro del conjunto del bovino criollo tropical de doble propósito.

Literatura citada:

1. MAE. Ministerio del Ambiente. Agrobiodiversidad, su integración en la gestión de las políticas públicas y su abordaje en la estrategia nacional de biodiversidad 2030. Agroambiente 2035. Aportes al debate de la política ambiental. 2017
2. MAE. Ministerio del Ambiente. Quinto Informe Nacional sobre Biodiversidad para el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Quito. Ecuador. 2015.
3. INIAP. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Informe Técnico sobre Estado de la Biodiversidad para la Alimentación y la Agricultura en el Ecuador. Quito. 2015.
4. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Domestic Animal Diversity Information System (DAD-IS). <http://www.fao.org/dad-is/>. 28/04/2016. Consultado 10 Mar, 2018.
5. Villalobos-Cortés A, Martínez MA, Vega-Pla JL, Landi V, Quiroz VJ, Martínez R, *et al.* Relationships between Panamanians and some creole cattle landraces in Latin America. *Pesq Agrop Bras* 2012;47(11):1637-1646.
6. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Realización de encuestas y seguimiento de los recursos zoogenéticos. Directrices FAO: Producción y sanidad animal. Roma, Italia. 2012.
7. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Plan de acción mundial sobre los recursos zoogenéticos y la Declaración de Interlaken. Roma, Italia. 2007.
8. Cevallos FOF, Barba CCJ, Delgado BJV, González MAM, Perea MJM, Angón SE, García MAR. Caracterización zoométrica y morfológica del ganado criollo de Manabí (Ecuador). *Rev Científ FCV-LUZ* 2016;18(5):313-323.
9. Goyache F, Gutierrez JP, Alvarez I. Analisis de componentes principales sobre los caracteres de tipo en reproductoras de raza Asturiana de los Valles. ITEA. 2001:127-129. <http://www.aida-itea.org/aida->

itea/files/jornadas/2001/comunicaciones/2001_Gen_42.pdf. Consultado 26 Feb, 2018.

10. Martínez R, Fernández E, Abbiati N, Broccoli A. Caracterización zoométrica de bovinos criollos: patagónicos vs. noroeste argentino. *Rev MVZ Córdoba* 2007;12(2):1042-1049.
11. N'goran KE, Kouassi NC, Loukou NE, Dayo GSM, Yapi-Gnaore CV. Multivariate analysis for morphological characteristics of N'Dama cattle breed in two agro-ecological zones of Côte d'Ivoire. *European Sci J* 2018;14(3):602-621.
12. Sobczuk D, Komosa M. Morphological differentiation of polish Arabian horses - multivariate analysis. *Bull Vet Inst Pulawy* 2012;56(4):623-629.
13. Asamoah-Boaheng M; Emmanuel Kofi SE. Morphological characterization of breeds of sheep: a discriminant analysis approach. *Asamoah-Boaheng and Sam. Springer Plus* 2016;5(69):1-12.
14. Vera TA, Ricarte AR, Díaz R, Arriba PN, Vélez, JA. Caracterización fenotípica de diferentes biotipos de razas presentes en la población caprina de La Rioja, Argentina [resumen]. *Reunión de ALPA y IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. La Habana. Cuba. 2013:13.*
15. Cabello RA, León JM, Barba CJ. Contribución a la diferenciación morfológica de las variedades del cerdo Ibérico como base para su conservación. En: *Dip. Córdoba editor. El cerdo Ibérico. Caracterización de sus variedades. 1ª ed. Diputación de Córdoba. Córdoba, España. 2007:31-87.*
16. González MA, Luque MM, Herrera GM, Gonzalez GC, Angón SE, Rodero SE. Usefulness of discriminant analysis in the morphofunctional classification of Spanish dog breeds. *Archiv Tierzucht* 2014;57(2):1-16.
17. Oguntunji AO, Ayorinde KL. Multivariate analysis of morphological traits of the Nigerian Muscovy ducks (*Cairina moschata*). *Arch Zootec* 2014;63(243):483-493.
18. Adeyemi MA, Oseni, SO. Canonical discriminant analysis applied to biometric data of nigerian indigenous turkeys. *Arch Zootec* 2018;67(257):7-12.
19. Piedrafita J, Quintanilla R, Sañudo C, Olleta JL, Campo MM, Panea B, *et al.* Carcass quality of 10 beef cattle breeds of the Southwest of Europe in their typical production systems. *Livest Prod Sci* 2013;82(1):1-13.
20. Albertí P, Sañudo C, Mendizabal JA, Ripoll G, Olleta JL, Panea B, Alzón M, Indurain G. Caracterización de siete razas bovinas españolas por análisis multivariante a partir de medidas de análisis químico, instrumental, sensorial y desarrollo del tejido graso. *Itea* 2003;24(L):70-72.

21. Leota R. Use of linear discriminant analysis to characterise three dairy cattle breeds on the basis of several milk characteristics. *Ital J Anim Sci* 2004;3(4):377-383.
22. INEC. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria 2014. Ecuador. <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>. Consultado 3 Mar, 2018.
23. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Realización de encuestas y seguimiento de los recursos zoogenéticos. Directrices FAO: Producción y sanidad animal. Roma, Italia. 2012;(7):3-7.
24. Pilling D. Threats to animal genetic resources for food and agriculture – approaches to recording, description, classification and analysis. *Anim Genet Res* 2010;47:11–22.
25. Parés PM. Zoometría. En: Sañudo C. editor. Valoración morfológica de los animales domésticos. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Madrid. 2009:167-198.
26. Statistica for windows. Stat Soft. Inc. Tulsa. USA. 2010.
27. Apolo GM, Chalco LE. Caracterización fenotípica y genotípica de las poblaciones de bovinos criollos en el cantón Gonzanamá de la provincia de Loja [tesis de grado]. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja; 2012.
28. Vargas JC, Delgado BJV, Gómez MM, Viamonte M, Ramírez A, Benítez J. Raza bovina autóctona Macabea, recurso genético para el mejoramiento y adaptación a los ecosistemas amazónicos ecuatorianos. *AICA* 2015;(6):184-191.
29. Cevallos FOF, Estupiñán k, Rizzo L, Merizalde D, González MAM, Delgado BJV, Barba CJC. Caracterización morfoestructural y faneróptica del bovino doble propósito de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. En: García MAR, Pomagualli D, editores. *Proc Cong Int Cienc Tecnol Innov Emprend*. Bolívar, Ecuador. 2015:111-116.
30. Centellas PD, Vaca RJL, Joaquín AJN, Peña CR, Pereira RJA. Caracterización morfométrica del bovino de Saavedra. En: Delgado BJV, Martínez DR, editores. *Proc Simp Iberoam Conserv Utiliz Rec Zoogen*. Buenos Aires, Argentina. 2008:145-152.
31. Abreu UGP, Santos AS, Sereno JRB, Comastri-Filho JA, Ravanelli MS. Caracterización morfométrica de los bovinos pantaneiros del núcleo de conservación in situ de Nhumirim. *Arch Zoot* 2005;54(206-207): 211-216.
32. Salamanca A, Crosby R. Phenotypic study of bovine creole biotype Casanare Araucano. Zoometric analysis. *Zoot Trop* 2013;31(3):201-208.

33. Jauregui-Jiménez R, Melgal-Davila R. El bovino criollo Barroso o Salmeco, compilación de la primera caracterización fenotípica y zoométrica en Guatemala. En: Alvarez RLA, Muñoz FJE editores. X Simp Iberoamer Conserv Utilizac Rec Zoogen. Palmira Valle, Colombia. 2009:221-225.
34. Espinoza JL, Guevara JA, Palacios A. Caracterización morfométrica y faneróptica del bovino criollo Chinampo de México. Arch Zoot 2009;58(222):277-279.
35. Méndez M, Serrano J; Ávila R, Rosas M, Mendez N. Morfometric characterisation of Mixteco creole cattle. Arch Zoot 2002;51:217-221.
36. Martínez-López OR, Lamas-Sosa V; Pereira WE, Macchi-Silveira AR, Zayas A, Niedhammer O, Serrati G. Estudio descriptivo de variables morfométricas de bovinos Pampa Chaqueño de Paraguay. En: Alvarez RLA, Muñoz FJE editores. X Simp Iberoamere Conserv Utiliz Rec Zoogen. Palmira Valle, Colombia. 2009:226-230.
37. Contreras G, Chirinos Z, Zambrano S, Molero E, Paéz A. Morphological characterization and zoometric indexes of criollo Limonero cows of Venezuela. Rev Fac Agron LUZ 2011;(28):91-103.
38. Rodriguez M, Fernandez G, Silveira CC, Delgado BJV. Estudio étnico de los bovinos criollos del Uruguay: I. Análisis biométrico. Arch Zoot 2001;50(189-190):113-118.
39. González A. Caracterización de las razas bovinas Berrendas en el área de Despeñaperros como base para su conservación [tesis doctoral]. Córdoba, España. Universidad de Córdoba; 2007.
40. Vijil E, Picot A, Hernández M, Pastor F, Quintín F, Sevilla E, Abril F, Sanz A. The Serrana de Teruel cattle breed: phaneroptical, morphological and morphostructural characterization. Arch Zoot 2009;58(Supl1):517-520.
41. Nogales S, Albardonedo D, Recio JM, Delgado BJV, Camacho VME. Primeros resultados en el estudio del estado actual de la morfología en la raza bovina negra andaluza. Arch Zootec 2011;60(231):397-399.
42. Jordana J, Ferrando A, Marmi J, Avellanet R, Aranguren R, Méndez JA, Goyache F. Molecular, genealogical and morphometric characterisation of the Pallaresa, a Pyrenean relic cattle breed: Insights for conservation. Livest Sci 2010(132):65-72.
43. De la Fuente LF, Sánchez RJM, Rodríguez LE. Características morfológicas de la raza Morucha actual. <http://www.morucha.com>. Consultado Mar 7, 2018.
44. Carolino N. Caracterizaçao fenotípica de raças bovinas autóctones portuguesas. Em: Delgado BJV editor. Proc XI Simp Iberoamer Conserv y Utiliz Rec Zoogen. Joao Pessoa-Paraíba, Brasil. 2010:298-302.

45. Rodero A, Delgado, BJV, Rodero E. El ganado andaluz primitivo y sus implicaciones en el descubrimiento de América. Arch Zoot 1992;41(154):383-400.
46. Parés PM, Jordana J. Zoometric measurements of cephalic conformation in adult bovine males and females (*Bos taurus*). Vet ir Zootec T 2008;(43):65-73.
47. Herrera GM. Metodología de caracterización zooetnológica. En: Rodero E, Valera M, editores. La ganadería andaluza en el siglo XXI. Patrimonio Ganadero Andaluza. 2007:435-448.