

Morfología de la cabeza y la cola de carneros Pelibuey, Katahdin y Blackbelly en Colima, México

Rafael Macedo*
Victalina Arredondo
Alejandro Cervantes

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
 Universidad de Colima
 Km. 40 Autopista Colima - Manzanillo
 28100, Tecmán, Colima, México

***Autor para correspondencia:**
 Tel: +52 313-322-9407
 Correo electrónico:
 macedo@ucol.mx

Resumen

En esta investigación se caracterizó, comparó y analizó la morfología cefálica y caudal de carneros Pelibuey, Katahdin y Blackbelly en el estado de Colima, México. A un total de 53 carneros mayores de dos años de edad se les midió 12 puntos cefálicos y caudales: anchura de cráneo, longitud de cráneo, anchura de cabeza, longitud de cabeza, profundidad de cabeza, anchura de cara, longitud de cara, anchura de oreja, longitud de oreja, longitud de cola, anchura de la base de la cola y anchura de la punta de la cola. Los carneros Katahdin tuvieron mayor anchura de cráneo, de cara y de punta de la cola que los carneros Pelibuey y Blackbelly ($P \leq 0.02$). La anchura de la base de la cola fue mayor en los carneros Katahdin que en los Pelibuey ($P = 0.01$) con valores intermedios para los carneros Blackbelly. El análisis canónico identificó dos funciones canónicas significativas, CAN1 y CAN2, que explicaron el 92 % y el 8 % de la variación total respectivamente. Los carneros Katahdin se diferencian de los carneros Pelibuey y Blackbelly por la anchura de la punta de la cola, en tanto que la longitud de la cabeza y la anchura de la base de la cola diferencia a los carneros Pelibuey y Blackbelly. Todos los carneros Katahdin fueron clasificados correctamente dentro de su raza, mientras que la mayoría de los carneros Pelibuey (58.60 %) fueron agrupados erróneamente como Blackbelly. Asimismo, un grupo significativo, el 40 % de los carneros Blackbelly fueron clasificados erróneamente como Pelibuey. No obstante que los carneros Pelibuey, Blackbelly y Katahdin cumplieron con los estándares de sus respectivas razas, la caracterización fenotípica mediante el análisis canónico discriminante demostró el alto grado de hibridación entre estas razas. Además, las mediciones prueban que la longitud de cabeza y la anchura de la base y de la punta de la cola, son las variables más precisas para identificar y clasificar las tres razas de ovinos.

Palabras clave: Análisis canónico; Medidas caudales; Medidas cefálicas; Ovinos de pelo.

Recibido: 2016-04-19
 Aceptado: 2016-08-19
 Publicado: 2016-09-08

Información y declaraciones adicionales
 en la página 7

© Derechos de autor:
 Rafael Macedo *et al.* 2016

acceso abierto 



Distribuido bajo una Licencia Creative Commons
 Atribución 4.0 Internacional (CC-BY 4.0)

Introducción

Las razas Pelibuey y Blackbelly fueron las primeras razas de pelo introducidas a México y en la actualidad constituyen la base de la producción ovina tropical del

país y del estado de Colima (Romualdo *et al.*, 2004; Dzib *et al.*, 2011; Arredondo *et al.*, 2016). Ambas son criadas y manejadas bajo las mismas condiciones y comparten características importantes como la ausencia de estacionalidad, las altas tasas de fertilidad y prolificidad, la alta adaptabilidad al calor, la humedad, los parásitos, la escasez de alimento, entre otras condiciones ambientales adversas (González *et al.*, 1992; Carrillo y Segura 1993; Wildeus, 1997; Dzib *et al.*, 2011).

En años recientes, el mejoramiento genético de estas razas se ha orientado hacia el incremento de la ganancia de peso, la conversión alimenticia y el rendimiento en canal en ocasiones, a través de cruzamientos mal dirigidos con razas especializadas importadas (principalmente Katahdin). Esto ha ocasionado su erosión genética y la pérdida de sus características morfológicas, productivas y reproductivas (Romualdo *et al.*, 2004; Vilaboa *et al.*, 2010; Arredondo *et al.*, 2013).

En varios países, junto con la implementación de análisis genéticos, los criadores han afrontado esta problemática a través de estudios de caracterización fenotípica (Arora *et al.*, 2010; Salako, 2013; Gwala *et al.*, 2015). La caracterización fenotípica es una técnica ampliamente utilizada que constituye la base para diferenciar grupos de animales y/o razas a través de sus características distintivas (Gomes *et al.*, 2016) y provee información esencial para la planeación y el manejo de los recursos genéticos animales (FAO, 2012).

Entre las medidas corporales utilizadas en los estudios fenotípicos, las medidas caudales son de gran relevancia y constituyen la base para la clasificación de razas ovinas en el mundo (Gizaw *et al.*, 2011; Handiwirawan *et al.*, 2011). Asimismo, debido a que ni los factores ambientales ni de manejo influyen las medidas cefálicas, son de especial importancia para la caracterización racial de los ovinos (Herrera y Luque, 2009).

La raza Pelibuey comparte con la Katahdin características fenotípicas similares como el color del pelo, y la ausencia de cuernos y lana (AMCO, 1998). El color de capa de la raza Blackbelly es una característica genética dominante en su cruce con otras razas de pelo y debido al aún alto costo de las pruebas de caracterización genética, resulta importante desarrollar una herramienta que, a través de la comparación fenotípica, proporcione una representación razonable de las diferencias genéticas entre estas razas. Bajo este contexto, el objetivo de esta investigación fue caracterizar, comparar y analizar la morfología cefálica y caudal de carneros Pelibuey, Katahdin y Blackbelly en el estado de Colima, México.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en Colima, estado de la República Mexicana localizado en la parte media de la vertiente del Pacífico entre los paralelos 18°41' y 19°39' latitud norte y los meridianos 103°30' y 104°41' longitud oeste. Predomina el clima cálido sub-húmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual fluctúa entre los 23°C para la zona norte del estado y los 26.4 °C para la zona de la costa, con una precipitación media anual de 1 233.4 mm en los municipios de la zona norte y de 801.7 mm en la región costa (INEGI, 2010).

Se estudió un grupo de 53 sementales mayores de dos años de edad (determinada por dentición) compuesto por 29 Pelibuey, 14 Katahdin y 10 Blackbelly. La mayoría de ellos fueron adquiridos como de raza pura, sin certificado, aunque

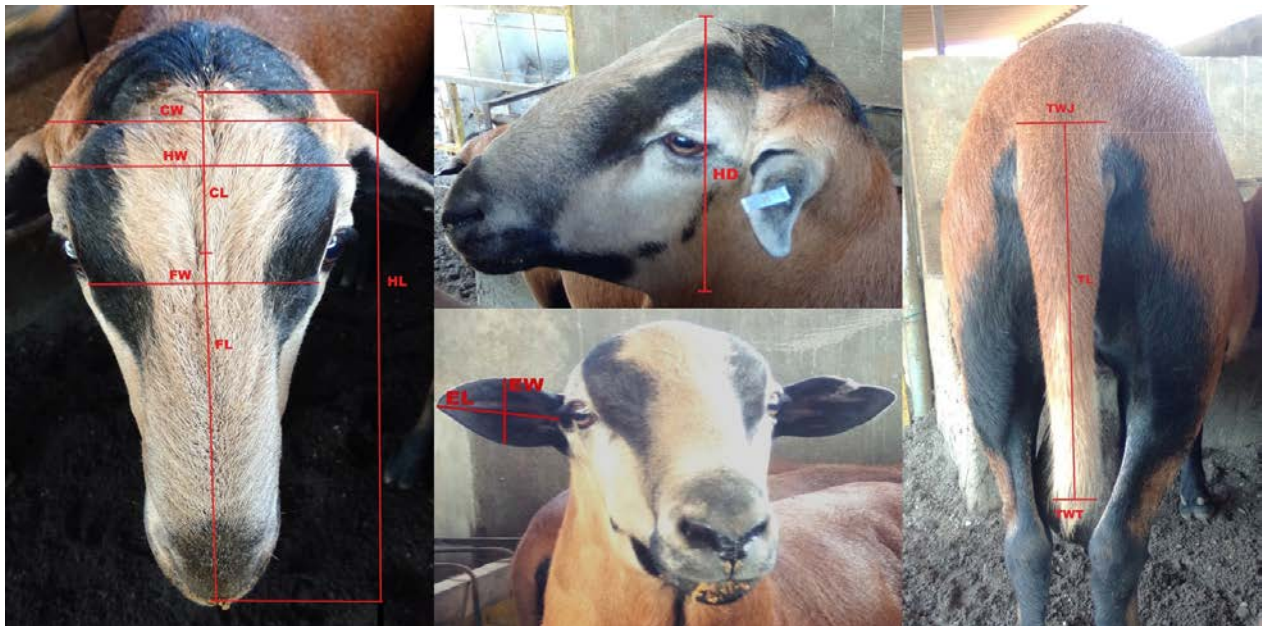


Figura 1. Medidas caudales y cefálicas: HL = longitud de cabeza, HW = anchura de cabeza, HD = profundidad de cabeza, CL = longitud de cráneo, CW = anchura de cráneo, FL = longitud de cara, FW = anchura de cara, EL = longitud de oreja, EW = anchura de oreja, TL = longitud de cola, TWJ = anchura de la base de la cola, TWT = anchura de la punta de la cola.

cumplían con las características fenotípicas de sus respectivas razas de acuerdo con los estándares dictados por la Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos (AMCO, 1998). Según la metodología de Sarma (2006) y Pares (2009) se registraron las siguientes medidas cefálicas y caudales de los carneros:

Anchura de cráneo: distancia entre la base de los cuernos; longitud de cráneo: distancia entre el punto central de la sutura frontonasal y el punto medio de la cresta de la nuca; anchura de cabeza: distancia entre los arcos zigomáticos; longitud de cabeza: distancia entre el punto más alto del parietal y el centro del margen rostral del hueso incisivo; profundidad de cabeza: distancia entre la superficie anterior del hueso frontal y el punto más convexo de la rama mandibular; anchura de cara: distancia entre las extensiones caudales de los bordes orbitarios; longitud de cara: distancia entre la sutura frontonasal y el centro del hueso incisivo; anchura de oreja: distancia transversal del centro de la oreja; longitud de oreja: distancia rectilínea entre la base y la punta de la oreja; longitud de cola: distancia rectilínea entre la base y la punta de la cola; anchura de la base de la cola: distancia transversal de la base de la cola; anchura de la punta de la cola: distancia transversal de la punta de la cola (figura 1).

Se analizó el efecto de la raza sobre las medidas cefálicas y caudales mediante el procedimiento PROC GLM del SAS con un diseño completamente al azar y, a través de la prueba de mínimos cuadrados se establecieron las diferencias entre los tratamientos. El modelo fue $Y_{ij} = \mu + B_i + e_{ij}$ donde, Y_{ij} = la variable dependiente μ = media general, B_i = el efecto fijo de la i ésima raza (Pelibuey, Blackbelly, Katahdin) y e_{ij} = error residual asociado con el registro de cada animal. Se declaró significancia estadística si $P < 0.05$. Debido a que algunas de las variables no se distribuyeron normalmente al aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, $P < 0.05$, se transformaron los datos con la función logaritmo.

Cuadro 1. Medidas cefálicas y caudales (en centímetros) de carneros de tres razas de pelo en Colima, México

Variable	Pelibuey	Katahdin	Blackbelly	EE	P
Anchura de cráneo	15.55 ^b	16.36 ^a	15.30 ^b	0.14	0.02
Longitud de cráneo	8.83 ^a	8.68 ^a	8.60 ^a	0.17	0.89
Anchura de cabeza	13.90 ^a	14.57 ^a	14.05 ^a	0.14	0.16
Longitud de cabeza	23.33 ^a	23.32 ^a	24.40 ^a	0.22	0.15
Profundidad de cabeza	16.62 ^a	16.79 ^a	16.90 ^a	0.17	0.88
Anchura de cara	12.31 ^b	13.29 ^a	12.30 ^b	0.15	0.01
Longitud de cara	14.50 ^a	14.64 ^a	15.80 ^a	0.25	0.20
Anchura de oreja	6.09 ^a	6.50 ^a	6.10 ^a	0.10	0.12
Longitud de oreja	10.83 ^a	10.39 ^a	10.95 ^a	0.08	0.25
Anchura de la base de cola	6.69 ^b	7.64 ^a	7.05 ^{ab}	0.14	0.01
Anchura de la punta de cola	1.55 ^b	2.36 ^a	1.55 ^b	0.08	0.00
Longitud de cola	35.35 ^a	35.07 ^a	33.80 ^a	0.47	0.58

Literales diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Después, se utilizó el procedimiento PROC CANDISC of SAS para realizar un análisis canónico discriminante, calcular la distancia de Mahalanobis, obtener funciones canónicas (combinaciones lineales de las variables continuas que resumen la variación entre las tres razas) y dar una interpretación visual de las diferencias entre las razas. Asimismo, se calculó la capacidad de estas funciones canónicas para asignar a cada carnero a su raza como el porcentaje de la asignación correcta de cada raza. Antes de esta valoración, con la lambda de Wilks se probó si la función discriminante era significativa (Yakubu e Ibrahim, 2011; Asamoah-Boaheng y Sam, 2016; Gomes *et al.*, 2016).

Resultados

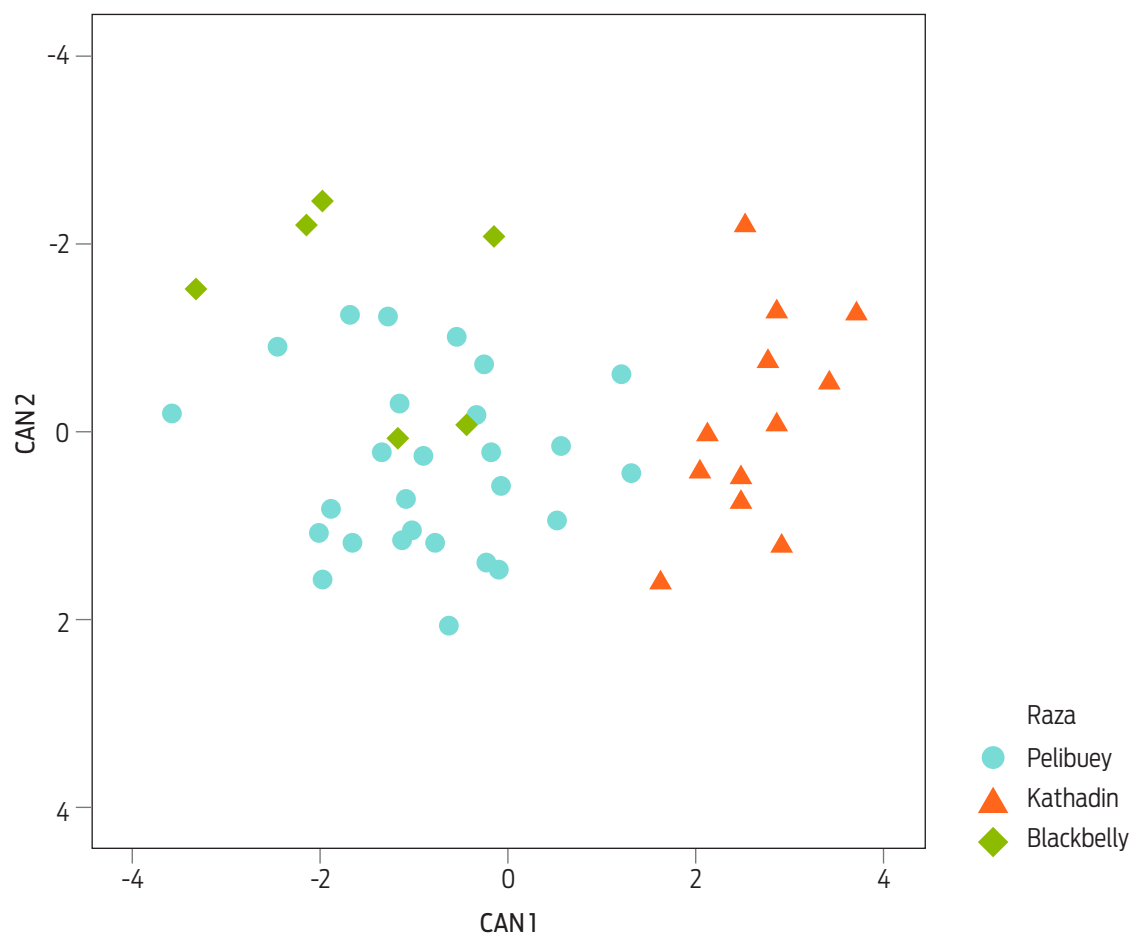
Los carneros Katahdin tuvieron mayor anchura de cráneo, de cara y de la punta de la cola que los carneros Pelibuey y Blackbelly ($P \leq 0.02$). La anchura de la base de la cola fue mayor ($P = 0.01$) en los carneros Katahdin que en los Pelibuey. Los Blackbelly tuvieron valores intermedios (cuadro 1).

La hipótesis de igualdad de las medidas cefálicas y caudales entre los carneros fue analizada usando la lambda de Wilks. Este parámetro presentó un valor significativo 0.196 ($\chi^2 = 73.24$, $n = 22$, $P = 0.0001$) por lo que las discrepancias entre las razas fueron estadísticamente diferentes a cero. El análisis canónico discriminante identificó dos funciones canónicas significativas ($P < 0.001$), CAN1 y CAN2, que explicaron el 92% y 8 % de la variación total respectivamente. Los carneros Katahdin se diferencian de los carneros Pelibuey y Blackbelly por la anchura de la punta de la cola, en tanto que la longitud de la cabeza y la anchura de la base de la cola diferencian a los carneros Pelibuey y Blackbelly (cuadro 2; figura 2).

Todos los carneros Katahdin fueron clasificados correctamente dentro de su raza, mientras que la mayoría de los carneros Pelibuey (58.60 %) fueron agrupados como Blackbelly. Asimismo, el 40% de Blackbelly, un grupo significativo, fueron clasificados erróneamente como Pelibuey (cuadro 3).

Cuadro 2. Matriz de estructura y coeficientes de correlación canónica de carneros de tres razas de pelo en Colima, México

Variable	CAN 1	CAN 2
Anchura de cráneo	0.234	-0.042
Anchura de cabeza	0.157	0.219
Anchura de cara	0.251	0.154
Longitud de cabeza	-0.074	0.472
Longitud de cráneo	-0.011	-0.143
Longitud de oreja	-0.138	0.014
Anchura de oreja	0.174	0.131
Profundidad de cabeza	0.010	0.180
Anchura de la base de cola	0.220	0.438
Anchura de la punta de cola	0.471	0.302
Longitud de cola	0.028	-0.326

**Figura 2.** Representación bidimensional de las variables canónicas asociadas a carneros muestreados en Colima, México

Cuadro 3. Porcentaje de carneros clasificados dentro de su raza

	Raza pronosticada		
Raza	Pelibuey	Katahdin	Blackbelly
Pelibuey	24.10	17.20	58.60
Katahdin	0.00	100.00	0.00
Blackbelly	30.00	10.00	60.00

Discusión

En otras investigaciones realizadas en México, se ha evaluado la variación fenotípica entre las razas Pelibuey, Katahdin y Blackbelly, sin embargo, estos análisis se han enfocado en la evaluación del peso vivo, y de las medidas torácicas y pélvicas principalmente en ovejas y corderos. Vilaboa y sus colegas (2010) encontraron que el peso vivo fue la mayor fuente de variación entre ovejas Pelibuey y Katahdin, mientras López-Carlos y sus colegas (2010) hallaron que el perímetro torácico, abdominal y del cuello explicó mayoritariamente la variación entre corderos Pelibuey, Katahdin y Blackbelly.

En la primera de estas investigaciones, las ovejas Katahdin mostraron mayor anchura de cabeza y las Pelibuey tuvieron orejas más largas. La longitud promedio de la oreja de los carneros Pelibuey (10.83 cm) fue significativamente mayor a la obtenida (9 cm) en el estudio de Ruz (1966).

Como lo indican Gizaw y sus colegas (2011), la forma de la cola es una característica morfológica importante en la clasificación ovina y se relaciona con la historia evolutiva de las poblaciones que las originaron. Tan solo en Etiopía, se han clasificado 14 razas de ovinos a partir de esta característica, en cambio en Indonesia, la anchura y longitud de la cola han servido para diferenciar y clasificar cinco razas ovinas (Handiwirawan *et al.*, 2011). La longitud de la cola de los ovinos Pelibuey promedió 35.35 cm en este análisis, mientras que Ruz (1966) y Cyrman (1982) señalan que la presencia de una cola corta con una longitud de entre 20 y 22 cm es característica distintiva de esta raza. Este hallazgo junto con el incremento en la longitud de la oreja puede ser consecuencia de la hibridación de esta raza con la raza Katahdin.

La asignación de una parte importante de individuos de la raza Pelibuey dentro de la raza Blackbelly y viceversa puede explicarse por la evolución conjunta que estas dos razas han seguido en las zonas tropicales de México. Al compartir características como la ausencia de estacionalidad reproductiva, las altas tasas de fertilidad y prolificidad así como la gran adaptabilidad al calor, la humedad, los parásitos y la escasez de forraje, los productores han permitido y alentado su cruzamiento.

La clasificación errónea de carneros Pelibuey como Katahdin confirma la hibridación observada entre ambas razas. Durante muchos años, los principales criadores de la raza Pelibuey en México, han cruzado este linaje con la raza Katahdin para incrementar las dimensiones corporales de los animales.

Bravo y Sepulveda (2010) concluyeron que la variabilidad cefálica en ovejas criollas Araucanas, es consecuencia de su cruzamiento con razas de carne importadas como la Suffolk. En el caso de las razas Pelibuey y Katahdin, el pelo negro ayuda a identificar con claridad la presencia de genes de la raza Blackbelly.

Desde el punto de vista productivo, resulta importante conocer el grado de pureza genética o de hibridación presente entre estas razas. A pesar de que al-

gunos estudios revelan que la raza Katahdin es una de las de mayor potencial para la producción de carne en el trópico (Atto, 2007) y que las ovejas Pelibuey empadradas con carneros Katahdin producen camadas de mayor peso que aquellas empadradas con carneros Pelibuey (Macías *et al.*, 2012), las ovejas Katahdin manifiestan la menor prolificidad y el mayor intervalo entre partos entre las razas de pelo americanas (Atto, 2007).

Esto demuestra que si bien es importante incrementar la producción de carne ovina en el trópico a través del cruzamiento de las razas nativas como Pelibuey y Blackbelly con razas sintéticas como la Katahdin, debe realizarse a través de cruzamiento terminal (Cienfuegos *et al.*, 2010).

Conclusiones

No obstante que los carneros Pelibuey, Blackbelly y Katahdin cumplieron con los estándares de sus respectivas razas, la caracterización fenotípica a través del análisis canónico discriminante demostró la existencia de un alto grado de hibridación entre ellas, además reveló que la longitud de cabeza y la anchura de la base y de la punta de la cola, fueron las variables más precisas para identificar y clasificar las tres razas de ovinos.

Financiamiento

This study was partially funded by the project "Estudio morfo-estructural del ovino Pelibuey en el estado de Colima, Asociación de Ovinocultores del estado de Colima.

Conflictos de interés

Los autores declaran que no hay conflictos de interés.

Contribución de los autores

Rafael Macedo dirigió la investigación, analizó los datos y escribió parte del documento.

Víctalina Arredondo interpretó los resultados y escribió parte del documento.

Alejandro Cervantes midió a los animales, interpretó los resultados y escribió parte del documento.

Referencias

- 1) [AMCO] Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos. 1998. *Lineamientos para la Clasificación de las Razas Ovinas en México*. DF, México: Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos.
- 2) Arora R, Bhatia S, Jain A. 2010. Morphological and genetic characterization of Ganjam sheep. *Animal Genetic Resources*, 46:1-9. DOI:10.1017/S2078633610000627.
- 3) Arredondo RV, Macedo BR, Molina CJ, Magaña AJ, Prado RO, García MLJ, Herrera CA, Lee RH. 2013. Morphological characterization of Pelibuey sheep in

- Colima, México. *Tropical Animal Health and Production*, 45:895-900. DOI: 10.1007/s11250-012-0303-1.
- 4) Arredondo RV, Macedo BRJ, Cruz EC, Prado RO, García MLJ. 2016. Caracterización de las unidades de producción ovinas de los productores organizados de Colima, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 7:31-36.
 - 5) Asamoah-Boaheng M, Sam EK. 2016. Morphological characterization of breeds of sheep: a discriminant analysis approach. *SpringerPlus*, 5. DOI: 10.1186/s40064-016-1669-8.
 - 6) Atto MJA. 2007. Importancia de los ovinos tropicales introducidos al país: características productivas y reproductivas. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 15(Supl. 1):310-315.
 - 7) Bravo S, Sepúlveda N. 2010. Índices zoométricos en ovejas criollas Araucanas. *International Journal of Morphology*, 28:489-495.
 - 8) Carrillo A, Segura JC. 1993. Environmental and genetic effects on preweaning growth performance of hair sheep in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 25:173-178.
 - 9) Cienfuegos REG, González RA, Hernández MJ, Zárate FP, Ibarra HMA, Lucero MFA, Martínez GJC. 2010. Mejoramiento genético de la producción ovina mediante estrategias de cruzamientos con razas de pelo. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 18:49-56.
 - 10) Cyrman AS. 1982. *Técnica de fijación de pene en borregos receladores* [tesis de licenciatura]. Veracruz, México: Universidad Veracruzana.
 - 11) Dzib CA, Ortiz de Montellano A, Torres-Hernández G. 2011. Variabilidad morfoestructural de ovinos Blackbelly en Campeche, México. *Archivos de Zootecnia*, 60:1291-1301.
 - 12) [FAO] Food and Agriculture Organization. 2012. *Phenotypic Characterization of Animal Genetic Resources*. Rome, Italy: FAO Animal Production and Health Guidelines.
 - 13) Gizaw S, Komen H, Hanotte O, van Arendonk JAM, Kemp S, Haile A, Mwai O, Dessie T. 2011. *Characterization and conservation of indigenous sheep genetic resources: A practical framework for developing countries*. ILRI Research Report No. 27 Addis Ababa, Ethiopia: International Livestock Research Institute.
 - 14) Gomes AJK, Vieira da Silva NM, de Barros NR, Pimenta FEC, de Albuquerque BLH, Ribeiro MN. 2016. Multivariate analysis as a tool for phenotypic characterization of an endangered breed. *Journal of Applied Animal Research*, 44. DOI: 10.1080/09712119.2015.1125353.
 - 15) González A, Murphy BD, Foote WC, Ortega E. 1992. Circannual estrous variations and ovulation rate in Pelibuey ewes. *Small Ruminant Research*, 8:225-232.
 - 16) Gwala PE, Kunene NW, Bezuidenhout CC, Mavule BS. 2015. Genetic and phenotypic variation among four Nguni sheep breeds using random amplified polymorphic DNA (RAPD) and morphological features. *Tropical Animal Health and Production*, 47:1313-1319. DOI: 10.1007/s11250-015-0865-9.
 - 17) Handiwirawan E, Noor RR, Sumantri C, Subandriyo. 2011. The differentiation of sheep breed based on the body measurements. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 36:1-8.
 - 18) Herrera M, Luque M. 2009. Morfoestructura y sistemas para el futuro en la valoración morfológica. In: Sañudo AC (ed). *Valoración Morfológica de los Ani-*

- males Domésticos*. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- 19) [INEGI] Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2010. *Anuario Estadístico de Colima 2010*. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
 - 20) López-Carlos MA, Ramírez RG, Aguilera-Soto JI, Aréchiga CF, Rodríguez H. 2010. Size and shape analyses in hair sheep ram lambs and its relationships with growth performance. *Livestock Science*, 131:203-211. DOI: 10.1016/j.livsci.2010.04.001.
 - 21) Macías-Cruz U, Álvarez-Valenzuela FD, Olguín-Arredondo HA, Molina-Ramírez L, Avendaño-Reyes L. 2012. Ovejas Pelibuey sincronizadas con progestágenos y apareadas con machos de razas Dorper y Katahdin bajo condiciones estabuladas: producción de la oveja y crecimiento de los corderos durante el período predestete. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 44:29-37. DOI: 10.4067/S0301-732X2012000100005.
 - 22) Pares CPM. 2009. Zoometría. In: Sañudo AC (ed). *Valoración Morfológica de los Animales Domésticos*. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
 - 23) Romualdo JG, Sierra AC, Ortiz JR, Hernández JS. 2004. Caracterización morfométrica del ovino Pelibuey local en Yucatán, México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 12(Supl. 1):26-31.
 - 24) Ruz JG. 1966. *Estudio del Ovino Tropical «Peligüey» del Sureste de México y sus Cruzas con Ovino Merino* [tesis de licenciatura]. DF, México,: Universidad Nacional Autónoma de México.
 - 25) Salako AE. 2013. Genetic and phenotypic profiles of West African dwarf and Yankasa sheep breeds in Nigeria. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 5:47-53. DOI: 10.5897/IJBC11.012.
 - 26) Sarma K. 2006. Morphological and craniometrical studies on the skull of Kagani goat (*Capra hircus*) of Jammu region. *International Journal of Morphology*, 24:449-455.
 - 27) [SAS] SAS Institute. 2002. *The SAS System*, release 9.0 for Windows. Cary, North Carolina, USA [access: 25 sep 2013].
 - 28) Vilaboa AJ, Bozzi R, Díaz RP, Bazzi L. 2010. Conformación corporal de las razas ovinas Pelibuey, Dorper y Kathadin en el estado de Veracruz, México. *Zootecnia Tropical*, 28:321-328.
 - 29) Wildeus S. 1997. Hair sheep genetic resources and their contribution to diversified small ruminant production in the United States. *Journal of Animal Science*, 75(3):630-640.
 - 30) Yakubu A, Ibrahim IA. 2011. Multivariate analysis of morphostructural characteristics in Nigerian indigenous sheep. *Italian Journal of Animal Science*, 10:83-86. DOI: 10.4081/ijas.2011.e17.

Head and tail morphology of Pelibuey, Katahdin and Blackbelly rams in Colima, México

Rafael Macedo*
Victalina Arredondo
Alejandro Cervantes

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad de Colima
Km. 40 Autopista Colima - Manzanillo
28100, Tecmán, Colima, México

*Corresponding author:
Tel: +52 313-322-9407
Email address:
macedo@ucol.mx

Abstract

A study was conducted with the objective of characterizing, comparing and analyzing the cephalic and caudal morphologies of Pelibuey, Katahdin and Blackbelly rams in the state of Colima, Mexico. A total of 53 rams, up to 2 years of age were scored for the following 12 cephalic and caudal measurements: cranial width, cranial length, head width, head length, head depth, face width, face length, ear width, ear length, tail length, tail width at the joint and tail width at the tip. Katahdin rams had a significantly greater cranial width, head width and tail at the tip width than Pelibuey and Blackbelly rams ($P \leq 0.02$). The tail width at the joint was greater in Katahdin rams than in Pelibuey rams ($P = 0.01$), and Blackbelly rams have intermediate values. Canonical analysis identified two significant canonical variables, CAN1 and CAN2, which accounted for 92% and 8% of the total variation, respectively. Katahdin rams were separated from Pelibuey and Blackbelly rams by the tail width at the tip, while the head length and tail width at the joint differentiated the Pelibuey and Blackbelly rams. All Katahdin rams were correctly assigned within their breed group, while most Pelibuey rams (58.60%) were erroneously grouped as Blackbelly. Likewise, a significant proportion of the Blackbelly rams (40%) were misclassified as Pelibuey. Although Pelibuey, Blackbelly and Katahdin rams meet the standards of their respective breeds, phenotypic characterization using canonical discriminant analysis demonstrated the existence of a high degree of crossbreeding among these breeds and showed that the head length, tail width at the tip and tail width at the joint were the most discriminating variables for identifying and separating the three sheep breeds.

Keywords: Canonical analysis; Caudal measures; Cephalic measures; Hair sheep.

Introduction

Pelibuey and Blackbelly were the first hair sheep breeds introduced to Mexico, and they are the basis of tropical sheep production in the country and in the state of Colima (Romualdo *et al.*, 2004; Dzib *et al.*, 2011; Arredondo *et al.*, 2016). Both are reared and managed under the same production system and share important characteristics, such as non-seasonal reproductive activity, high fertility and proli-

Received: 2016-04-19
Accepted: 2016-08-19
Published: 2016-09-08

Additional information and declarations
can be found on page 7

© Copyright 2016
Rafael Macedo *et al.*

open access 



Distributed under Creative Commons CC-BY 4.0

cacy as well as considerable adaptability to heat, humidity, parasites, food scarcity, and other harsh environmental conditions (González *et al.*, 1992; Carrillo and Segura, 1993; Wildeus, 1997; Dzib *et al.*, 2011).

In recent years, the genetic improvement of the Pelibuey and Blackbelly breeds has been oriented towards weight gain, feed conversion efficiency, and carcass yield, which are often through misdirected crossbreeding with specialized and imported breeds (mainly Katahdin). This has led to the loss of genetic diversity, in this breeds and a lack of morphological, reproduction and production characteristics of these (Romualdo *et al.*, 2004; Vilaboa *et al.*, 2010; Arredondo *et al.*, 2013).

In various countries, along with genetic studies, this problematic has been addressed through phenotypic characterization studies (Arora *et al.*, 2010; Salako, 2013; Gwala *et al.*, 2015). Phenotypic characterization is a widely used technique that allows for identification of distinctive characteristics in breeds and has become the basis for differentiating between groups and/or breeds (Gomes *et al.*, 2016), and the Food and Agriculture Organization has emphasized that the information provided by these studies is essential for planning the management of animal genetic resources (FAO, 2012).

Among the body measurements that can be used in phenotypic studies, caudal measurements are a significant morphological characteristic used to classify sheep breeds around the world (Gizaw *et al.*, 2011; Handiwirawan *et al.*, 2011). Additionally, because cephalic measurements are not influenced by environmental factors or management, they are very important for breed type characterization (Herrera and Luque, 2009).

Hair sheep breeds like Pelibuey and Katahdin share phenotypic characteristics, such as hair coat and the absence of horns and wool (AMCO, 1998). Considering that the color of the Blackbelly hair coat is a dominant genetic trait in crosses with other hair breeds and the high cost of genetic characterization tests, it becomes important to develop a tool that uses a phenotypic comparison based on morphological characteristics that can provide a reasonable representation of the genetic differences among these breeds. Therefore, the objective of this study was, therefore, to characterize, compare, and analyze the cephalic and caudal morphologies of Pelibuey, Katahdin and Blackbelly rams in the state of Colima, Mexico.

Materials and methods

The study was conducted in the state of Colima, Mexico, located in the middle of the Pacific coast between latitudes 18°41' N and 19°39' N and longitudes 103°30' W and 104°41' W. The climate is warm and subhumid with summer rains. The average annual temperature and rainfall fluctuate between 23 °C and 1,233.4 mm for the north zone to 26.4 °C and 801.7 mm for the coastal area (INEGI, 2010).

A group of 53 rams up to 2 years of age (determined by dentition), composed of 29 Pelibuey, 14 Katahdin and 10 Blackbelly were studied. Rams were acquired from breeders in the region as purebred; most lacked registration, but each met the phenotypic standards of the Mexican Association of Sheep Breeders for its respective breed (AMCO, 1998). According to Sarma (2006) and Pares (2009), rams were scored for 12 cephalic and caudal measurements as follows:

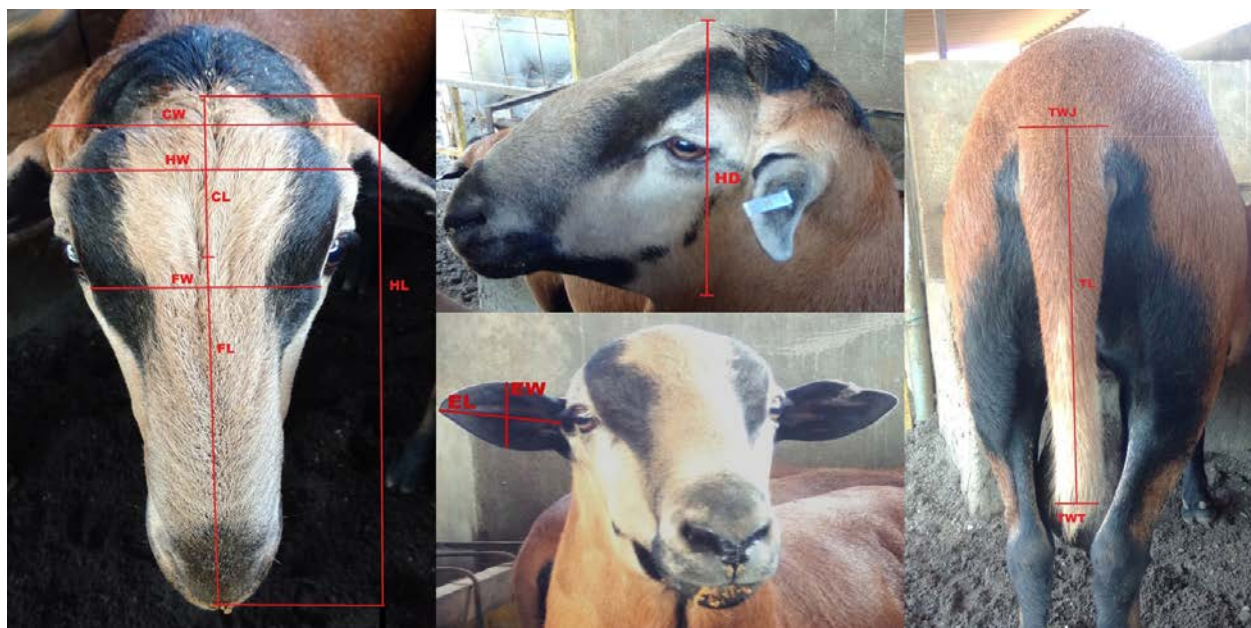


Figure 1. Cephalic and caudal measurements: HL = head length, HW = head width, HD = head depth, CL = cranial length, CW = cranial width, FL = face length, FW = face width, EL = ear length, EW = ear width, TL = tail length, TWJ = tail width at the joint, TWT = tail width at the tip

Cranial width: distance between the bases of the horns; cranial length: distance from the central point of the frontonasal suture to the middle point of the nuchal crest; head width: distance between the two zygomatic arches; head length: distance between the highest points of the parietals to the middle of the rostral margin of the incisive bone; head depth: distance between the anterior surface of the frontal bone and the most convex point of the mandibular branch; face width: distance between the caudal extents of the orbital rims; face length: distance from the frontonasal suture to the center of the incisive bone; ear width: transverse distance from the middle of the ear; ear length: rectilinear distance from the ear bottom to the tip; tail length: rectilinear distance from the tail base to the tip; tail width at the joint: transverse distance from the tail base; and tail width at the tip: transverse distance from the tail tip (Figure 1).

The influence of the breed on the cephalic and caudal measurements was analyzed using the PROC GLM procedure of SAS as a completely randomized design, and the LSD test was used when differences were found among treatments. The model was $Y_{ij} = \mu + B_i + e_{ij}$ where Y_{ij} = dependent variable, μ = overall mean, B_i = fixed effect of the i^{th} breed (Pelibuey, Blackbelly and Katahdin) and e_{ij} = random residual error associated with record of each animal. Model effects were declared significant at $P < 0.05$. Because some of the measurement variables were not normally distributed (Shapiro-Wilk normality test, $P < 0.05$), data were log-transformed to bring their distributions close to normal.

Subsequently, the PROC CANDISC of SAS was used to perform canonical discriminant analysis and calculate the Mahalanobis distance, derived canonical functions (linear combinations of the continuous variables that summarize the variation between the three sheep breeds) and to give a visual interpretation of the differences among these breeds. Additionally, the ability of these canonical functions to assign each individual sheep to its breed group was calculated as the percentage

Table 1. Cephalic and caudal measurements (in centimeters) of the three hair breeds of rams in Colima, Mexico

Trait	Pelibuey	Katahdin	Blackbelly	SE	P
Cranial width	15.55 ^b	16.36 ^a	15.30 ^b	0.14	0.02
Cranial length	8.83 ^a	8.68 ^a	8.60 ^a	0.17	0.89
Head width	13.90 ^a	14.57 ^a	14.05 ^a	0.14	0.16
Head length	23.33 ^a	23.32 ^a	24.40 ^a	0.22	0.15
Head depth	16.62 ^a	16.79 ^a	16.90 ^a	0.17	0.88
Face width	12.31 ^b	13.29 ^a	12.30 ^b	0.15	0.01
Face length	14.50 ^a	14.64 ^a	15.80 ^a	0.25	0.20
Ear width	6.09 ^a	6.50 ^a	6.10 ^a	0.10	0.12
Ear length	10.83 ^a	10.39 ^a	10.95 ^a	0.08	0.25
Tail width at joint	6.69 ^b	7.64 ^a	7.05 ^{ab}	0.14	0.01
Tail width at tip	1.55 ^b	2.36 ^a	1.55 ^b	0.08	0.00
Tail length	35.35 ^a	35.07 ^a	33.80 ^a	0.47	0.58

Different letters on the same line represent significant differences ($P < 0.05$).

of each breed that was correctly assigned of each breed. Previously, Wilks' lambda was used for testing whether the discriminant function was significant (Yakubu and Ibrahim, 2011; Asamoah-Boaheng and Sam, 2016; Gomes *et al.*, 2016).

Results and discussion

Katahdin rams had a greater cranial width, face width and tail width at the tip than Pelibuey and Blackbelly rams ($P \leq 0.02$). The tail width at the joint was greater ($P = 0.01$) in Katahdin than in Pelibuey rams, while Blackbelly rams had intermediate values (Table 1).

The hypothesis that the cephalic and caudal measurements means are equal in the analyzed individual rams was tested using Wilks' Lambda distribution. This parameter had significant value of 0.196 ($\chi^2 = 73.24$, $n = 22$, $P = 0.0001$), showing that the differences among the breeds were significantly different from zero. The canonical discriminant analysis identified two significant ($P < 0.001$) canonical areas, CAN1 and CAN2, which accounted for 92% and 8% of the total variation, respectively. Katahdin rams were separated from Pelibuey and Blackbelly rams by tail widths at the tip, whereas the head lengths and tail widths at the joint could differentiate between Pelibuey and Blackbelly rams (Table 2; Figure 2).

All Katahdin rams were correctly assigned within their breed group, while most of Pelibuey rams (58.60%) were erroneously grouped as Blackbelly rams. Likewise, a substantial proportion of the Blackbelly rams (40%) were misclassified as Pelibuey rams (Table 3).

In Mexico, previous studies have measured the morphological variations among Pelibuey, Katahdin and Blackbelly breeds; however, they have focused on assessing live weights and thoracic and rump measurements, mainly in ewes and ram lambs. Vilaboa *et al.* (2010) found that live weight was the largest source of variation between Pelibuey and Katahdin ewes, whereas thoracic, abdominal and neck perimeters largely elucidated the variations among Pelibuey, Katahdin and Blackbelly lambs (López-Carlos *et al.*, 2010). In the first of the aforementioned studies,

Table 2. Matrix structure coefficients of the canonical discriminant analysis of the three hair breeds of rams in Colima, Mexico

Trait	CAN 1	CAN2
Cranial width	0.234	-0.042
Head width	0.157	0.219
Face width	0.251	0.154
Head length	-0.074	0.472
Cranial length	-0.011	-0.143
Ear length	-0.138	0.014
Ear width	0.174	0.131
Head depth	0.010	0.180
Tail width at joint	0.220	0.438
Tail width at tip	0.471	0.302
Tail length	0.028	-0.326

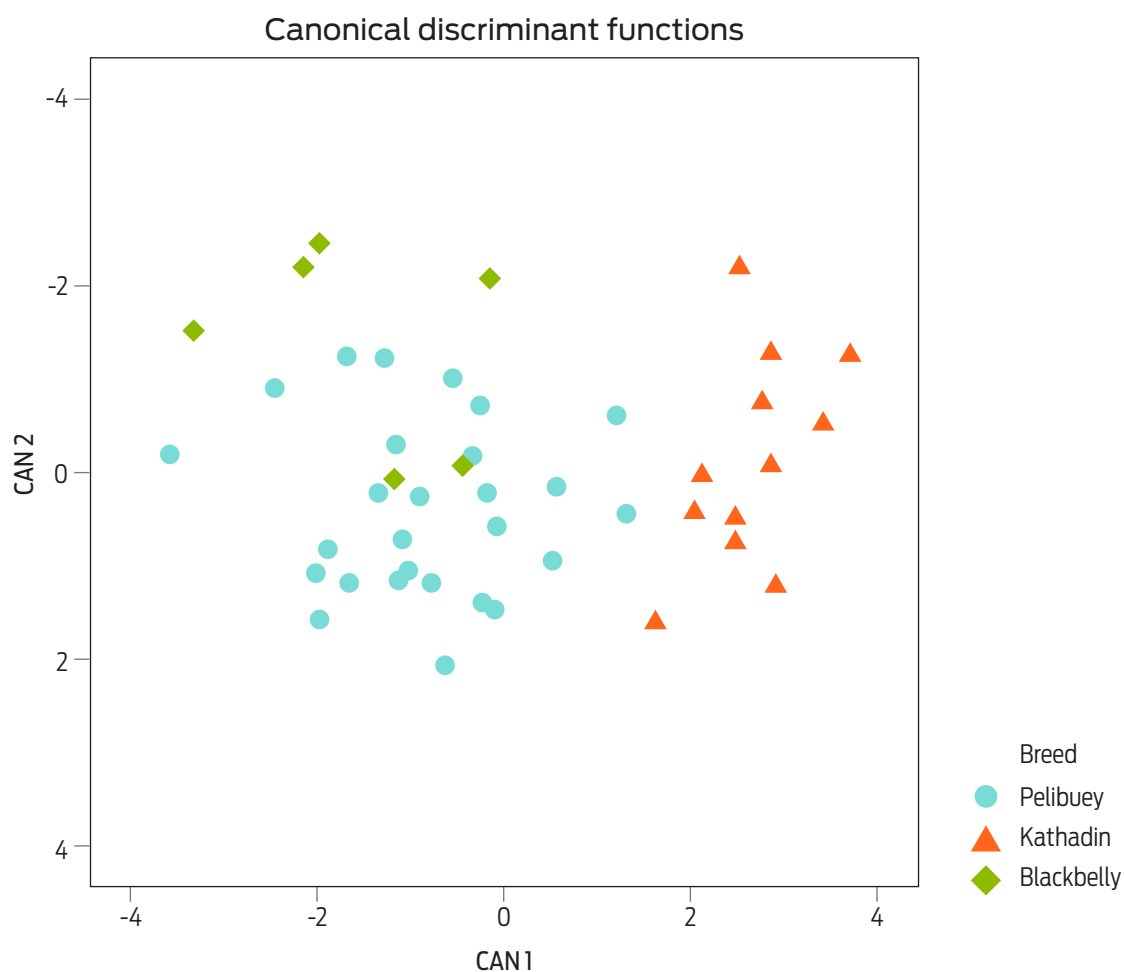


Figure 2. Bi-dimensional representation of the canonical variables associated with rams sampled in Colima, Mexico

Table 3. Percentage of individual rams classified into breed groups

Breed	Predicted group		
	Pelibuey	Katahdin	Blackbelly
Pelibuey	24.10	17.20	58.60
Katahdin	0.00	100.00	0.00
Blackbelly	30.00	10.00	60.00

Katahdin ewes showed longer head width. By contrast, Pelibuey ewes had longer ears. In this regard, the average length of the Pelibuey ram ear (10.83 cm) was significantly greater than the value obtained (9 cm) in an early study (Ruz, 1966).

Consistent with earlier research, the tail forms and shapes are significant morphological characteristics used to classify sheep, which are related to the evolutionary history of founding sheep breed populations. In Ethiopia, 14 sheep breeds were categorized based on this trait (Gizaw *et al.*, 2011). In Indonesia, tail widths and tail lengths were some of the differentiation variables used for classifying five sheep breeds (Handiwirawan *et al.*, 2011). It should be noted that the length of the Pelibuey ram tail averaged 35.35 cm, while previous studies indicated that a distinctive characteristic of this breed was the presence of a short tail with a length that was between approximately 20 and 22 cm (Ruz, 1966; Cyrman, 1982). This finding, together with the increase in ear length, may be a consequence of a hybridization process with the Katahdin breed.

The misclassification of Pelibuey rams into the Blackbelly breed and vice versa can be explained by the co-evolution of these two breeds in the tropics of Mexico. In addition to sharing certain characteristics, such as non-seasonal reproductive activity, high fertility and prolificacy as well as considerable adaptability to heat, humidity, parasites and scarcity of feed, producers have allowed and encouraged their breeding. The misclassification of Pelibuey rams into the Katahdin breed confirms the hybridization between these breeds. Over many years, Pelibuey have been crossbreeding with Katahdin to rapidly increase body height, width and length for the principal sire breeders of Mexico. Coincidentally, Bravo and Sepulveda (2010) concluded that the variability in cephalic measurements found in Aracauno Creole ewes are a consequence of crossbreeding with imported meat breeds, such as Suffolk. It should be noted that the occurrence of black hair in Pelibuey and Katahdin breeds helps more clearly identify the inheritance from the Blackbelly breed.

From the perspective of production performance, it is important to know the degree of genetic purity or hybridization of these breeds. Although some studies have shown that Katahdin is one of the predominant tropical meat producer breeds, Katahdin ewes have the lowest prolificacy and the longest lambing interval among American hair sheep breeds (Atto, 2007). Furthermore, Pelibuey ewes mated to Katahdin rams produce heavier litters than those mated to Pelibuey rams (Macías *et al.*, 2012). This demonstrates that although it is important to increase sheep meat production in the tropics through crossbreeding local breeds such as Pelibuey and Blackbelly with synthetic breeds like Katahdin, this must be performed through terminal crossbreeding (Cienfuegos *et al.*, 2010).

Conclusions

Although Pelibuey, Blackbelly and Katahdin rams meet the standards of their respective breeds, phenotypic characterization using canonical discriminant analysis demonstrated the existence of a high degree of hybridization among the breeds and showed that the head length, tail width at the tip and tail width at the joint were the most discriminating variables to identify and separate the three sheep breeds.

Funding

This study was partially funded by the project "Estudio morfo-estructural del ovino Pelibuey en el estado de Colima", Asociación de Ovinocultores del estado de Colima.

Conflicts of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest.

Author contributions

Rafael Macedo led the research and experimental design, analyzed the data and wrote part of the manuscript.

Victalina Arredondo interpreted the results and wrote part of the manuscript.

Alejandro Cervantes measured the animals, interpreted the results and wrote part of the manuscript.

References

1. [AMCO] Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos. 1998. *Lineamientos para la Clasificación de las Razas Ovinas en México*. DF, México: AMCO.
2. Arora R, Bhatia S, Jain A. 2010. Morphological and genetic characterization of Ganjam sheep. *Animal Genetic Resources*, 46:1-9. DOI:10.1017/S2078633610000627.
3. Arredondo RV, Macedo BR, Molina CJ, Magaña AJ, Prado RO, García MLJ, Herrera CA, Lee RH. 2013. Morphological characterization of Pelibuey sheep in Colima, México. *Tropical Animal Health and Production*, 45:895-900. DOI: 10.1007/s11250-012-0303-1.
4. Arredondo RV, Macedo BRJ, Cruz EC, Prado RO, García MLJ. 2016. Caracterización de las unidades de producción ovinas de los productores organizados de Colima, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 7:31-36.
5. Asamoah-Boaheng M, Sam EK. 2016. Morphological characterization of breeds of sheep: a discriminant analysis approach. *SpringerPlus*, 5. DOI: 10.1186/s40064-016-1669-8.
6. Atto MJA. 2007. Importancia de los ovinos tropicales introducidos al país: características productivas y reproductivas. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 15(Supl. 1):310-315.
7. Bravo S, Sepúlveda N. 2010. Índices zoométricos en ovejas criollas Araucanas. *International Journal of Morphology*, 28:489-495.

8. Carrillo A, Segura JC. 1993. Environmental and genetic effects on preweaning growth performance of hair sheep in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 25:173-178.
9. Cienfuegos REG, González RA, Hernández MJ, Zárate FP, Ibarra HMA, Lucero MFA, Martínez GJC. 2010. Mejoramiento genético de la producción ovina mediante estrategias de cruzamientos con razas de pelo. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 18:49-56.
10. Cyrman AS. 1982. *Técnica de fijación de pene en borregos receladores* [tesis de licenciatura]. Veracruz, México: Universidad Veracruzana.
11. Dzib CA, Ortiz de Montellano A, Torres-Hernández G. 2011. Variabilidad morfoestructural de ovinos Blackbelly en Campeche, México. *Archivos de Zootecnia*, 60:1291-1301.
12. [FAO] Food and Agriculture Organization. 2012. *Phenotypic Characterization of Animal Genetic Resources*. Rome, Italy: FAO Animal Production and Health Guidelines.
13. Gizaw S, Komen H, Hanotte O, van Arendonk JAM, Kemp S, Haile A, Mwai O, Dessie T. 2011. *Characterization and conservation of indigenous sheep genetic resources: A practical framework for developing countries*. ILRI Research Report No. 27 Addis Ababa, Ethiopia: International Livestock Research Institute.
14. Gomes AJK, Vieira da Silva NM, de Barros NR, Pimenta FEC, de Albuquerque BLH, Ribeiro MN. 2016. Multivariate analysis as a tool for phenotypic characterization of an endangered breed. *Journal of Applied Animal Research*, 44. DOI: 10.1080/09712119.2015.1125353.
15. González A, Murphy BD, Foote WC, Ortega E. 1992. Circannual estrous variations and ovulation rate in Pelibuey ewes. *Small Ruminant Research*, 8:225-232.
16. Gwala PE, Kunene NW, Bezuidenhout CC, Mavule BS. 2015. Genetic and phenotypic variation among four Nguni sheep breeds using random amplified polymorphic DNA (RAPD) and morphological features. *Tropical Animal Health and Production*, 47:1313-1319. DOI: 10.1007/s11250-015-0865-9.
17. Handiwirawan E, Noor RR, Sumantri C, Subandriyo. 2011. The differentiation of sheep breed based on the body measurements. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 36:1-8.
18. Herrera M, Luque M. 2009. Morfoestructura y sistemas para el futuro en la valoración morfológica. In: Sañudo AC (ed). *Valoración Morfológica de los Animales Domésticos*. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
19. [INEGI] Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2010. *Anuario Estadístico de Colima 2010*. Aguascalientes, México: INEGI.
20. López-Carlos MA, Ramírez RG, Aguilera-Soto JI, Aréchiga CF, Rodríguez H. 2010. Size and shape analyses in hair sheep ram lambs and its relationships with growth performance. *Livestock Science*, 131:203-211. DOI: 10.1016/j.livsci.2010.04.001.
21. Macías-Cruz U, Álvarez-Valenzuela FD, Olguín-Arredondo HA, Molina-Ramírez L, Avendaño-Reyes L. 2012. Ovejas Pelibuey sincronizadas con progestágenos y apareadas con machos de razas Dorper y Katahdin bajo condiciones estabuladas: producción de la oveja y crecimiento de los corderos durante el período predestete. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 44:29-37. DOI: 10.4067/S0301-732X2012000100005.

22. Pares CPM. 2009. Zoometría. In: Sañudo AC (ed). *Valoración Morfológica de los Animales Domésticos*. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
23. Romualdo JG, Sierra AC, Ortiz JR, Hernández JS. 2004. Caracterización morfo-métrica del ovino Pelibuey local en Yucatán, México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 12(Supl. 1):26-31.
24. Ruz JG. 1966. *Estudio del Ovino Tropical «Peligüey» del Sureste de México y sus Cruzas con Ovino Merino* [tesis de licenciatura]. DF, México,: Universidad Nacional Autónoma de México.
25. Salako AE. 2013. Genetic and phenotypic profiles of West African dwarf and Yankasa sheep breeds in Nigeria. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 5:47-53. DOI: 10.5897/IJBC11.012.
26. Sarma K. 2006. Morphological and craniometrical studies on the skull of Kagani goat (*Capra hircus*) of Jammu region. *International Journal of Morphology*, 24:449-455.
27. [SAS] SAS Institute. 2002. *The SAS System*, release 9.0 for Windows. Cary, North Carolina, USA [access: 25 sep 2013].
28. Vilaboa AJ, Bozzi R, Díaz RP, Bazzi L. 2010. Conformación corporal de las razas ovinas Pelibuey, Dorper y Kathadin en el estado de Veracruz, México. *Zootecnia Tropical*, 28:321-328.
29. Wildeus S. 1997. Hair sheep genetic resources and their contribution to diversified small ruminant production in the United States. *Journal of Animal Science*, 75(3):630-640.
30. Yakubu A, Ibrahim IA. 2011. Multivariate analysis of morphostructural characteristics in Nigerian indigenous sheep. *Italian Journal of Animal Science*, 10:83-86. DOI: [10.4081/ijas.2011.e17](https://doi.org/10.4081/ijas.2011.e17).