

Análisis de la morfología de la cabra mestiza de la subprovincia fisiográfica Volcanes de Colima, México

Morphology analysis of the creole goat from the physiographic sub-province Volcanes de Colima, Mexico

Dámaris Abarca-Vargas¹, Rafael Macedo-Barragán^{2,5}, Victalina Arredondo-Ruiz²,
Mauricio Valencia-Posadas³, Miguel Á. Ayala-Valdovinos⁴,
Juan A. Hernández-Rivera²

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue caracterizar la morfología de la cabra mestiza de la subprovincia fisiográfica Volcanes de Colima, México. Se tomaron 17 medidas corporales a 371 cabras mayores de dos años y se calcularon cuatro índices raciales y siete índices funcionales. Los datos fueron analizados usando análisis de correlación de Pearson, de componentes principales y de conglomerados jerárquicos. El ángulo de caída de grupa, la anchura de pecho y todas las medidas de las orejas y la ubre fueron las que mostraron la mayor variabilidad. Asimismo, las cabras mostraron una gran armonía morfoestructural. Los índices raciales mostraron que las cabras son dolicocefalas, elipométricas y tienen una grupa convexa, mientras que los índices funcionales indicaron una aptitud zootécnica de doble propósito. Cuatro componentes principales explicaron el 84.5% de la variación entre las medidas corporales de las cabras. El ángulo de caída de la grupa, el perímetro torácico, la longitud corporal y la longitud de oreja presentaron los mayores coeficientes para los componentes CP1, CP2, CP3 y CP4 respectivamente. El análisis de conglomerados jerárquicos clasificó a los animales en cuatro grupos: grupo 1 conformado por cabras con un menor ángulo de caída de grupa, apropiado para la producción de leche; grupos 2 y 3 con fenotipo tendiente al doble propósito, pudiendo orientarse a la producción de carne o leche; y grupo 4 con fenotipo con predisposición a la producción de carne.

Palabras clave: cabra mestiza, índices raciales, índices funcionales, armonía morfológica, aptitud zootécnica

¹ Maestría Interinstitucional en Producción Pecuaria, Universidad de Colima, Colima, México

² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima, Colima, México

³ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México

⁴ Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México

⁵ E-mail: macedo@ucol.mx

Recibido: 28 de octubre de 2019

Aceptado para publicación: 5 de junio de 2020

Publicado: 11 de agosto de 2020

ABSTRACT

The aim of this study was to characterize the morphology of the creole goat of the Volcanes de Colima physiographic sub-province, Mexico. Seventeen body measurements were taken from 371 goats older than two years and four racial indices and seven functional indices were calculated. Data were analysed using Pearson correlation, principal component, and hierarchical cluster analysis. The rump angle, chest width and all measurements of the ears and udder showed the greatest variability. Also, the goats showed great morpho-structural harmony. Racial indices showed that goats are dolichocephalic, ellipometric, and have a convex rump, while functional indices indicated dual-purpose zootechnical aptitude. Four principal components explained 84.5% of the variation of body measurements. Rump angle, hearth girth, body length and ear length presented the highest weighting coefficients in PC1, PC2, PC3 and PC4, respectively. The hierarchical cluster analysis classified the goats into four groups: group 1 has the lower rump angle, suitable for milk production; groups 2 and 3 with a phenotype tending to dual purpose, being able to focus on the production of meat or milk; and group 4 with a phenotype predisposed to meat production.

Key words: creole goat, racial indices, functional indices, morphological harmony, zootechnical aptitude

INTRODUCCIÓN

En México, como en la mayoría de los países en vías de desarrollo, la producción caprina se realiza principalmente en sistemas de producción de subsistencia, ubicados en áreas rurales de baja productividad y ligados al aprovechamiento extensivo de recursos forrajeros nativos. En estas regiones, la caprinocultura es una de las actividades de mayor importancia para la sobrevivencia de las familias campesinas, ya que la leche y, principalmente, la carne producida satisface sus necesidades nutricionales básicas y resulta en una fuente de autoempleo, además de constituir un elemento cultural que fortalece el arraigo a sus comunidades (Morand-Fehr *et al.*, 2004; Boyazoglu *et al.*, 2005; García-Bonilla *et al.*, 2018).

En el estado de Colima, México, pese a existir zonas con alto potencial para el establecimiento de unidades de producción caprinas como la subprovincia fisiográfica Volcanes de Colima, la población de cabras

estatal es solo de 14 971 cabezas, con una producción anual de 57.5 t de carne en canal y 2 490 litros de leche (SIAP 2019a,b). La cabra mestiza es la base de los sistemas de producción de esta región (Macedo-Barragán *et al.*, 2019), la cual descende de las razas introducidas por los conquistadores españoles en el siglo XVI, entre otras, la raza Blanca Celtibérica o Serrana y la Castellana de Extremadura (Mellado, 1997).

La cabra mestiza de la región se caracteriza por poseer predominantemente un color de capa combinada blanca y café, pelo corto y uniforme, cornamenta en forma de espiral, perfil fronto-nasal recto, orejas colgantes, mucosas negras, sin presencia de mamellas y perilla. Presentan mayoritariamente ubre de tipo globular, poco profunda, con ligamento suspensorio medio poco marcado y pezones con implantación vertical (Macedo-Barragán *et al.*, 2019).

La mayor demanda de productos de origen animal ha obligado a mejorar la productividad de los rebaños de cabras criollas

por medio del cruzamiento con razas introducidas especializadas en la producción de leche y carne (Valencia y Montaldo, 2006; Montaldo *et al.*, 2010); sin embargo, la falta de asistencia técnica y de registros productivos ha causado que los cruzamientos se realicen sin control técnico. Además, esta práctica incrementa el riesgo de la pérdida de la morfoestructura, rusticidad y adaptabilidad de las poblaciones caprinas criollas (Hernández *et al.*, 2002; Revidatti *et al.*, 2007).

La implementación de programas de mejoramiento genético orientados a la mejora de la productividad y a la conservación de los recursos genéticos nativos, requiere la caracterización morfológica del animal por medio de la expresión de sus caracteres cuantitativos (Salako 2006; Sierra 2009; Rodero y González, 2009; Parés 2009). Bajo este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar la morfología de la cabra mestiza de la subprovincia fisiográfica Volcanes de Colima, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en 22 ranchos caprinos ubicadas en los municipios de Colima, Comala, Cuauhtémoc y Villa de Álvarez, los cuales conforman la subprovincia fisiográfica Volcanes de Colima, provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, México. Se encuentra ubicada al norte del Estado, en la zona conocida como Valle de Colima y ocupa 888.5 km², lo que representa el 16.0% de la superficie estatal (INEGI, 2017).

Las unidades de producción tienen 10.9 ha de superficie y 36 cabezas en promedio. La alimentación se basa en el pastoreo de la vegetación de arbustos nativos (*Acacia farnesiana*, *Guazuma ulmifolia*, *Pithecellobium dulce*, *Prosopis juliflora*, *Acacia acatlensis*) y de pastos introducidos como el pasto Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus*) y complementada con granos de cereales, rastrojo de maíz, punta de caña de

azúcar y, ocasionalmente, pequeñas cantidades de concentrado comercial. No existe manejo reproductivo técnico y se utiliza un sistema de empadre continuo.

El 95% de los productores desparasita sus animales y el 55% los vacuna contra enfermedades neumónicas y clostridiales. La mano de obra en el 95% de los ranchos es familiar, 32% tienen camino de acceso pavimentado y 77% electricidad. Los productores tienen un promedio de edad de 55 años, bajo nivel de escolaridad y una experiencia de 14 años en la cría de cabras. Ninguno de ellos tiene acceso a fuentes de financiamiento formal y solo 5% tiene acceso a asistencia técnica (Macedo-Barragán *et al.*, 2019).

Se estudió una muestra de 371 animales, la cual se estimó con la fórmula propuesta por Scheaffer *et al.* (1990), considerando la población caprina de 5151 cabezas para los cuatro municipios, con un error máximo permisible del 5%. Las cabras seleccionadas tuvieron una edad mayor a dos años (determinada por dentición), con la finalidad de evitar la variación entre las medidas corporales debida al desarrollo corporal.

De acuerdo con la metodología de Herrera y Luque (2009), Parés (2009) y Sánchez *et al.* (2009) se tomaron las siguientes medidas corporales: longitud de cabeza (LCA), anchura de cabeza (ACA), anchura de grupa (AGR) longitud de grupa (LGR), alzada a la cruz (ACR), longitud corporal (LCO), perímetro de caña (PCA), perímetro torácico (PTO), anchura de pecho (APE), profundidad de pecho (PPE), longitud de oreja (LOR), anchura de oreja (AOR), anchura a la inserción posterior de la ubre (ANI), altura a la inserción posterior de la ubre (ALI), diámetro de pezón (DPE), longitud de pezón (LPE) y ángulo de caída de grupa (ACG).

Para la medición de los animales se utilizó una cinta métrica flexible y un bastón hipométrico (pie de rey), ambos con 1 m de longitud y una división mínima de 1 mm. Los animales fueron sujetos por dos personas

para procurar que estos se encontraran bien cuadrados (con sus cuatro patas sobre el suelo formando un rectángulo equilibrado) y evitar malas posturas al momento de la medición, la cual se realizó sobre el costado izquierdo (Parés, 2009). El manejo de los animales se apegó a las normas NOM-062-ZOO-1999 y NOM-051-ZOO-1995 (SENASICA, 2019).

Adicionalmente, y de acuerdo con Parés (2009), se calcularon cuatro índices raciales y siete índices funcionales. Los índices raciales fueron: índice cefálico (ICE) = $ACA/LCA \times 100$, índice pelviano (IPE) = $AGR/LGR \times 100$, índice torácico (ITO) = $APE/PPE \times 100$, e índice corporal (ICO) = $LCO/PTO \times 100$. El ICE clasifica a los animales como dolico (<100), braqui (>100) o mesocéfalos (100); el IPE clasifica a la grupa como convexilínea (<100) o concavilínea (>100); el ITO clasifica a los animales como brevi (≥ 89), meso (entre 86 y 88) o longilíneos (≤ 85), y el ICO los clasifica como brevi (≤ 85), meso (entre 86 y 88) o longilíneos (≥ 90).

Los índices funcionales fueron: índice dáctilo torácico (IDT) = $PCA/PTO \times 100$, índice dáctilo costal (IDC) = $PCA/APE \times 100$, índice de profundidad relativa de tórax (IPR) = $PPE/ACR \times 100$, índice pelviano transversal (IPT) = $AGR/ACR \times 100$, índice pelviano longitudinal (IPL) = $LGR/ACR \times 100$, índice de espesor relativo de caña (IEC) = $PCA/ACR \times 100$ e índice de proporcionalidad (IPO) = $ACR/LCO \times 100$. El IDT presenta valores menores a 10 en animales de tipo lechero y mayores a 11 en los de tipo cárnico; el IDC con valores de 40-45 o menores indica una buena funcionalidad lechera; el IPR con valor mayor de 50 es indicativo de una tendencia al fenotipo cárnico; el IPT con valores mayores a 33 es indicativo de un animal productor de carne; el IPL, si no excede de 37 se relaciona con un animal productor de carne; el IEC presenta valores mayores en razas de aptitud cárnica; y el IPO presenta un valor menor a 100 en las razas cárnicas y mayor a 100 en las razas con tendencia lechera.

Los datos fueron analizados inicialmente por medio de estadística descriptiva y su normalidad fue constatada por medio de la prueba de bondad de ajuste del Chi cuadrado. Posteriormente se realizó un análisis de correlación de Pearson para determinar el grado de armonía morfoestructural de las cabras. Un modelo altamente armónico es aquel en el cual el número de correlaciones positivas significativas sobrepasa el 80% del total, uno medianamente armónico cuando rondan el 50% y un modelo poco armónico cuando solo se correlacionen menos del 25% de las variables (Herrera y Luque, 2009).

Las pruebas de Kaiser-Meyer-Olkin (medida de adecuación muestral = 0.866) y de esfericidad de Bartlett (Chi cuadrado = 2859.155, G.L. = 153, $p < 0.000$) mostraron que los datos tuvieron una calidad notable para ser sometidos al análisis factorial utilizando los componentes principales como método de extracción. Adicionalmente, se realizó un análisis de conglomerados jerárquicos usando el método de conglomeración del vecino más lejano (*complete linkage*) y la distancia Euclídea al cuadrado como medida de intervalo. Todos los análisis se realizaron usando el software estadístico SPSS 15.0 (SPSS, 2006; IBM, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las estadísticas descriptivas de las medidas corporales de las cabras de muestra en el Cuadro 1. La mayor variación ($CV > 10$) se ubica en todas las mediciones de la ubre y la oreja, así como en el ángulo de caída de grupa y la anchura del pecho. La gran variabilidad encontrada en la longitud y anchura de oreja y en las medidas de la ubre podría deberse a la introducción de sementales de las razas Boer y Nubia. Asimismo, la variabilidad en las medidas de la ubre se puede atribuir a la falta de selección, ya que todas las unidades de producción se han orientado hacia la producción de carne (Macedo-Barragán *et al.*, 2019).

Cuadro 1. Medidas corporales (cm) y ángulo de caída de grupa (°) de cabras mestizas mayores de dos años de la subprovincia fisiográfica Volcanes de Colima, México (n=371)

Medida	Media	DE	Mínimo	Máximo	CV
Anchura de cabeza	11.42	1.00	8.30	16.00	8.74
Longitud de cabeza	22.72	1.72	14.70	29.50	7.59
Anchura de oreja	7.66	1.34	3.00	10.30	17.57
Longitud de oreja	15.37	3.44	4.40	22.50	22.38
Alzada a la cruz	65.77	4.37	52.70	79.00	6.65
Anchura de pecho	15.60	1.84	10.30	21.50	11.79
Profundidad de pecho	30.35	2.96	16.90	46.90	9.76
Perímetro torácico	81.14	6.50	63.00	103.00	8.01
Longitud corporal	65.23	5.81	48.70	79.50	8.91
Perímetro de caña	8.35	0.63	6.50	10.50	7.56
Anchura de grupa	15.02	1.47	10.10	19.90	9.80
Longitud de grupa	20.79	1.84	13.60	26.90	8.87
Anchura inserción posterior de la ubre	7.16	2.44	3.00	19.00	34.00
Altura inserción posterior de la ubre	9.33	1.86	4.00	15.00	19.97
Diámetro del pezón	1.55	1.07	0.30	7.00	69.14
Longitud del pezón	4.86	2.41	1.50	16.00	49.67
Ángulo de caída de grupa	31.74	9.82	10.18	77.62	30.94

Las medidas corporales que presentaron un alto grado de variación son caracteres que podrían aplicarse a patrones de selección definidos que permitan reducir su variabilidad, pero tomando en consideración la orientación zootécnica de la raza. En el caso de aquellos hatos orientados a la producción de leche son deseables los animales con una mayor anchura de pecho, una ubre que presente una inserción posterior alta y ancha, y pezones de diámetro intermedio. Con respecto al ángulo de la grupa, es deseable una grupa nivelada (con menor ángulo de caída) que permita una mejor articulación de los miembros posteriores y una base de implantación de la ubre más larga y alta. Igualmente, una inclinación de

entre 25° y 30° facilita el drenaje de la leche (Sánchez *et al.*, 2009).

Por su parte, en los hatos orientados a la producción de carne, se deberá prestar especial atención a la selección de animales compactos, con buena conformación y estructura ósea en las regiones del tronco y de la grupa, que es donde se asientan los paquetes musculares de mayor tamaño y peso, lo cual resultará en canales bien conformados (Herrera y Luque, 2009).

En el Cuadro 2 se describen los índices raciales y funcionales, observándose una alta homogeneidad entre los animales, ya que solo

Cuadro 2. Índices raciales y funcionales de cabras mestizas mayores de dos años de la subprovincia fisiográfica Volcanes de Colima, México (n=371)

Índices	Media	DE	Mínimo	Máximo	CV
Raciales					
Cefálico	50.39	4.60	32.56	80.00	9.13
Corporal	80.56	6.23	60.64	103.69	7.73
Torácico	51.64	6.10	30.67	85.07	11.80
Pelviano	72.48	6.54	51.85	102.21	9.02
Funcionales					
Dáctilo torácico	10.32	0.79	7.74	13.64	7.16
Dáctilo costal	54.00	5.25	36.67	75.89	9.71
Pelviano transversal	22.86	2.00	17.20	34.21	8.78
Pelviano longitudinal	31.66	2.67	22.26	41.92	8.42
Espesor relativo de caña	12.73	1.03	9.94	17.86	8.07
Profundidad relativa de tórax	46.20	4.17	26.45	78.04	9.02
Proporcionalidad	101.37	8.45	73.68	134.91	8.34

el índice torácico mostró un coeficiente de variabilidad superior a 10. El índice cefálico (ICE) se refiere a la armonía de la cabeza, clasificándola como braquicéfala (ICE >100), mesocéfala (ICE =100) o dolicocefala (ICE <100) (Parés, 2009). En el presente estudio predominó la longitud sobre la anchura de la cabeza (ICE = 50.39), clasificando a las cabras como dolicocefalas. La variación de este índice no está influenciada por factores ambientales ni de manejo (Herrera y Luque, 2009).

El índice corporal (ICO) da una estimación de la proporcionalidad de los animales y los clasifica como longilíneos (esbeltos y alargados, ICO \geq 90), mediolíneos (ICO 86-88) o breviliíneos (compactos, ICO <85) (Parés, 2009). En este caso (ICO 80.56), las cabras fueron consideradas como breviliíneas. Por su parte, el índice torácico (ITO) refleja las variaciones en la forma de la sección torácica,

siendo mayor (más circular) en el ganado de carne y menor (más elíptico) en el ganado lechero (Parés, 2009). Este índice es complementario al ICO y los clasifica como longilíneos (ITO \leq 85), mediolíneos (86-88) o breviliíneos (ITO \geq 89), de allí que el valor promedio obtenido (51.64) clasifica a las cabras como longilíneos (Parés, 2009). Cabe señalar que no obstante que el ICO y el ITO son complementarios, hay ocasiones donde sus valores se contraponen (Parés, 2009).

El índice pelviano (IPE) da una idea de la estructura de la grupa y está relacionado con la aptitud reproductiva del animal. La grupa se puede clasificar como concavilínea (IPE >100) o convexilínea (IPE <100). El valor promedio encontrado (IPE = 72.48) muestra un claro predominio de la longitud con relación a su anchura (Parés, 2009). En este sentido, dado que los ovinocultores han elegido en mayor medida la raza Boer como

Cuadro 3. Correlaciones de Pearson entre medidas corporales de la cabra mestiza en la subprovincia fisiográfica Volcanes de Colima, México (n=371)

	ACA	LCA	AGR	LGR	ACR	LCO	PCA	PTO	APE	PPE
ACA	---									
LCA	0.43**	---								
AGR	0.37**	0.52**	---							
LGR	0.26**	0.43**	0.58**	---						
ACR	0.33**	0.50**	0.51**	0.45**	---					
LCO	0.35**	0.48**	0.52**	0.53**	0.47**	---				
PCA	0.42**	0.57**	0.58**	0.47**	0.38**	0.45**	---			
PTO	0.48**	0.62**	0.66**	0.56**	0.53**	0.59**	0.59**	---		
APE	0.27**	0.43**	0.51**	0.44**	0.32**	0.35**	0.57**	0.56**	---	
PPE	0.34**	0.51**	0.55**	0.45**	0.49**	0.55**	0.44**	0.65**	0.42**	---

ACA: anchura de cabeza; LCA: longitud de cabeza; AGR: anchura de grupa; LGR: longitud de grupa; ACR: alzada a la cruz; LCO: longitud corporal; PCA: perímetro de caña; PTO: perímetro torácico; APE: anchura de pecho; PPE: profundidad de pecho

** p<0.01

línea paterna y considerando el mayor peso y tamaño de los cabritos al nacimiento, es importante dirigir la selección hacia una mayor anchura de grupa, ya que esta se asocia a la anchura del cuerpo y, por lo tanto, a la amplitud del canal pélvico, situación determinante para una mayor facilidad al parto y para facilitar espacio para la ubre (Sánchez *et al.*, 2009).

Los índices dactilo torácico (IDT) y dactilo costal (IDC) se encuentran relacionados con la aptitud lechera. Estos indican el formato del animal y establece la relación entre la masa pectoral del animal y las extremidades que lo sostienen. El IDT provee una idea del grado de finura del esqueleto, clasificando a los animales como hipermétricos (formato grande), eumétricos (formato mediano) o elipométricos (formato pequeño), siendo menor a 10 en los animales de tipo lechero y mayor a 11 en los de tipo cárnico, en tanto que para el IDC valores entre 40 a 45 o menores son indicativos de una buena

funcionalidad lechera (Pares, 2008; Bravo y Sepúlveda, 2010). Los valores obtenidos para ambos índices (IDT = 10.32, IDC = 54.00) muestran un animal de aptitud zootécnica indefinida y con tendencia a un fenotipo cárnico respectivamente.

Al igual que los dos índices anteriores, el índice de espesor relativo de caña (IEC) muestra la relación de la fortaleza de las extremidades respecto a la masa corporal que sostienen, siendo mayor en las razas de aptitud cárnica. Al respecto, en concordancia con los valores obtenidos para el IDT y el IDC, el valor de 12.73 es consistente con animales con tendencia al fenotipo carníero.

Los índices pelviano transversal y pelviano longitudinal sirven para estimar la aptitud zootécnica de una raza relacionando respectivamente la anchura y la longitud de la grupa con la alzada a la cruz. Un IPT que exceda ampliamente un valor de 33 y un IPL que no exceda de 37 son indicadores apro-

Cuadro 4. Matriz de la estructura de componentes principales de las medidas corporales de la cabra mestiza en la subprovincia fisiográfica Volcanes de Colima, México (n=371)

Medida	Componente			
	1	2	3	4
Longitud de cabeza	0.108	0.662	0.181	0.143
Anchura de cabeza	-0.011	0.499	0.122	0.027
Longitud de oreja	-0.047	0.026	0.484	0.830
Anchura de oreja	-0.047	0.048	0.407	0.698
Perímetro torácico	0.186	0.895	0.309	-0.190
Perímetro de caña	0.064	0.611	0.170	0.105
Anchura de pecho	0.136	0.542	0.190	-0.110
Profundidad de pecho	0.145	0.726	0.036	-0.069
Alzada a la cruz	0.021	0.701	0.093	0.190
Longitud corporal	0.151	0.812	-0.514	0.179
Longitud de grupa	0.251	0.609	-0.030	0.022
Anchura de grupa	0.116	0.708	0.105	-0.015
Angulo de caída de grupa	-0.989	0.144	-0.003	-0.011
Altura inserción posterior ubre	0.090	0.157	-0.001	0.254
Anchura inserción posterior ubre	0.040	0.435	-0.074	-0.023
Longitud de pezón	0.040	0.375	-0.053	-0.076
Diámetro de pezón	0.007	0.307	-0.025	-0.138
Valor propio	97.268	79.314	16.554	12.771
Varianza explicada %	39.915	32.547	6.793	5.241
Varianza acumulada %	39.915	72.462	79.255	84.496

piados en un animal productor de carne (Parés, 2009). Los valores encontrados en las cabras en el presente estudio IPT = 22.86 e IPL = 31.66 muestran tendencia hacia el fenotipo carnívero.

El índice de profundidad relativa de tórax (IRT) relaciona la alzada a la cruz con la profundidad de pecho, lo cual es una medida indirecta de la longitud de las extremidades y

entre más exceda de 50 es indicativo de animales de extremidades cortas y pecho profundo con tendencia al fenotipo cárnico. De acuerdo con este índice (IRT = 46.20), las cabras tenderían a un fenotipo similar al mostrado por razas como la Blanca de Rasquera (IRT= 46.32), la cual muestra tendencia al fenotipo lechero (Carné *et al.*, 2007), pues se consideran como animales de extremidades elongadas con relación a su altura. Este

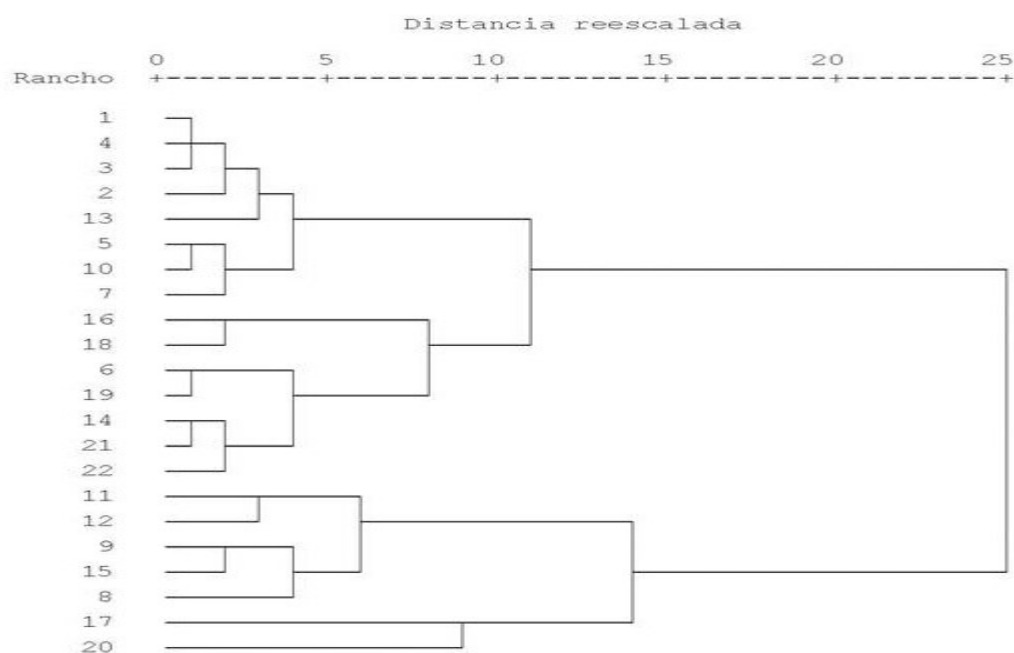


Figura 1. Conglomerado jerárquico de los ranchos caprinos de acuerdo con las medidas corporales de las cabras mestizas (n=371) en la subprovincia fisiográfica Volcanes de Colima, México

tipo de animal presenta capacidades cinéticas apropiadas para pastoreo extensivo en climas calurosos, ya que el cuerpo se mantiene más alejado de la radiación solar que emana del suelo (Hafez, 1968).

El índice de proporcionalidad (IPR = 101.37) mostró una aptitud con ligera tendencia a la producción de leche, ya que de acuerdo con Parés (2009), un valor mayor a 100 (predominancia de la alzada a la cruz sobre la longitud corporal) es característico de las razas lecheras como la Alpino Francesa, la cual según Gutiérrez *et al.* (2017) muestra un IPR de 114.6. Por el contrario, una predominancia de la longitud corporal sobre la alzada a la cruz, indica que la forma del animal tiende a ser rectangular, característica de las razas cárnicas como la Boer, cuyas hembras muestran un IPR de 99.61 (Chiemela *et al.*, 2016).

Las cabras mostraron un alto grado de armonía morfoestructural toda vez que todas sus medidas corporales se correlacionaron positiva y significativamente (Cuadro 3). Los mayores coeficientes de correlación se observaron entre el perímetro torácico y la anchura de grupa ($r=0.66$) y el perímetro torácico y la profundidad de pecho ($r=0.65$). Este alto grado de armonía morfoestructural resulta contradictorio ya que de acuerdo con Herrera y Luque (2009), esto es el resultado de la correcta aplicación de criterios de selección y ninguno de los productores ha establecido algún esquema de selección genética, ya que el cruzamiento de los animales se está llevando a cabo por absorción con razas de carne.

El análisis de componentes principales de las medidas corporales arrojó 17 componentes que explicaron el 100% de la varianza total observada, de los cuales los primeros

Cuadro 5. Medidas corporales de las agrupaciones por hato de cabras mestizas en la subprovincia fisiográfica Volcanes de Colima, México, formados por el análisis de componentes principales y de conglomerados jerárquicos

Medida	Grupo			
	1 (n = 115)	2 (n = 142)	3 (n = 99)	4 (n = 15)
Ángulo de caída de grupa (grados)	27.97	35.05	31.07	33.62
Perímetro torácico (cm)	79.24	79.85	84.14	88.15
Longitud corporal (cm)	62.45	64.58	69.38	65.22
Longitud de oreja (cm)	15.30	15.94	14.28	17.64

cuatro fueron retenidos ya que explicaron al menos el 80% de esta (Chan, 2004). En el CP1, el ángulo de caída de grupa presentó el mayor coeficiente de peso por lo que fue denominado factor pélvico. Este coeficiente presentó un signo negativo lo que indica que se encuentra inversamente correlacionado con otras medidas pélvicas como la anchura y altura de la grupa, por lo que el ángulo de caída será menor conforme la grupa sea más ancha y larga. El CP2 fue denominado factor de desarrollo torácico y presentó la mayor carga en el perímetro torácico, mientras que el CP3 tuvo el mayor peso en la longitud corporal por lo que fue denominado factor de desarrollo corporal. En conjunto, estos dos componentes son indicadores de la forma y la robustez corporal de las cabras. En el CP4 denominado factor cefálico, la longitud y la anchura de la oreja mostraron los mayores coeficientes de peso. Este factor permite identificar algunas de las razas que conforman la ascendencia de los animales, basado en la forma y tamaño de la oreja (Cuadro 4).

Tomando una distancia re-escalada de 10, el análisis de cluster jerárquico clasificó a las cabras en cuatro grupos (Figura 1). El

primero está conformado por las cabras de ocho ranchos (1, 4, 3, 2, 13, 5, 10 y 7), el segundo por las de siete (16, 18, 6, 19, 14, 21 y 22), el tercer grupo por las de cinco (11, 12, 9, 15 y 8) y el cuarto por únicamente dos (17 y 20). El primer y segundo grupo de ranchos se unen posteriormente a una distancia re-escalada de 11, en tanto que a una distancia re-escalada de 14 se unen el tercer y cuarto grupo de ranchos.

El grupo 1 se encuentra conformado por las cabras con un menor ángulo de caída de grupa, perímetro torácico y longitud corporal. En el grupo 2 se congregan las cabras con el mayor ángulo de caída de grupa, mientras que en el grupo 3 se concentran las cabras con las orejas más cortas y mayor longitud corporal. Las cabras que integran el grupo 4 presentan el mayor perímetro torácico y longitud de orejas (Cuadro 5).

Si bien el estudio de las medidas corporales y de los índices funcionales indican que, en lo general, las cabras muestran una funcionalidad zootécnica indefinida, los análisis de componentes principales y de conglomerados jerárquicos permiten identificar ca-

racterísticas distintivas entre las cabras que conforman los diversos hatos estudiados que facilitarían la implementación de programas de selección o cruzamiento de acuerdo con los objetivos productivos buscados. De esta forma, las cabras pertenecientes al grupo 1, caracterizadas por mostrar el menor ángulo de caída de grupa, serían las más apropiadas para orientarse hacia la producción de leche, ya que una grupa con una inclinación de entre 25° y 30° facilita el drenaje de la leche, determina una base de implantación de una ubre más larga y alta y permite un mejor juego de todas las articulaciones de los miembros posteriores (Sánchez *et al.*, 2009). Estas cabras presentan una mayor similitud con aquellas razas españolas que dieron origen a las poblaciones caprinas de México, como la cabra Blanca Celtibérica que se caracteriza por tener orejas medianas y una grupa escasamente inclinada (MAPA, 2019).

Por otra parte, si el objetivo zootécnico perseguido es la producción de carne, las cabras del grupo 4 muestran una predisposición hacia este fenotipo y presentan el mayor perímetro torácico y la mayor longitud de oreja, lo que indica un mayor grado de cruzamiento con razas cárnicas como la Boer o de doble propósito como la Nubia, caracterizadas por poseer orejas largas y pendulantes. Las cabras que integran los grupos 2 y 3, muestran un fenotipo característico de las razas doble propósito por lo que pueden ser orientadas hacia la producción de carne o de leche a través de programas de selección o de hibridación con razas especializadas.

CONCLUSIONES

Las cabras mestizas de la subprovincia fisiográfica Volcanes de Colima, México, constituyen una población heterogénea con alta variabilidad en la morfología de su glándula mamaria, grupa, tórax y orejas. Presentan un modelo morfoestructural altamente armónico y de acuerdo con sus índices racia-

les y funcionales son dolicocefalas, brevilineas, con un tórax elíptico, una grupa convexilínea y una aptitud zootécnica de doble propósito. El análisis factorial permitió por medio del análisis de la variabilidad de las medidas corporales, agrupar las cabras y facilitar la identificación de aquellas con mayor funcionalidad zoométrica para la producción de carne o leche.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Unión Ganadera Regional de Colima por el patrocinio del presente trabajo a través del proyecto «Estudio de la cabra criolla en la provincia eje neovolcánico del estado de Colima», así como a los estudiantes Adonay Mora, Francisco Javier Anguiano, José Alberto Gutiérrez y Salvador Centeno por su apoyo en la realización del trabajo de campo.

LITERATURA CITADA

1. **Boyazoglu J, Hatziminaoglou I, Morand-Fehr P. 2005.** The role of the goat in society: past, present and perspectives for the future. *Small Ruminant Res* 60: 13-23. doi: 10.1016/j.smallrumres.2005.06.003
2. **Bravo S, Sepúlveda N. 2010.** Índices zoométricos en ovejas criollas Araucanas. *Int J Morphol* 28: 489-495. doi: 10.4067/S0717-95022010000200025
3. **Carné S, Roig N, Jordana J. 2007.** La cabra Blanca de Rasquera: caracterización morfológica y faneróptica. *Arch Zootec* 56: 319-330.
4. **Chan YH. 2004.** Biostatistics 302. Principal component and factor analysis. *Singapore Med J* 45: 558-565.
5. **Chiemela PN, Sandip B, Mestawet TA, Egbu CF, Ugbo EH, Akpolu ES, Umanah IJ. 2016.** Structural indices of Boer, Central Highland and their F1 crossbred goats reared at Ataye farm, Ethiopia. *J Agric Res* 2: 1-19.

6. **García-Bonilla DV, Vargas-López S, Bustamante-González A, Torres-Hernández G, Calderón-Sánchez F, Olvera-Hernández I. 2018.** Goat production for meat in the mountain of Guerrero, México. *Agric Soc Desarro* 15: 1-7.
7. **Gutiérrez P, Herrera A, Romero A, Rivas M, Macedo R, Prado O. 2017.** Estudio de la morfología de cabras Alpinas Francesas primaras y su uso como predictor de la producción de leche. *AICA* 9(1): 109-116.
8. **Hafez ESE. 1968.** Principles of animal adaptation. In: Hafez ESE (ed). *Adaptation of domestic animals*. Philadelphia: Lea & Febiger. p 3-17.
9. **Hernández ZJS, Franco GFJ, Herrera GM, Rodero SE, Sierra VAC, Bañuelos CA, Delgado BJV. 2002.** Estudio de los recursos genéticos de México: características morfológicas y morfoestructurales de los caprinos nativos de Puebla. *Arch Zootec* 51: 53-64.
10. **Herrera M, Luque M. 2009.** Valoración morfológica en el ganado caprino extensivo de carne. En: Sañudo AC (ed). *Valoración morfológica de los animales domésticos*. España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. p 399-430.
11. **[INEGI] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2017.** Anuario estadístico y geográfico de Colima. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México. [Internet]. Disponible en: https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/COL_-ANUARIO_PDF.pdf
12. **Macedo-Barragán RJ, Abarca-Vargas D, Arredondo-Ruiz V, Hernández-Rivera JA. 2019.** Caracterización de la cabra criolla en la sub-provincia Volcanes de Colima y su sistema de producción. *Arch Zootec* 68: 332-341. doi: 10.21071/az.v68i263.4190
13. **Mellado M. 1997.** La cabra criolla en América Latina. *Vet México* 28: 333-343.
14. **[MAPA] Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2019.** Raza caprina Blanca Celtibérica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. [Internet]. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo/peligro-extincion/caprino/blanca-celtiberica/default.aspx>
15. **Montaldo HH, Torres-Hernández G, Valencia-Posadas M. 2010.** Goat breeding research in Mexico. *Small Ruminant Res* 89: 155-163. doi: 10.1016/j.smallrumres.2009.12.039
16. **Morand-Fehr P, Boutonnet JP, Devendra C, Dubeuf JP, Haenlein GFW, Holst P, Mowlem L, Capote J. 2004.** Strategy for goat farming in the 21st century. *Small Ruminant Res* 51: 175-183. doi: 10.1016/j.smallrumres.2003.08.013
17. **Parés CP. 2008.** Caracterització estructural i racial de la raça ovina Aranesa. Tesis Doctoral. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. 283 p.
18. **Parés CP. 2009.** Zoometría. En: Sañudo AC (ed). *Valoración morfológica de los animales domésticos*. España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. p 171-198.
19. **Revidatti MA, Prieto PN, De La Rosa S, Ribeiro MN, Capellari A. 2007.** Cabras criollas de la región norte Argentina. Estudio de variables e índices zoométricos. *Arch Zootec* 56(Supl 1): 479-482.
20. **Rodero EE, González MA. 2009.** Las regiones corporales de los animales domésticos. En: Sañudo AC (ed). *Valoración morfológica de los animales domésticos*. España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. p 103-139.
21. **Salako AE. 2006.** Application of morphological indices in the assessment of type and function in sheep. *Int J Morphol* 24: 13-18. doi: 10.4067/S0717-95022006000-100003

22. **Sánchez RM, Muñoz MME, Cárdenas BJM, Blanco CG. 2009.** Valoración morfológica en el ganado caprino lechero. En: Sañudo AC (ed). Valoración morfológica de los animales domésticos. España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. p 431-471.
23. **Scheaffer RL, Mendenhall W, Ott, L. 1990.** Elementary survey sampling. 4th ed. Boston: PWS-Kent. 390 p.
24. **[SENASICA] Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2019.** Normas oficiales mexicanas en materia de salud animal. Gobierno de México. [Internet]. Disponible en: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/normatividad-en-materia-de-salud-animal?idiom=es>
25. **[SIAP] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2019a.** Población ganadera. Caprino. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México, México. [Internet]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/412565/Caprino__2017.pdf
26. **[SIAP] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2019b.** Producción ganadera. Caprino. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México, México. [Internet]. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/
27. **Sierra I. 2009.** Importancia de la morfología y su valoración en los animales domésticos. En: Sañudo AC (ed). Valoración morfológica de los animales domésticos. España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. p 19-48.
28. **Valencia M, Montaldo HH. 2006.** Genetic evaluation of goats in the State of Guanajuato, Mexico. In: VIII World congress on Genetics applied to livestock production. Belo Horizonte: Instituto Prociência.