



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA**

**VARIABILIDAD MORFOLÓGICA EN LA
POBLACIÓN DE CABRAS PASTOREÑA EN
LA MIXTECA OAXAQUEÑA**

HÉCTOR RAFAEL VILLARREAL ARELLANO

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

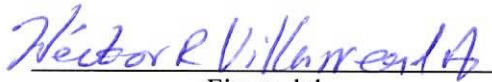
2018

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Héctor Rafael Villarreal Arellano, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Dr. J. Efrén Ramírez Bribiesca, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis
Variabilidad morfológica en la población de carbas Pstorena en la mixteca oaxaqueña.

y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 27 de junio de 2018



Firma del
Alumno (a)



Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: "**Variabilidad morfológica en la población de cabras Pastoreña en la Mixteca oaxaqueña**", realizada por el alumno: **Héctor Rafael Villarreal Arellano**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

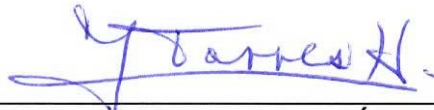
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. J. EFREN RAMÍREZ BRIBIESCA

ASESOR



DR. GLAFIRO TORRES HERNÁNDEZ

ASESORA



DRA. GISELA FUENTES MASCORRO

Montecillo, Texcoco, Estado de México, julio de 2018.

VARIABILIDAD MORFOLÓGICA EN LA POBLACIÓN DE CABRAS PASTOREÑA EN LA MIXTECA OAXAQUEÑA

Héctor Rafael Villarreal Arellano, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2018

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la variabilidad morfoestructural de la población de cabras Pastoreñas en el estado de Oaxaca, México. Se evaluaron 5 rasgos cualitativos y 13 rasgos morfométricos en 249 animales (185 hembras y 64 machos), de 2-5 años (estimados por dentición) de la población caprina Pastoreña. El resumen estadístico descriptivo se ejecutó para variables cualitativas (VC) y morfométricas (VM), e índices morfométricos (IM) calculados a partir de VM; análisis de varianzas con prueba de Tukey ($P < 0.05$) para sexo. Las correlaciones de Pearson se calcularon para MV y IM para determinar el modelo armónico morfoestructural. El análisis discriminante canónico, análisis de coordenadas principales en VC y análisis de componentes principales VM y IM; se usaron para determinar la variabilidad entre el sexo y las localidades muestreadas. Las VC evaluadas muestran rasgos definidos que deben ser considerados como parte del perfil racial. Los resultados de las VM muestran un formato corporal grande de cabra y dimorfismo sexual ($P < 0.05$); el coeficiente de variación (%) indica una homogeneidad morfoestructural promedio; las correlaciones en VM e IM sugieren un modelo armónico morfoestructural para las hembras y un modelo armónico mediano para los machos. Los análisis multivariados, en general, muestran una población uniforme dentro de las localidades muestreadas; aun cuando, los resultados de las variables evaluadas siguen una distribución geográfica y los criterios de selección que se aplican en la población de machos son ligeramente diferentes. En conclusión, las variables evaluadas en la población de cabra Pastoreña ofrecen bases para implementar un programa de conservación y mejoramiento genético, y junto con los estudios de caracterización genética, auxilie en el reconocimiento de la cabra Pastoreña como una raza de la región Mixteca.

Palabras clave: Caprino, raza local, fenotípico, conservación, biodiversidad.

MORPHOLOGICAL VARIABILITY IN THE PASTOREÑA GOAT
POPULATION IN THE MIXTECA OAXAQUEÑA

Héctor Rafael Villarreal Arellano, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2018

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the morphostructural variability of the Pastoreñas goat population in the state of Oaxaca, Mexico. 5 qualitative traits and 13 morphometric traits were evaluated in 249 animals (185 females and 64 males), aged 2-5 years (estimated by dentition) of the Pastoreña goat population. The descriptive statistical summary was carried out for qualitative variables (VC) and morphometric variables (VM), and morphometric indexes (IM) calculated from MV; variance analysis with Tukey test ($P < 0.05$) for sex. The Pearson correlations were calculated for MV and IM to determine the morphostructural harmonic model. Canonical discriminant analysis, analysis of principal coordinates in VC and analysis of VM and IM main components; they were used to determine the variability between sex and the sampled localities. The evaluated VCs show defined features that should be considered as part of the racial profile. The results of the VMs show a large goat body format and sexual dimorphism ($P < 0.05$); the coefficient of variation (%) indicates an average morphostructural homogeneity; the correlations in VM and IM suggest a morphostructural harmonic model for the females and a medium harmonic model for the males. The multivariate analyzes, in general, show a uniform population within the sampled localities; even when the results of the variables evaluated follow a geographical distribution and the selection criteria applied in the male population are slightly different. In conclusion, the variables evaluated in the Pastoreña goat population provide the basis for implementing a conservation and genetic improvement program, and together with the genetic characterization studies, aid in the recognition of the Pastoreña goat as a breed from the Mixteca region.

Keywords: Caprine, local breed, phenotypic, conservation, biodiversity.

AGRADECIMIENTOS

A los productores de la cabra Pastoreña en la Mixteca baja de Oaxaca, que con entusiasmo permitieron que sus rebaños formaran parte de este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo de beca para realizar este posgrado.

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECyT) por el apoyo otorgado para la realización de una estancia en el extranjero como parte de mi formación.

A mi Consejo Particular: Dr. J. Efrén Ramírez Bribiesca, Dr. Glafiro Torres Hernández, Dra. Gisela Fuentes Mascorro.

A la Maestra L. Carmina Ricardi de la Cruz por sus aportaciones y opiniones en mi trabajo y sobre todo por su amistad incondicional y apoyo.

A todo el personal académico, administrativo y de apoyo que forman parte del campus Montecillo; así como a los compañeros estudiantes, en especial a Beatriz Godínez y Carlos López, por ser parte de mi formación en esta institución.

DEDICATORIA

A la vida misma, por darme la oportunidad de continuar con mi pasión: Las cabras.

A mis padres Agustina Arellano Rodríguez (+) y Porfirio Villarreal Hernández (+) por
su atinada educación.

A mis hermanos: Librada, Rosa Elena, Abelardo, y sus respectivas familias por su
apoyo incondicional en esta etapa de mi vida.

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| RESUMEN | iv |
| ABSTRACT | v |
| LISTA DE CUADROS | x |
| LISTA DE FIGURAS..... | xi |
| INTRODUCCIÓN GENERAL..... | 1 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 1 |
| ALCANCE Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 2 |
| OBJETIVOS..... | 2 |
| HIPÓTESIS | 3 |
| REVISIÓN DE LITERATURA..... | 3 |
| Caprinocultura | 3 |
| Situación nacional | 4 |
| Las cabras en Oaxaca | 7 |
| Mixteca Oaxaqueña | 7 |
| Caracterización de la cabra..... | 8 |
| Caracterización fenotípica | 9 |
| Variables discretas..... | 10 |
| Variables cuantitativas | 10 |
| Índices zoométricos..... | 11 |
| Datos generales del rebaño | 11 |
| IMPORTANCIA DE LA CARACTERIZACIÓN MORFOESTRUCTURAL Y FANERÓPTICA | 12 |
| MARCO DE REFERENCIA | 13 |
| Localización de la zona de estudio | 13 |
| Clima | 13 |
| Vegetación | 14 |
| Suelo | 15 |
| REFERENCIAS..... | 16 |

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO I. ASSESSMENT OF MORPHOSTRUCTURAL VARIABILITY IN THE PASTOREÑA GOAT IN THE MIXTECA OF OAXACA, MEXICO: A PHENOTYPIC STUDY TO ESTABLISH THE RACIAL PROFILE..... | 20 |
| 1.1. ABSTRACT | 20 |
| 1.2. INTRODUCTION..... | 21 |
| 1.3. MATERIAL AND METHODS..... | 23 |
| 1.3.1. Animals and Location..... | 23 |
| 1.3.2. Sample Calculation | 25 |
| 1.3.3. Qualitative Variables..... | 25 |
| 1.3.4. Quantitative Variables – Morphometric..... | 26 |
| 1.4. STATISTICAL ANALYSIS | 26 |
| 1.5. RESULTS AND DISCUSSION..... | 27 |
| 1.5.1. Qualitative Variables..... | 27 |
| 1.5.2. The Quantitative Variables – Morphometric | 30 |
| 1.6. CONCLUSIONS | 37 |
| REFERENCES | 37 |
| CONCLUSIONES GENERALES | 43 |
| APÉNDICE..... | 44 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Principales estados productores de ganado caprino en México. | 6 |
| Cuadro 2. Índices zoométricos de interés racial, funcional y productivo..... | 11 |

CHAPTER I

| | |
|---|----|
| Table 1.1. Numeric code for each variation within the qualitative variables to generate the qualitative matrix. | 27 |
| Table 1.2. Frequencies (%) of qualitative variables by sex in the Pastoreña goat population. | 29 |
| Table 1.3. Descriptive statistic of morphometric variables and the coefficient of variation (%) of Pastoreña goat population..... | 31 |
| Table 1.4. Correlation of the morphometric variables and morphometric indexes and the probabilities for females (upper diagonal) and males (lower diagonal) of Pastoreña goat population..... | 32 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Producción mundial de cabras en los últimos 10 años, en millones de cabezas de ganado en pie..... | 4 |
| Figura 2. Participación porcentual por continente en la producción mundial de caprinos. | 5 |
| Figura 3. Tendencia de la producción caprina a nivel nacional a través de los años, en millones de cabezas de ganado en pie. | 5 |
| Figura 4. Cabra Pastoreña en trashumancia durante su paso por San Juan Diquiyú, Tezoatlán de Segura y Luna | 8 |
| Figura 5. Región de la Mixteca en el estado de Oaxaca..... | 13 |

CHAPTER I

| | |
|---|----|
| Figure 1.1. A flock of Pastoreña goat in the Mixteca region of Oaxaca, Mexico. | 23 |
| Figure 1.2. Geographical map of the sampling places in the Mixteca region of Oaxaca, Mexico..... | 24 |
| Figure 1.3. Poner la descripción de la figura | 34 |
| Figure 1.4. PCooA graphics for qualitative variables of Pastoreña goat population, expressed in Euclidian distances between locations. a) females, b) males. | 35 |
| Figure 1.5. Poner la descripción de la figura | 36 |

INTRODUCCIÓN GENERAL

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la mayor parte del país las cabras criollas han sufrido un deterioro en su nivel de productividad, sanidad y reproductividad, debido al uso indiscriminado de razas exóticas con la intención del mejoramiento de la cabra criolla que de una manera beneficiará a los productores caprinos y de forma directa permitir el arraigo de la gente a sus comunidades; pero esta estrategia, en la mayoría de los casos no ha sido del todo satisfactoria; dado que al introducir estos animales exóticos, estos sucumben bajo las adversidades prevalecientes en los sistemas de producción, donde se encuentran las cabras criollas. Antes de lograr una adaptación significativa que se refleje en la rentabilidad de estos sistemas de producción o en su caso si llegan a dar descendencia, normalmente conlleva a una mejora en la productividad a corto plazo, dado que eventualmente se da un retroceso, ya sea por la diseminación de enfermedades que antes no existían en las cabras criollas y/o heredan características no deseables para los tipos de sistemas de producción existentes de bajos insumos y manejo deficiente.

En la región de la Mixteca, zona comprendida entre los estados de Puebla, Oaxaca y Guerrero, donde todavía se cuenta con rebaños de cabras Criollas, las cuales descienden de las razas de cabras que originalmente llegaron a México según Agraz García (1984), en particular, García (1996) reporta que en la Mixteca oaxaqueña, la caprinocultura tomó importancia desde el establecimiento de esta actividad en la época de la colonización española hasta la actualidad, donde a este ganado menor se le denomina regionalmente como "Cabra Pastoreña", por la gran facilidad para caminar grandes extensiones de terreno para alimentarse, rasgo de adaptabilidad que ha desarrollado a través de los siglos. En general la cabra se ha adaptado a las condiciones agrogeoclimáticas adversas de esta zona, logrando una rusticidad que le permite ser productiva bajo estas circunstancias (Guerrero Cruz, 2010). De esta manera, es importante la conservación de este recurso zoogenético existente, sin olvidar a los poseedores de este recurso nacional, que han hecho de la caprinocultura

una manera de sustento a través de generaciones y que anualmente termina con la tradicional matanza de cabras en Tehuacán.

ALCANCE Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación proyectó identificar las características fenotípicas del ganado caprino criollo Pastoreño existente en la Mixteca oaxaqueña como parámetros de identidad propia de esta raza que permita diferenciarlo de manera específica del resto de la población caprina en el país; valoración necesaria que permitirá sentar las bases para la conservación, selección y mejoramiento de este recurso genético regional.

Cabe mencionar que la caracterización fenotípica permite distinguir a una raza de otra y describe sus características particulares y únicas que la definen *per se*: características fanerópticas, morfológicas y morfoestructurales; además de su rusticidad, desempeño productivo y reproductivo en determinadas condiciones ambientales y prácticas de manejo; y considera los factores sociales y económicos que las afecta (FAO, 2007, 2012) por lo que este estudio se limitó a la estimación de las características propias determinantes de la cabra Pastoreña como una raza, se siguió las recomendaciones de la FAO (2007, 2011, 2012).

OBJETIVOS

1. Determinar la variabilidad morfológica de la cabra Pastoreña en la región de la Mixteca oaxaqueña que permita fundamentar parámetros de identificación propios de esta raza.
2. Establecer una línea basal sobre las características fanerópticas, morfológicas y morfoestructurales en la cabra Pastoreña oaxaqueña que condesienda al reconocimiento de la cabra Pastoreña como una raza pura.

HIPÓTESIS

Las características fenotípicas (fisonomías cualitativas y cuantitativas) de la cabra Pastoreña en la Mixteca oaxaqueña son medidas intrínsecas de esta raza que permiten identificarla como un recurso genético único, dentro de la heterogeneidad existente en esta especie a nivel nacional e internacional, y que permitirán fijar los parámetros ajustados a esta raza caprina como una raza pura y exclusiva de esta región.

REVISIÓN DE LITERATURA

Caprinocultura

Los caprinos pertenecen a la orden Ruminantia, familia **Bovidae**, subfamilia **Caprinae**, género **Capra**, especie *C. aegagrus*, subespecie *C. a. hircus* (Mayén Mena, 1989). La cabra, es probablemente, el primer rumiante domesticado desde hace más de 10,000 años, en la antigua Mesopotamia. Desde entonces el hombre ha obtenido beneficios de la cabra como carne, leche, piel y fibra. Con el paso del tiempo, los caprinos se han convertido en la especie animal doméstica más ampliamente distribuida en el mundo, principalmente por su adaptabilidad a condiciones ambientales diversas (Agraz García, 1984).

En América, las cabras fueron introducidas por los españoles en el Caribe y más tarde al Continente Americano, alrededor del siglo XVI (Aréchiga et al., 2008). Los caprinos fueron introducidos a México por los españoles, los estudios genotípicos y fenotípicos, indican una mayor influencia Navarra y Andaluza de las cabras originarias que llegaron a nuestro país, habiéndose adaptado desde entonces en gran parte al territorio nacional, demostrando ser aptos para una producción pecuaria rentable, pero particularmente una especie muy resistente a la sequía y escasas de forrajes, por lo que esta actividad se ha desarrollado como una fuente de ahorro en muchas familias en situación de desventaja (Guerrero Cruz, 2010).

La caprinocultura a nivel mundial es una actividad con una tendencia positiva sostenida a través de los años (Figura 1), lo que nos indica que esta actividad es de importancia económica y refleja un 15 % de crecimiento en los últimos 10 años

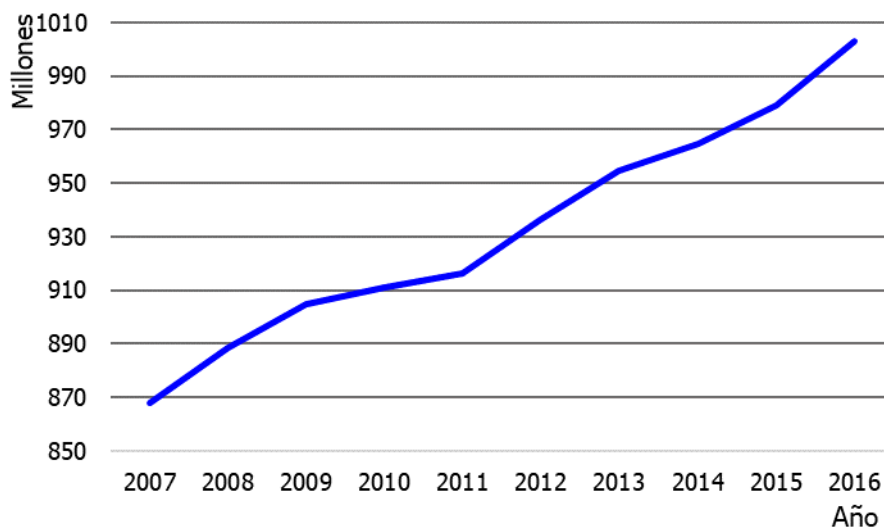


Figura 1. Producción mundial de cabras en los últimos 10 años, en millones de cabezas de ganado en pie.

Fuente FAO 2018.

según datos de la FAO (2018).

En los países en desarrollo se concentra más del 80 % de las 1,002,810,368 cabezas de ganado caprino existentes a nivel mundial en el 2013, siendo África y Asia los mayores productores con el 35.7 y 58.5 % de la producción mundial respectivamente (Figura 2).

Situación nacional

En México la caprinocultura ha sido una actividad muy ligada al desarrollo cultural, desde que los españoles trajeron las cabras aproximadamente 500 años, en 2016 México registró 8, 755,204 cabras y ocupa el segundo lugar en América Latina, después de Brasil y a nivel mundial la vigésimo cuarta posición (FAO, 2018). La Figura 3 muestra la tendencia en el hato caprino en el país.

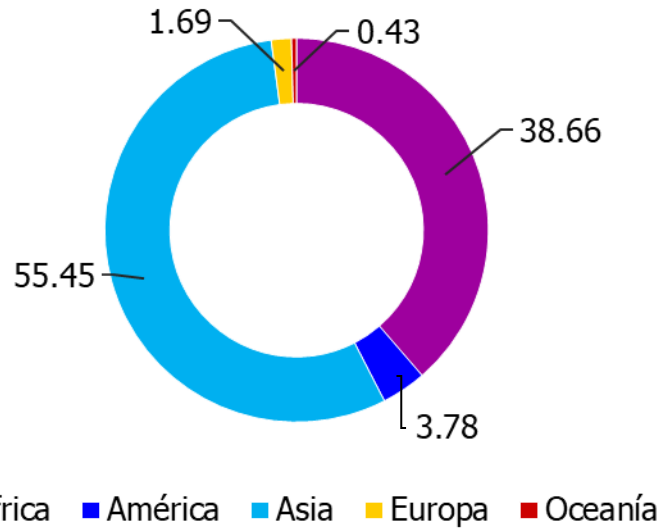


Figura 2. Participación porcentual por continente en la producción mundial de caprinos.

Fuente FAO 2018.

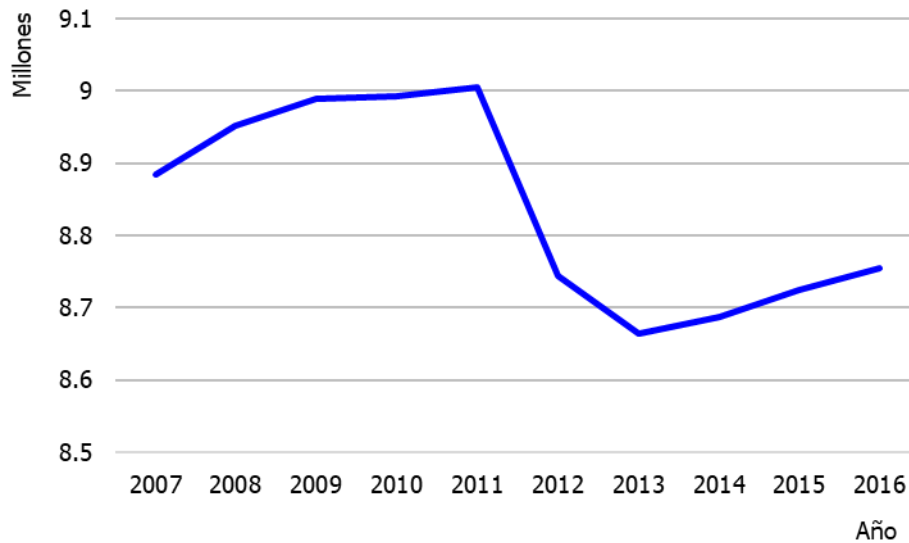


Figura 3. Tendencia de la producción caprina a nivel nacional a través de los años, en millones de cabezas de ganado en pie.

Fuente FAO 2018.

La producción caprina representa una contribución significativa a la economía de las comunidades rurales, tiene un papel trascendental en la cadena alimenticia y representa un medio de sustento, principalmente para los pequeños productores en estas comunidades. El 51 % de la población caprina está concentrada en los estados de Oaxaca, Puebla, Guerrero, Coahuila y Zacatecas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales estados productores de ganado caprino en México.

| Estado | Población caprina (cabezas) |
|-----------------------|-----------------------------|
| Puebla | 1,295,231 |
| Oaxaca | 1,251,734 |
| Guerrero | 652,223 |
| Coahuila | 646,388 |
| San Luis Potosí | 619,987 |
| Resto | 4,289,641 |
| TOTAL NACIONAL | 8,755,204 |

*SIAP 2018

La mayoría de las unidades de producción son pequeños rebaños manejados por un pastor, el cual realiza todas las actividades de manejo con ayuda de la familia, cuentan con escasa infraestructura y niveles de productividad bajos, por lo que en este sistema predomina el sistema extensivo, los cuales emplean terrenos accidentados no aptos para la agricultura con recursos naturales de baja calidad y producción; es necesario utilizar grandes extensiones de terreno y la caprinocultura es la actividad más viable para el aprovechamiento de la vegetación presente en estos sitios. Los sistemas semi-intensivos se ubican en regiones con mayor cobertura vegetal, por lo que son más productivos, ya que combinan pastoreo con ramoneo y en partes del año el aprovechamiento de los esquilmos agrícolas. Los sistemas intensivos emplean mucho capital y poco terreno, con administración eficiente y alta tecnificación, son sistemas diseñados para generación de ganancias y se encuentran cerca de los centros de insumos y de su mercado (FIRA, 1999).

Las cabras en Oaxaca

Según la SAGARPA, en el año 2016 Oaxaca ocupó el segundo lugar en producción de ganado caprino en el país (Cuadro 1) (SIAP, 2018), el cual constituye el tipo racial criollo sin morfotipo definido y algunos cruzamientos con razas comerciales según Gómez y González (2009). Por las características agroecológicas predominantes, principalmente en la región de la Mixteca se han favorecido la actividad de los sistemas de producción caprina (Mellado, 1997), donde destaca el pastoreo extensivo de bajos insumos externos y por lo cual la conformación de los animales depende de la producción de alimento en el agostadero (Sponenberg, 1992).

Mixteca Oaxaqueña

Las cabras en la Mixteca Oaxaqueña, al igual que en la mayor parte del país, descienden de las cabras traídas por los españoles al inicio de la colonización. En la actualidad, se le llama "cabra criolla Pastoreña" (Figura 4). El vocablo criollo, originalmente se aplicó a descendientes de españoles y africanos nacidos en territorios conquistados. Análogamente, se le ha llamado cabra "criolla" la cual es descendiente de esas cabras españolas. Este grupo de cabras han permanecido aisladas y sus descendientes se han adaptado a un ambiente diferente a sus progenitores a causa de la selección por los propietarios y el medio en el que habitan. La expresión fenotípica ha sido influenciada por las condiciones ambientales en las que se han reproducido estas cabras, consiguiendo una naturaleza física y fisiología muy particulares para esta región. Hay algunas variaciones de acuerdo a la forma de manejarla lo que la ha habilitado para adaptarse a esta región, razón por la cual se acuñó el término "Pastoreña" (Romero, Molina, González, Clemente, & Arrebola, 2008).

Caracterización de la cabra

Para el discernimiento de las poblaciones de cabras poco conocidas se utiliza la caracterización fenotípica y genotípica (FAO, 2007, 2011, 2012, 2013; Hernández Zepeda et al., 2002; Vargas-Bayona, Zaragoza-Martínez, Delgado Bermejo, & Rodríguez Galván, 2016), el enfoque más básico, y que requiere menos recursos económicos para llevar a cabo, es la caracterización de los recursos genéticos animales a través de los rasgos fenotípicos en diferentes condiciones ambientales y sistemas de producción (FAO, 2012; Taberlet, Coissac, & Pansu, 2011), y la caracterización genotípica debe considerarse cuando se busca el mejor entendimiento de la biodiversidad de los recursos zoogenéticos, especialmente, de las especies domésticas que contribuyen a satisfacer las necesidades del ser humano (FAO, 2011). Los procedimientos usados para determinar la base genética de los fenotípicos y sus patrones de heredabilidad de una generación a otra y para establecer la relación entre las razas, se refiere como caracterización genética molecular (FAO, 2011). En esencia, la caracterización fenotípica y genética molecular de los recursos genéticos



Figura 4. Cabra Pastoreña en trashumancia durante su paso por San Juan Diquiyú, municipio de Tezoatlán de Segura y Luna, Oaxaca.

animales son auxiliares para medir y describir la diversidad genética en estos recursos

como una base para una mejor comprensión y utilización de ellos de manera sustentable (FAO, 2007, 2012, 2013).

Caracterización fenotípica

De acuerdo con la FAO (2012) el termino caracterización fenotípica de los recursos genéticos animal se refiere al proceso de identificar distintas poblaciones de razas y describir sus características externas y de producción, delimitado al ambiente de producción. El cual se define de una manera más amplia, no solo el medio ambiente natural de producción, sino también las prácticas de manejo y el uso para el cual los animales son utilizados, así como también los factores sociales y económicos. Determinando la distribución geográfica de la población de la raza se considera una parte integral de la caracterización fenotípica.

Los criterios a considerar (morfológicos, morfoestructural y fanerópticos) en la evaluación del ganado caprino están condicionados por el medio ambiente y los sistemas de producción donde se encuentran dicho ganado. Existe el interés del productor para que el animal cumpla con ciertos parámetros productivos y la condicionante propia del ganado para adaptarse y lograr esos parámetros, los cuales se ven afectados por el medio ambiente en donde se ubica el ganado. Por lo tanto, se debe tener en cuenta que los animales van a presentar rasgos morfológicos de acuerdo al sexo, edad, estado fisiológico (dependientes) y a través de la funcionalidad desarrollada (ejemplo; complexión corporal, resistencia a parásitos) al entorno donde se encuentran, sin olvidar la funcionalidad buscada por el mismo productor (color).

Parte importante de la caracterización fenotípica son: mapeo sobre la distribución geográfica del ganado en estudio, describir el sistema de producción, permite evaluar económicamente los rasgos no productivos (Ayalew, King, Bruns, & Rischkowsky, 2003; FAO, 2012) y fijar los parámetros para un mejoramiento basado en parámetros productivos-morfoestructurales (Rashidi, Sheikahmadi, Rostamzadeh, & Shrestha,

2008). Los parámetros para una caracterización fenotípica que se deben considerar se dan con las variables discretas o cualitativas, cuantitativas y datos generales del rebaño.

Variables discretas

Dentro de las variables discretas o cualitativas tenemos el sexo (macho, hembra o castrado), Edad estimada por medio de la dentadura, color de la capa de pelo (blanco, crema, negro, pelirrojo intenso, pelirrojo claro, aleonado gris, manchas), color de la piel (pigmentado, no pigmentado), tipo de pelo (grosso, suave, largo y liso, ondulado rugoso, opaco), largo de pelo (corto, mediano, largo), presencia de cuernos, tipo de cuernos (curvos rectos, espiral, sacacorchos), orientación de los cuernos (lateral, ligeramente hacia arriba, ligeramente hacia atrás), orientación de las orejas (erguida, semi-caídas, caídas o ligeramente horizontales), perfil facial (recto, cóncavo, convexo, ultraconvexo), mamellas (presentes, ausentes), barba (presente, ausente), arropo (presente, ausente), pelliza (presente, ausente), Raspil (presente, ausente), calzón (presente, ausente), posición de la espalda (recta, inclinada hacia la grupa, inclinada hacia la cruz, curva), perfil de la grupa (plana, inclinada) (FAO, 2012).

Variables cuantitativas

Las variables zoométricas incluyen: Peso y edad, tamaño del cuerpo (hembras y machos), distancia longitudinal, alzada a la cruz (ALC), altura a la grupa (ALG), longitud de la cabeza (LCB), longitud de la cara (LC), anchura de cabeza (AC), distancia intraocular (DIO), distancia entreencuentros (DEE), longitud de los cuernos (LDC), diámetro bicostal (DBC), diámetro dorsoesternal (DDE), anchura de la grupa (AG), longitud de la grupa (LG), perímetro del tórax (PT), perímetro de la caña (PC), longitud de las orejas (LDO) (FAO, 2012).

Índices zoométricos

Para la obtención de los índices zoométricos de interés en el diagnóstico racial y evaluación funcional (de aptitud láctea, cárnica y motriz) (Cuadro 2), se emplean las medidas zoométricas, y en ganado caprino se han reportado por varios investigadores (Fuentes-Mascorro, Martínez, Alejandre, Chirios, & Ricardi, 2014; Hernández Zepeda et al., 2002; Revidatti, De la Rosa, Cappello-Villada, Orga, & Tejerina, 2013; Revidatti, Prieto, de la Rosa, Ribeiro, & Capellari, 2007).

Cuadro 2. Índices zoométricos de interés racial, funcional y productivo.

| Índices de interés para el diagnóstico racial | | | |
|--|------------|--|-------------------|
| Índice corporal (ICO) = | DL/PTx100 | Índice torácico (ITO) = | DB/DEx100 |
| Índice cefálico (ICE) = | AC/LCx100 | Índice craneal (ICR) = | {AC/(LC-LR)}x100 |
| Índice pélvico (IPE) = | AG/LGx100 | Índice de proporcionalidad (IPRO)= | DL/ACRx100 |
| Índices de interés en evaluación funcional | | | |
| Aptitud láctea | | | |
| Índice dáctilo-torácico (IDATO) = | PC/DBx100 | Índice dáctilo-costal (IDACO) = | PC/DBx100 |
| Aptitud cárnica | | | |
| Índice de profundidad relativa de tórax (IPRP) = | DE/ACRx100 | Índice pelviano transversal (IPET) = | AG/ACRx100 |
| Índice pelviano longitudinal (IPEL) = | LG/ACRx100 | Índice de compacidad (ICOMP) = | Peso vivo/ACRx100 |
| Aptitud motriz | | | |
| Índice de cortedad relativa (ICOREL) = | ACR/DLx100 | Índice de espesor relativo de la caña (IERC) = | PC/ACRx100 |

Datos generales del rebaño

Temperamento básico (dócil, moderadamente manejable, salvaje), rasgos de adaptabilidad (tolerancia o resistencia a parásitos, tolerantes a sequía, tolerantes al calor), tipo de manejo (extensivo, semi-intensivo, intensivo, trashumante), reproducción (controlado, no controlado, estacional, no estacional, natural o inducido, inseminación artificial), índices de productividad, tamaño del rebaño, composición del rebaño (vientres, cabritas, machos, sementales, machos castrados, cabritos,

cabrillas), uso de los animales en orden de importancia (leche, carne, doble propósito, etc.) (FAO, 2012).

IMPORTANCIA DE LA CARACTERIZACIÓN MORFOESTRUCTURAL Y FANERÓPTICA

La generación de información a partir de los datos obtenidos de la evaluación de las cabras en campo, revisten importancia, dado que permiten identificar a las poblaciones por sus caracteres particulares, además de proveer información sobre genética cuantitativa que permita mejorar la productividad de los sistemas de producción (Lanari, Taddeo, Domingo, Pérez Centeno, & Gallo, 2003).

La morfología en zootecnia se encarga del estudio de la forma y estructura exterior de los animales, atendiendo su relación, distribución y composición de las partes de sus cuerpos (Herrera, 2007; Herrera & Luque, 2009). La morfología la podemos valorar en cuanto a características de naturaleza cualitativas (descriptiva) y cuantitativas (que se pueden medir) y al conjunto de estas últimas se les considera variables morfoestructurales (medidas zoométricas); mientras que a los caracteres descriptivos, normalmente se le denominan faneróptica a estos caracteres visibles en las especies, los cuales pueden tener un origen genético; es decir, que están ligados a algún loci en su genoma y que pueden poseer importancia económica, de adaptación o simplemente son vestigios del proceso evolutivos de la especie (FAO, 2012).

En tanto, la zoometría reviste una importancia desde el punto de vista de definir una población, ya sea por su morfotipo, paratipo, prototipo o ecotipo, así como para marcar tendencias productivas o deficiencias zootécnicas (Parés i Casanova, 2009). Si bien, toda la información que se pueda obtener puede permitir la definición un perfil racial para una población animal en concreto y desde este punto de vista Sierra (2009) propone tomar en cuenta la morfología general (perfil, peso y proporciones), morfología particular (cabeza, cuello, grupa, tronco y extremidades), particularidades articulaciones, boca, cola, mamellas, orejas, órganos sexuales externos, ojos, ubre,

etc.), faneros (cuernos, pezuñas, pelo, etc.), coloración (en faneros: piel, mucosa, ojos, etc.).

MARCO DE REFERENCIA

Localización de la zona de estudio

La Región de la Mixteca Oaxaqueña, colinda con los estados de Puebla y Guerrero, con la Región de la Cañada al este, al sureste con Los Valles Centrales y al sur con la Sierra Sur. En Oaxaca, La Mixteca ocupa 189 municipios de los distritos de Silacayoapan, Huajuapán de León, Santiago Juxtlahuaca, Coixtlahuaca, Nochixtlán, Teposcolula, Tlaxiaco, Putla y Jamiltepec; y 14 municipios más que pertenecen ocho a distritos de Cuicatlán, dos a los de Zaachila, uno a Sola de Vega, dos a ETLA y uno a Juquila (Figura 5).



Figura 5. Región de la Mixteca en el estado de Oaxaca.

Fuente: De AntoFran - Trabajo propio, CC BY-SA 3.0,

Clima

La clasificación de climas va desde (A) C (Wo'') (w) a (i') g: semicálido subhúmedo, temperatura media anual entre 18° y 22° con lluvias en verano y sequía en invierno, porcentaje de lluvia invernal menor a 5. Los más secos de los subhúmedos y presencia de canícula. Poca oscilación (5°-7°), el mes más caliente ocurre en junio. C

(Wo) (w) b (i´) g: templado subhúmedo con lluvias en verano y sequía en invierno porcentaje de lluvia invernal menor a 5, los más secos de los subhúmedos, con poca oscilación y el mes más caliente se presenta antes del mes de junio. BS (h) w (w): semiseco muy cálido con temperatura media mayor de 22 °C y temperaturas del mes más frío mayor a 18°C, con régimen de lluvias en verano. Bs h´ (h) w (w): semiseco semicálido con temperatura media anual entre 18° y 22°C, con temperatura del mes más frío entre -3° y 18 °C, temperatura del mes más cálido mayor a 18°C, y régimen de lluvias en verano (INEGI, 2018).

Vegetación

La mixteca baja cuenta con selva baja caducifolia y selva baja espinosa. Según los climas predominantes en la mixteca baja, específicamente del Distrito de Huajuapán de León, la selva baja caducifolia es muy densa y los árboles tienen alturas de 15 m, este tipo de vegetación al ser eliminado como resultado del cambio de uso de suelo con la apertura de parcelas agrícolas y su posterior abandono, origina vegetación secundaria con dominancia de *Acacia cochliacantha* que los lugareños conocen como "cubateras" o "cubatas". La vegetación secundaria tiene la función dentro de recuperar la condición original del bosque y evitar la erosión, pero también en particular tiene múltiples usos tanto para leña de buena calidad como forraje para ganado caprino, además de ser paladeable. La composición florística la constituye el estrato herbáceo. Principalmente en época de lluvias, las especies que más se destacan son: *Aristida adscencionis*, *Bouteloua Triana*, *Cenchrus brownii*, *Crotalaria lupulina*, *Cyperus hermaphroditus*, *Chamaecrista spp.*, *Pennisetum setosum*, *Poa annua*, *Paspalum licata*, *Mentzelia hispida*, *Acacia cochliacantha*, *Mimosa lacerata*, *Eysenhardtia polystachya*, y *Mimosa aculeaticarpa*. El Bosque tropical bajo de durifolios, conocido como bosque de encinares o bosque de *Quercus*, característicos de la zona montañosa de clima templado. Se encuentra en condiciones ecológicas de zonas semiáridas, tropicales y subtropicales denotando una diversidad florística y fisonómica que se encuentra constituido por árboles de 6 a 8 m de altura, tallo

robusto y tortuoso, caducifolio y de bajo caducifolio, en el cual existe una importante asociación *Quercus glaucoides*, que pertenecen al grupo de encinos de regiones cálidas intertropicales, siendo además de las pocas especies que crecen en estado natural (asociación *Quercus*). La selva baja espinosa perennifolia también conocida como bosque espinoso representa un grupo de comunidades poco homogéneas, en donde los caracteres en común son la presencia de árboles espinosos y de baja altura, difíciles de delimitar debido a que frecuentemente pasan a formar parte de otros tipos de vegetación como el chaparral y la selva baja caducifolia. Esta vegetación presenta un sólo estrato arbóreo y por lo regular alcanza entre 4 y 15m de altura. Entre las especies, destacan: *Acacia constricta*, *Acacia coulteri*, *Mimosa pigra*, *Pithecellobium sp.*, *Chlorophora tinctoria*, *Erythroxylum areolatum*, *Guazuma ulmifolia*, *Nopalea cochenillifera*, *Schoepfia schreberi*, *Trichilia parviflora*, *Acacia farnesiana*, entre otras muchas que son importantes para la alimentación del ganado local de la región mixteca baja. (INEGI, 2018)

Suelo

En la mayoría de los distritos predomina la existencia del suelo denominado Cambisol cálcico que se caracterizan por ser suelos sometidos a un proceso de intemperización, que les da mayor oxidación y por ende diferentes colores, estructura y consistencia. Este tipo de suelos es propio para la agricultura, siempre y cuando se mantenga debidamente fertilizado. En segundo, lugar encontramos el suelo Luvisol crómico, cuyas características indican que es un tipo de suelo que se encuentra en zonas templadas o tropicales lluviosas, aunque en ocasiones se pueden encontrar en climas algo más secos. Se caracteriza por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo. Son de alta susceptibilidad a la erosión, y su vegetación es de selva o bosques. Se usa con fines agrícolas y su fertilidad es moderada. En menor proporción existen suelos como el Suvisol crómico y Luvisol órtico cuyas características son muy semejantes al tipo anterior de suelo, y la Rendzina, se presenta en climas cálidos o templados con lluvias moderadas o abundantes. Se caracteriza por poseer una capa

superficial abundante en humus muy fértil, que descansa sobre roca caliza o algún material rico en cal. No son muy profundos, generalmente, arcillosos. Su susceptibilidad a la erosión es moderada. Su vegetación natural es matorral, selva o bosque. (INEGI, 2018)

REFERENCIAS

- Agraz García, A. A. (1984). *Caprinotecnia I*. México, D.F.: Limusa.
- Aréchiga, C. F., Aguilera, J. I., Rincón, R. M., Méndez de Lara, S., Bañuelos, V. R., & Meza-Herrera, C. A. (2008). Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9, 1–14. Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/939/93911227001/>
- Ayalew, W., King, J. M., Bruns, E., & Rischkowsky, B. (2003). Economical evaluation of smallholder subsistence livestock production: Lessons from a Ethiopian goat development program. *Ecological Economics*, 45(3), 473–485. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(03\)00098-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(03)00098-3)
- FAO. (2007). *Global plan of action for animal genetic resources*. Rome. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/010/a1404e/a1404e00.htm>
- FAO. (2011). *Molecular genetic characterization of animal genetic resources*. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/014/i2413e/i2413e00.htm>
- FAO. (2012). *Phenotypic characterization of animal genetic resources*. Rome. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/015/i2686e/i2686e00.htm>
- FAO. (2013). *In vivo conservation of animal genetic resources*. Rome. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/018/i3327e/i3327e.pdf>
- FAO. (2018). Faostat. Retrieved May 28, 2018, from <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- FIRA. (1999). *Oportunidades de desarrollo de la industria de la carne y leche de cabra en México*. México, D.F. Retrieved from

<http://choricense.blogspot.com/2011/06/oportunidades-de-desarrollo-de-la.html>

Fuentes-Mascorro, G., Martínez, J. M. S., Alejandre, O. M. E., Chirios, Z., & Ricardi, C. L. C. (2014). Zoometría y distribución de partos de la cabra criolla de los Valles Centrales de Oaxaca. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 3(January 2013), 150–154.

García, L. A. (1996). La caprinocultura en la mixteca oaxaqueña: Orígenes. *Ciencias*, 44(4), 28–31. Retrieved from <http://www.revistaciencias.unam.mx/es/193-revistas/revista-ciencias-44/1828-la-caprinocultura-en-la-mixteca-oaxaqueña-orígenes.html>

Gómez y González, A., Pinos Rodríguez, J. M., & Aguirre Rivera, J. R. (2009). *Manual de producción caprina*.

Guerrero Cruz, M. (2010). La caprinocultura en México, una estrategia de desarrollo. *Revista Universitaria Digital de Ciencias Sociales*, 1(1), 1–8.

Hernández Zepeda, J. S., Franco Guerra, F. J., Herrera García, M., Rodero Serrano, E., Sierra Vázquez, A. C., Bañuelos Cruz, A., & Delgado Bermejo, J. V. (2002). Estudio de los recursos genéticos de México: Características morfológicas y morfoestructurales de los caprinos nativos de Puebla. *Archivos de Zootecnia*, 51(94), 53–64. Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/495/49519408/>

Herrera, M. (2007). Metodología de caracterización zootnológica. In Junta. de Andalucía (Ed.), *La Ganadería andaluza en el Siglo XXI, Vol I* (pp. 435–448). Sevilla: Viceconsejería. Servicio de Publicaciones y Divulgación. Retrieved from <http://www.juntadeandalucia.es/servicios/publicaciones/detalle/54432.html>

Herrera, M., & Luque, M. (2009). Morfoestructura y sistemas para el futuro de la valoración morfológica. In C. Sañudo (Ed.), *Valoración morfológica de los animales domésticos2* (pp. 79–102). Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

INEGI. (2018). Mapa digital de México. Retrieved May 18, 2018, from <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF00jIzLjMyMDA4LGxvbjotMTAxLjUwMDAw>

[LHo6MSxsOmMxMTFzZXJ2aWNpb3N8dGMxMTFzZXJ2aWNpb3M=](#)

Lanari, M. R., Taddeo, H., Domingo, E., Pérez Centeno, M., & Gallo, L. (2003). Phenotypic differentiation of exterior traits in local Criollo goat population in Patagonia (Argentina). *Arch. Tierz., Dummerstorf*, 46(4), 347–356. <https://doi.org/10.5194/aab-46-347-2003>

Mayén Mena, J. (1989). *Explotación caprina*. México, D.F.: Trillas.

Mellado, M. (1997). La cabra criolla en América Latina. *Veterinaria Mexico*, 28(4), 333–343.

Parés i Casanova, P. M. (2009). Zoometría. In MAPAMA (Ed.), *Valoración morfológica de los animales domésticos* (pp. 167–198). Madrid: Artegraf, Industrias Graficas S.A. Retrieved from http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/LIBRO_valoracion_morfologica_SEZ_tcm30-119157.pdf

Rashidi, A., Sheikahmadi, M., Rostamzadeh, J., & Shrestha, J. N. B. (2008). Genetic and phenotypic parameter estimates of body weight at different ages and yearling fleece weight in Markhoz goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 21(10), 1395–1403. <https://doi.org/10.5713/ajas.2008.70752>

Revidatti, M. A., De la Rosa, S. A., Cappello-Villada, J. S., Orga, A., & Tejerina, E. R. (2013). Propuesta de estándar racial de la cabra criolla del oeste formoseño, Argentina. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 3, 111–122. Retrieved from http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo_110_lin_photo/articulos/2013/Tra_bajo018_AICA2013.pdf

Revidatti, M. A., Prieto, P. N., de la Rosa, S., Ribeiro, M. N., & Capellari, A. (2007). Cabras criollas de la región norte Argentina. Estudio de variables e índices zoométricos. *Archivos de Zootecnia*, 56(1), 479–482. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/28253224_Cabras_criollas_de_la_regio_n_norte_argentina_estudio_de_variables_e_indices_zoometricos

- Romero, F., Molina, A., González, O., Clemente, I., & Arrebola, F. (2008). Resultados preliminares del efecto de la temperatura y humedad relativa sobre la producción de leche y sus componentes en cabras de raza Payoya, *104*, 243–248.
- SIAP. (2018). Sistema de información agroalimentaria y pesquera. Retrieved May 12, 2018, from <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>
- Sierra, I. (2009). Importancia de la morfología y su valoración en los animales domésticos. In MAPAMA (Ed.), *Valoración morfológica de los animales domésticos* (pp. 19–48). Madrid: Artegraf, Industrias Graficas S.A. Retrieved from <http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/publicaciones-interes/>
- Sponenberg, D. P. (1992). Colonial spanish sheep, goats, dogs, an asses in the United States. *Archivos de Zootecnia*, *41*, 415–419.
- Taberlet, P., Coissac, E., & Pansu, J. (2011). Comptes Rendus Biologies Conservation genetics of cattle , sheep , and goats, *334*, 247–254. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2010.12.007>
- Vargas-Bayona, J. E., Zaragoza-Martínez, L., Delgado Bermejo, J. V, & Rodríguez Galván, G. (2016). *Biodiversidad caprina iberoamericana*. (C. Cuéllar-Mejía, Ed.). Bogotá, Colombia: Fondo Editorial. <https://doi.org/10.16925/9789587600674>

CHAPTER I. ASSESSMENT OF MORPHOSTRUCTURAL VARIABILITY IN THE PASTOREÑA GOAT IN THE MIXTECA OF OAXACA, MEXICO: A PHENOTYPIC STUDY TO ESTABLISH THE RACIAL PROFILE[†]

H.R. Villarreal-Arellano¹, G. Fuentes-Mascorro², J.E. Ramírez-Bribiesca^{1*}, G. Torres-Hernández¹, L.C. Ricardi-De-la-Cruz², S. Vargas-López³

¹*Programa de Ganadería, Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Km. 36.5 Carr. México-Texcoco, 56230 Texcoco, Edo. de México, México.* ²*Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Av. Universidad s/n, Ex-Hacienda 5 Señores, 68120 Oaxaca, Oaxaca, México.*

³*Colegio de Postgraduados - Campus Puebla. Apartado Postal 2-12. Col. La Libertad, 72130 Puebla, Puebla, México.*

**Corresponding author. E-mail: efrenrb@colpos.mx (J.E. Ramírez-Bribiesca).*

1.1. ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the morphostructural variability of the Pastoreña goat (PG), in the state of Oaxaca, Mexico. Five qualitative traits (hair, pigmentation, horns, ears and facial profile) and 13 morphometric features were evaluated (head length, head width, face length, height at withers, body length, height at rump, rump length, rump width, chest girth, chest depth, chest width, shoulder point width, shin circumference, and live weight) in 249 animals (185 females and 64 males), 2-5 years of age. Descriptive statistics analysis was performed on the qualitative (QV) and morphometric (MV) variables. The morphometric indexes (MI) were calculated with MV and variance analysis and Tukey by sex. The Pearson correlations were calculated for MV and MI, determining the morphostructural harmonic model. The canonical discriminant analysis and analysis of principal coordinates were made in QV and principal component analysis in MV and MI. The results in QV indicated some features in the racial profile of the PG. The

[†] Enviado a el *Journal of Animal Breeding and Genetics* para revisión y publicación.

results of MV showed sexual dimorphism ($P < 0.05$). The coefficient of variation indicated morphostructural homogeneity. The correlations in MV and MI suggest harmonic-morphostructural and harmonic-median models for females and males, respectively. The multivariate analysis showed uniformity in the sampled localities. In conclusion, the qualitative and quantitative variables demonstrated in the PG characterize as a unique goat breed in the Mixteca of Mexico and justify further conservation efforts.

Keywords: Pastoreña goat, Mixteca, phenotype, coefficient of variation, harmonic model, breed homogeneity.

1.2. INTRODUCTION

The data bank for animal genetic resources (AnGR) of FAO (2007) is an essential source of information necessary for maintaining appropriate conservation programs and provides a framework for the management of livestock biodiversity. In this context, FAO has provided support since 1960 to countries to characterize and conserve native livestock breeds. They have committed to establish the Domestic Animal Diversity information system (DAD-IS) as a mechanism to exchange information about native races to facilitate the management of the AnGR. The system creates access to a database that facilitates efficient distribution of guidelines and documents worldwide.

Mexico has a population of native goats known in Spanish as "Pastoreña goat (PG)" that are bred by shepherds who inhabit the Mixteca region in the states of Puebla and Oaxaca (Sierra, Molina, Delgado, Hernández, & Rivera, 1997). Historical data indicate that the breeding of these goats dates from around 1560, subsequently establishing 3 groups of herds known as stratum: *señorios*, *nobles*, and *macules*. In the 17th-century livestock husbandry intensified with goat herds being raised on communal lands abundant in shrubs or trees. In the period of 1585 to 1595, the

production of sheep and goats was approximately 150,000 animals, remaining stable throughout the 19th century up to the agricultural livestock census of 1970 (Garcia, 1996). Currently in the Mixteca of Oaxaca our research group has identified several herds of more than 1000 PG with uniform phenotypic characteristics that are part of a regional transhumance system.

The phenotypic characterization of animals in a specific region identifies the attributes of a race in the production system environment (Rodero, González, Dorado-Moreno, Luque, & Hervás, 2015), but when there are no records of the breed, the evaluation of animal genetic diversity is difficult to perform, therefore, it is necessary to demonstrate that the study population can be categorized as a homogeneous group (FAO, 2012). In this context, it was necessary to define a set of qualitative and morphometric variables that characterize the phenotype of the AnGR population under study in order to define standards that distinguish it from other races (Sierra, 2009). While molecular genetic characterization provides a better definition of race, phenotypic variables are also important. Therefore, multivariate analysis that includes the discriminant method, analysis of principal coordinates, main components, cluster analysis and correlations could provide data to establish identity traits of a race (La O-Arias et al., 2012; Moutchou, González, Chentouf, Lairini, & Rodero, 2017; Nafti, Khaldi, & Haddad, 2014; Ouchene-Khelifi, Ouchene, Maftah, Da Silva, & Lafri, 2015; Zeleke, Getachew, Worku, Minch, & Box, 2017), both as a descriptive tool and to form models of AnGR (Bhatia, Jain, Sadana, Gokhale, & Bhagat, 2010; Rodero et al., 2015; Rodero, González, Luque, Herrera, & Gutiérrez-Estrada, 2012) essential for conservation programs of a breed.

The objective of this study was to determine the variability that occurs in the qualitative and quantitative traits of PG. The goats are raised in an adverse environment of the Mixteca region and the shepherds preserve them as a race free of crosses with exotic breeds.

1.3. MATERIAL AND METHODS

1.3.1. Animals and Location

Mexico has a population of 8,754,204 goats (FAO, 2018) with 1,251,734 found in state of Oaxaca, concentrated mainly in the Mixteca region, where there are herds of PG that are mostly of a specific lineage, characterized by white or cream color, robust physique, thin limbs and capable of grazing in rocky, inaccessible terrain (Figure 1.1). Individual herds include from 100 to 1500 animals. All graze on communal lands, but the large herds are raised in a transhumance system, while the small herds are taken out to graze during the day and at night confined to pens. Their main zootechnical function is meat production; the adult males and old females are commercialized from the months of July to October to be prepared in a native dish known as *Chito* and *Mole de Cadera* (Sierra et al., 1997). Milk production is not the main activity, but occasionally the shepherds who care for and are living with herds in the transhumance system, drink milk and make cheese for self-consumption.

The study was conducted during the summer of 2017, in the Mixteca of Oaxaca,



Figure 1.1. A flock of Pastoreña goat in the Mixteca region of Oaxaca, Mexico.

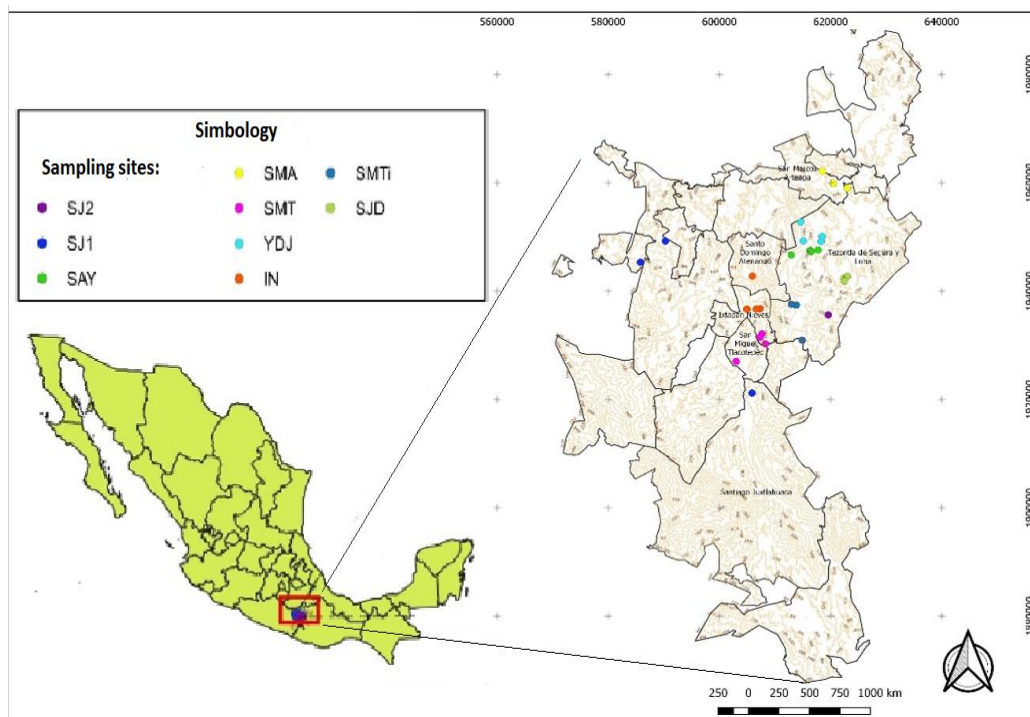
Mexico and included 9 places in 3 regional districts (Figure 1.2) with the following characteristics:

Region 1: Huajuapán de León is located at coordinates 17 ° 48'00 "N 97 ° 46'00" W

Region 2: Silacayoapan is located at coordinates 17 ° 30'00 "N 98 ° 08'00" W

Region 3: Santiago Juxtlahuaca is located at coordinates 17 ° 43'00 "N 97 ° 19'00" W.

The area varied between 1200-2730 meters above sea level and included different



SJ1 = Santiago Juxtlahuaca 1, SJ2 = Santiago Juxtlahuaca 2, SAY = San Andrés Yutatío, SMA = San Marcos Arteaga, SMT = San Miguel Tlacotepec, YDJ = Yucuñuti de Juárez, IN = Ixpantepec Nieves, SMTI = Santa María Tindú, SJD = San Juan Diquiyú.

Figure 1.2. Geographical map of the sampling places in the Mixteca region of Oaxaca, Mexico.

microclimates from semi-warm sub-humid to semi-dry semi-warm. The maximum temperature in the summer is 22 ° C and the minimum in the winter of -3° C (INEGI 2018).

1.3.2. Sample Calculation

Two hundred and forty-nine animals were sampled (185 females and 64 males) of 2-5 years (measured by dentition) for qualitative variables and 221 animals (170 females and 51 males) for quantitative variables. The sample size was calculated equally in each of the 3 regions, using the following formula:

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 * p * q}{i^2}$$

Where: $Z_{\alpha/2}^2$ is the value of the percent confidence level (95%); i is the margin of error in decimals (0.1); p is the estimated value for the proportion of the sample that will respond a given way to an expected value (0.90); and q is equal to $1 - p$ (0.1) (FAO, 2012).

1.3.3. Qualitative Variables

In the study, the following qualitative variables (QV) suggested by the FAO (2012) were evaluated: sex (female, male), hair coat color (white, cream, spotted, black), hair type (glossy, dull) hair texture (soft, rough), hair patterns (straight, wavy or curly), hair length (short, medium, long), skin pigment (present, absent), mucous pigment (present, absent) hoof pigment (present, absent), horns (present, absent), horns shape (partial, straight, arched, spiral) horn orientation (lateral, spiral upward, spiral backward), ears size (small, medium, big), ears orientation (erect, semi-pendulous, pendulous), facial profile (straight, concave, convex, ultra-convex), tassels (present, absent), beard (present, absent), shorts (present, absent), bun (present, absent), raspail (present, absent) and pelisse (present, absent).

1.3.4. Quantitative Variables – Morphometric

Thirteen quantitative - morphometric variables (MV) were recorded in centimeters (cm) according to the FAO (2012): Head length (HL), head width (HW), face length (FL), height at withers (HAW), body length (BL), height at rump (HAR), rump length (RL), rump width (RW), chest girth (CG), chest depth (CD), chest width (CW), shoulder point width (SPW), shin circumference (SC), and live weight (LW) in kilograms (kg).

Additionally, 12 morphometric indexes (MI) were calculated: body index (BOI) = $BL / CG \times 100$, thoracic index (TOI) = $CW / CD \times 100$, cephalic index (CEI) = $HW / HL \times 100$, pelvic index (PEI) = $RW / RL \times 100$, proportionality index (PROI) = $BL / HAW \times 100$, dactyl-thoracic index (DATOI) = $SC / CG \times 100$, dactyl-costal index (DACOI) = $SC / CW \times 100$; relative depth of chest index (RDCI) = $CD / HAW \times 100$; relative shortness index (RSI) = $HAW / BL \times 100$; relative thickness of the cannon bone index (RTC) = $SC / HAW \times 100$; longitudinal pelvic index (LPI) = $RL / HAW \times 100$ and cross-sectional pelvic index (CSPI) = $RW / HAW \times 100$. These MI are normally used for racial diagnosis, functional adaptability and productive aptitude. In this study the indices were used for the racial diagnosis, homogeneity and harmony of the population because they provide additional information for the analysis of QV and MV (Parés i Casanova, 2009).

1.4. STATISTICAL ANALYSIS

The data obtained from the QV was processed in numerical codes (Table 1.1.) and analyzed as recommended by Jordana et al. (1993). Descriptive statistics analysis was performed on the qualitative (QV) and morphometric (MV) variables. The morphometric indexes (MI) were calculated with MV and variance analysis and Tukey by sex. The Pearson correlations were calculated for MV and MI to determine the morphostructural harmonic model (Herrera, 2007). The canonical discriminant analysis (CAN) and principal coordinates (PCoA) were made in QV; CAN and

principal component analysis (PCA) in MV and MI. All analysis was carried out InfoStat software (Balzarini et al., 2008).

Table 1.1. Numeric code for each variation within the qualitative variables to generate the qualitative matrix.

| Trait | Code | | |
|-------------------------------|-----------|----------------|-----------|
| | 0 | 1 | 2 |
| Coat | | | |
| Color | White | Cream | Black |
| Type | Glossy | Dull | |
| Texture | Soft | Rough | |
| Pattern | Straight | Wavy | Curly |
| Length | Short | Medium | Long |
| Hair Cover[†] | | | |
| Shorts | Present | Absent | |
| Bun | Present | Absent | |
| Raspail | Present | Absent | |
| Pelisse | Present | Absent | |
| Tassels | Present | Absent | |
| Beard | Present | Absent | |
| Pigmentation | | | |
| Skin | Present | Absent | |
| Mucous | Present | Absent | |
| Hoof | Present | Absent | |
| Horns | | | |
| | Present | Absent | |
| Shape | Arched | Spiral | Straight |
| Orientation | Spiral up | Spiral back | Lateral |
| Ears | | | |
| Size | Small | Medium | Big |
| Orientation | Erect | Semi-pendulous | Pendulous |
| Facial profile | | | |
| | Concave | Straight | Convex |

[†] Shorts = long hair growth in hindquarters, bun = long hair growth around neck, Raspail = long hair growth on dorsal region, Pelisse = long hair growth on shoulder point width.

1.5. RESULTS AND DISCUSSION

1.5.1. Qualitative Variables

Table 1.2 shows the relative frequencies (%) of QV in the PG population. The population was homogeneous, demonstrating typical characteristics of PG contrary to other studies carried out in some parts of the Mixteca region (Hernández Zepeda et al., 2002; Ramírez, Sánchez, Ortiz, Zaragoza, & Ricardi, 2014) and in America where Creole goats exhibited variable characteristics (Gomes Arandas et al., 2017; Gómez et

al., 2012; Revidatti, De la Rosa, Cappello-Villada, Orga, & Tejerina, 2013). The color white was the main feature that identified the PG, predominating as a feature of breeding selection (Lanari, Taddeo, Domingo, Pérez Centeno, & Gallo, 2003). Shepherds of the PG habitually prefer young with white fur, with the white-creamy color as the second most popular option because they empirically associate light fur with greater vigor, as well as being able to easily identify animals in dark places with excess foliage.

Sexual dimorphism in QV occurred in >10% in PG populations, males had hair cover (short, bun, raspail, pelisse). Among females occurred 97% aegragus horns and the prisca-type horns in 93%. Other studies showed that Cuban females goats had 94% of aegragus-type horns and 87% of males prisca-type horns (La O-Arias et al., 2012). In this study, the beard was 100% and 63% for males and females, respectively. The tassels; pigmentation in skin, mucous and hooves; the orientation of horns; size and orientation of ears; and straight facial profile showed homogeneity between each sex ($P > 0.05$), and there was statistical interaction in the sex-locality variable. The females were different ($P < 0.05$) in appearance and texture of hair, beard, pigmentation, horns and orientation of ears. The males demonstrated differences between localities in appearance, texture and length of hair, horns, pigmentation of the skin, mucous membranes, hooves and the shape-orientation of ears. These differences may be due to the continuous exchange of males between small herds to be used as breeding stock bucks. Meanwhile, the larger herds associated with a transhumance system are isolated, and the trade or exchange of the bucks is not frequent; also the environmental conditions influence the phenotype of the races (Gomes Arandas et al., 2017).

Table 1.2. Frequencies (%) of qualitative variables by sex in the Pastoreña goat population.

| Trait | Females | | Males | | sig. sex | Trait | Females | | Males | | sig. sex |
|-------------------|---------|------|-------|------|-------------|-----------------------|---------|------|-------|------|-------------|
| | AF | RF | AF | RF | | | AF | RF | AF | RF | |
| Coat | | | | | | Beard | | | | | *** |
| Color | | | | | ** | Present | 118 | 63.8 | 64 | 100 | |
| White | 130 | 70.3 | 59 | 92.2 | | Absent | 67 | 36.2 | 0 | 0 | |
| Cream | 55 | 29.7 | 5 | 7.8 | | Pigmentation | | | | | |
| Type | | | | | ns | Skin | | | | | ns |
| Glossy | 142 | 76.8 | 50 | 78.1 | | Present | 85 | 45.9 | 28 | 43.8 | |
| Dull | 43 | 23.2 | 14 | 21.9 | | Absent | 100 | 54.1 | 36 | 56.3 | |
| Texture | | | | | ns | Mucous | | | | | ns |
| Soft | 142 | 76.8 | 50 | 78.1 | | Present | 119 | 64.3 | 46 | 71.9 | |
| Rough | 43 | 23.2 | 14 | 21.9 | | Absent | 66 | 35.7 | 18 | 28.1 | |
| Pattern | | | | | * | Hoof | | | | | ns |
| Straight | 171 | 92.4 | 53 | 82.8 | | Present | 3 | 1.6 | 4 | 6.2 | |
| Wavy | 12 | 6.5 | 9 | 14.1 | | Absent | 182 | 98.4 | 60 | 93.8 | |
| Curly | 2 | 1.1 | 2 | 3.1 | | Horns | | | | | ns |
| Length | | | | | *** | Present | 177 | 95.7 | 60 | 93.8 | |
| Short | 47 | 25.4 | 8 | 12.5 | | Absent | 8 | 4.3 | 4 | 6.2 | |
| Medium | 138 | 74.6 | 45 | 70.3 | | Shape | | | | | *** |
| Long | 0 | 0 | 11 | 17.2 | | Arched | 172 | 97.2 | 4 | 6.7 | |
| Hair cover | | | | | | Spiral | 4 | 2.3 | 56 | 93.3 | |
| Short | | | | | * | Straight | 1 | 0.5 | 0 | 0 | |
| Present | 2 | 1.08 | 4 | 6.2 | | Orientation | | | | | ns |
| Absent | 183 | 98.9 | 60 | 93.8 | | Spiral up | 71 | 40.1 | 28 | 46.7 | |
| Bun | | | | | * | Spiral back | 61 | 34.5 | 28 | 46.7 | |
| Present | 0 | 0 | 2 | 3.1 | | Lateral | 45 | 25.4 | 4 | 6.6 | |
| Absent | 185 | 100 | 62 | 96.9 | | Ears | | | | | |
| Raspail | | | | | *** | Size | | | | | ns |
| Present | 0 | 0 | 6 | 9.4 | | Small | 0 | 0 | 1 | 1.6 | |
| Absent | 185 | 100 | 58 | 90.6 | | Medium | 184 | 99.5 | 61 | 95.3 | |
| Pelisse | | | | | *** | Big | 1 | 0.5 | 2 | 3.1 | |
| Present | 0 | 0 | 6 | 9.4 | | Orientation | | | | | ns |
| Absent | 185 | 100 | 58 | 90.6 | | Erects | 165 | 89.2 | 59 | 92.2 | |
| Tassels | | | | | ns | Semi-pendulous | 19 | 10.3 | 4 | 6.2 | |
| Present | 15 | 8.11 | 10 | 15.6 | | Pendulous | 1 | 0.5 | 1 | 1.6 | |
| Absent | 170 | 91.9 | 54 | 84.4 | | Facial profile | | | | | ns |
| | | | | | | Straight | 185 | 100 | 64 | 100 | |

ns=No significance ($P>0.05$), * $P<0.05$, ** $P<0.001$, *** $P<0.0001$, AF=Accumulated frequency, RF=Relative frequency (%), Sig.=Significance

1.5.2. The Quantitative Variables – Morphometric

The descriptive statistics of the MV are shown in Table 1.3, demonstrating sexual dimorphism among PG ($P < 0.05$); previously, this parameter has been reported in similar studies in PG of the Mixteca (Ramírez et al., 2014) and in Creole goats of Veracruz, Mexico (Lozada-García, Carmona-Hernández, Torres-Pelayo, Fernández, & López del Castillo-Lozano, 2015). The variability of sexual dimorphism depends on the environmental conditions where the goats are raised, for instance, the values in the MV were higher in the PG when compared with other studies of Creole goats in Mexico (Dorantes-Coronado, Torres-Hernández, Hernández -Mendo, & Rojo-Rubio, 2015; Hernández Zepeda et al., 2002), Patagonia, Argentina (Lanari et al., 2003), Lara Venezuela (Muñoz Milano, Granda, & Rosas, 2014), Granma, Cuba (La O-Arias et al., 2012) and the White Celtiberian goats in Almeria, Spain (Herrera & Luque, 2007). Perhaps the origin of the PG was for this last race mentioned (Martínez Rojero, Torres-Hernández, & Martínez Hernández, 2013). Live weight also showed a significant difference between sexes ($P > 0.05$); however, it was not taken in the analysis of additional data due to the fact that the period in our study was carried out between the dry and rainy seasons. The coefficient of variation (CV) is used to evaluate morphostructural homogeneity in the same population. CV in the HAW, BL, CD, CG, and HAR define the profile of a race (Rodero et al., 2003), where the PG had a CV = 5%, indicating that the study population had morpho-structural homogeneity in these MVs. The CV was less than 10%, indicating a median morphostructural homogeneity in the PG population. Rodero et al. (2003) cited a similar CV for the population of females in the Florida and Payoya breeds, with the exception of the CV for BCD (11.95%) and HL (11.31%) in the Payoya goats. Herrera and Luque (2007), and Revidatti et al. (2013) cited similar values for the Blanca Andaluza and Celtiberian breeds in Spain, and the Formosa creole goat in Argentina, respectively. Other studies report a CV higher than 10% (Moutchou et al., 2017; Yakubu, Salako, Imumorin, Ige, & Akinyemi, 2010) and according to Herrera (2007) when there is a CV $< 10\%$, it is a good indicator of natural selection. Therefore, the CV results in the PG indicated that the environment influences morphostructural homogeneity.

Simultaneously, the shepherds influence the CV with their management scheme, given that CV >10% is reported in the northern region of the Mixteca (Ramírez et al., 2014).

Table 1.3. Descriptive statistic of morphometric variables and the coefficient of variation (%) of Pastoreña goat population.

| MV (cm) | Population | | Females | | Males | | Sig. Sex |
|---------|------------|-------|-----------|-------|------------|-------|----------|
| | n = 221 | | n = 170 | | n = 51 | | |
| | Mean | CV(%) | Mean | CV(%) | Mean | CV(%) | |
| HAW | 71.06±5.8 | 8.16 | 68.68±3.5 | 5.1 | 79.02±4.8 | 6.02 | *** |
| BL | 73.9±6.6 | 8.95 | 71.32±4.8 | 6.7 | 82.49±4.2 | 5.06 | *** |
| HL | 26.03±2.1 | 7.92 | 25.17±1.3 | 5.02 | 28.9±1.5 | 5.33 | *** |
| FL | 20.65±1.8 | 8.74 | 19.94±1.3 | 6.39 | 23±1.2 | 5.36 | *** |
| HW | 9.71±1.2 | 12.3 | 9.31±0.9 | 10.09 | 11.04±1.0 | 8.87 | *** |
| SPW | 20.08±2.7 | 13.43 | 18.94±1.7 | 9 | 23.9±1.7 | 7.01 | ** |
| CW | 23.09±2.4 | 10.62 | 22.68±2.5 | 10.86 | 24.45±1.9 | 7.6 | *** |
| CD | 33.66±3.4 | 10.16 | 32.22±2.2 | 6.85 | 38.47±2.1 | 5.44 | *** |
| CG | 89.83±8.5 | 9.47 | 86.44±5.9 | 6.82 | 101.14±5.6 | 5.56 | *** |
| HAR | 71.37±5.1 | 7.21 | 69.46±3.6 | 5.16 | 77.75±4.4 | 5.64 | *** |
| RW | 16.76±1.6 | 9.72 | 16.33±1.4 | 8.6 | 18.22±1.5 | 8.17 | *** |
| RL | 23.35±2.6 | 11.12 | 22.35±1.9 | 8.45 | 26.67±1.7 | 6.48 | *** |
| SC | 11.04±1.4 | 12.49 | 10.52±1.0 | 9.44 | 12.78±1.0 | 7.87 | *** |
| LW (kg) | 49.7±12.7 | 25.54 | 44.59±8.5 | 19.04 | 67.38±8.1 | 12.03 | *** |

CV=Coefficient of variation, Sig.=Significance, **P<0.001, ***P<0.0001. HL = head length, HW = head width, FLL = face length, HAW = height at withers, BL = body length, HAR = height at rump, RL = rump length, RW = rump width, CG = chest girth, CD = chest depth, CW = chest width, SPW = shoulder point width, SC = shin circumference. LW = live weight.

The correlations of the MV and the MI are shown in Table 1.4. This data defines the morphostructural harmonic model in the population. Therefore, the increase in the number of significant correlations improves the morphostructural harmonic model in a population. The correlations of our study show a harmonic model in females (97.8%) and males (79.1%). MI had correlations of 66.67 and 46.97% with significance (P <0.05) for females and males, respectively. The PGs had a better harmonic morphostructural model than the Spanish goats such as the Cabra Blanca Serrana Andaluza (correlations of 65 and 20 % for females and males, respectively), and a

Table 1.4. Correlation of the morphometric variables and morphometric indexes and the probabilities for females (upper diagonal) and males (lower diagonal) of Pastoreña goat population.

| MV | HAW | BL | HL | FL | HW | SPW | CW | CD | CG | HAR | RW | RL | SC | LW |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| HAW | 1 | 0.57* | 0.46*** | 0.34*** | 0.28** | 0.4*** | 0.28** | 0.55* | 0.52* | 0.75* | 0.35*** | 0.41*** | 0.4*** | 0.49*** |
| BL | 0.48** | 1 | 0.54* | 0.52* | 0.53* | 0.57* | 0.4*** | 0.72* | 0.69* | 0.48*** | 0.51*** | 0.58* | 0.53* | 0.72* |
| HL | 0.51** | 0.47** | 1 | 0.69* | 0.45*** | 0.53* | 0.35*** | 0.67* | 0.6* | 0.46*** | 0.51* | 0.42*** | 0.44*** | 0.65* |
| FL | 0.39* | 0.1ns | 0.57*** | 1 | 0.41*** | 0.47*** | 0.37*** | 0.62* | 0.52* | 0.37*** | 0.54* | 0.34*** | 0.37*** | 0.61* |
| HW | 0.11ns | 0.21ns | 0.39* | 0.28ns | 1 | 0.4*** | 0.42*** | 0.54* | 0.52* | 0.34*** | 0.46*** | 0.5*** | 0.28** | 0.65* |
| SPW | 0.31* | 0.5** | 0.51*** | 0.33* | 0.47** | 1 | 0.33*** | 0.67* | 0.67* | 0.35*** | 0.47*** | 0.42*** | 0.53* | 0.66* |
| CW | 0.2ns | 0.32* | 0.42* | 0.17ns | 0.32* | 0.43* | 1 | 0.36*** | 0.39*** | 0.21ns | 0.56* | 0.31*** | 0.06ns | 0.47*** |
| CD | 0.46** | 0.63*** | 0.63*** | 0.22ns | 0.27ns | 0.63*** | 0.47** | 1 | 0.83* | 0.52* | 0.58* | 0.56* | 0.55* | 0.85* |
| CG | 0.43* | 0.41* | 0.55*** | 0.23ns | 0.47** | 0.6*** | 0.67*** | 0.71*** | 1 | 0.45*** | 0.52* | 0.57* | 0.59* | 0.82* |
| HAR | 0.57*** | 0.41* | 0.34* | 0.36* | 0.26ns | 0.42* | 0.5ns | 0.48** | 0.37* | 1 | 0.38*** | 0.41*** | 0.37*** | 0.5*** |
| RW | 0.35* | 0.4* | 0.62*** | 0.41* | 0.41* | 0.73*** | 0.35* | 0.62*** | 0.53*** | 0.36* | 1 | 0.38*** | 0.22* | 0.67* |
| RL | 0.18ns | 0.53*** | 0.49** | 0.25ns | 0.49** | 0.43* | 0.19ns | 0.6*** | 0.46** | 0.51** | 0.31* | 1 | 0.43*** | 0.57* |
| SC | 0.4* | 0.45** | 0.39* | 0.23ns | 0.17ns | 0.5** | 0.23ns | 0.47** | 0.44* | 0.38* | 0.22ns | 0.39* | 1 | 0.5* |
| LW | 0.42* | 0.65*** | 0.68*** | 0.24ns | 0.46* | 0.73*** | 0.52** | 0.76*** | 0.71*** | 0.53** | 0.7*** | 0.66*** | 0.5** | 1 |

ns = no significant difference, *P<0.05, **P<0.001, ***P<0.0001. HL = head length, HW = head width, FL = face length, HAW = height at withers, BL = body length, HAR = height at rump, RL = rump length, RW = rump width, CG = chest girth, CW = chest depth, CD = chest width, SPW = shoulder point width, SC = shin circumference.

| MI | BOI | TOI | CEI | PEI | PROI | DATOI | DACOI | RDCI | CSPI | LPI | RSI | RTCI |
|--------------|---------|-----------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|----------|----------|---------|---------|
| BOI | 1 | 0.12ns | 0.06ns | -0.01 | 0.41*** | 0.23* | -0.05ns | 0.00ns | -0.05ns | -0.03ns | -0.4*** | -0.14* |
| TOI | -0.31* | 1 | 0.16* | 0.21* | 0.01ns | -0.23* | -0.79* | 0.85* | 0.26** | 0.02ns | 0.00ns | -0.27* |
| CEI | -0.21ns | 0.15ns | 1 | -0.08 | 0.3*** | -0.14ns | -0.18* | 0.26** | 0.19* | 0.3*** | -0.29** | 0.03ns |
| PEI | -0.18ns | 0.10ns | -0.14ns | 1 | -0.03ns | -0.18* | -0.3*** | 0.25* | 0.59* | -0.58* | 0.03ns | -0.18* |
| PROI | 0.43* | 0.03ns | 0.12ns | -0.24ns | 1 | 0.00ns | 0.00ns | 0.34*** | 0.43*** | 0.48*** | -1* | 0.41*** |
| DATOI | 0.43* | -0.26* | -0.16ns | -0.22ns | 0.03ns | 1 | 0.71* | -0.29** | -0.22* | -0.002ns | 0.004ns | 0.74* |
| DACOI | 0.31* | -0.67*** | -0.08ns | -0.22ns | -0.07ns | 0.81* | 1 | -0.77* | -0.34*** | 0.01ns | 0.001ns | 0.65* |
| RDCI | -0.34* | 0.74*** | 0.18ns | 0.00ns | 0.49** | -0.3* | -0.65*** | 1 | 0.54* | 0.25** | -0.3*** | -0.03ns |
| CSPI | -0.16ns | -0.0024ns | 0.17ns | 0.5** | 0.45** | -0.24ns | -0.23ns | 0.43* | 1 | 0.29** | -0.4*** | 0.11ns |
| LPI | 0.01ns | -0.10ns | 0.33* | -0.55*** | 0.68*** | -0.01ns | 0.01ns | 0.42* | 0.43* | 1 | -0.5*** | 0.33*** |
| RSI | -0.43* | -0.01ns | -0.14ns | 0.29* | -0.99ns | -0.05ns | 0.05ns | -0.48** | -0.44* | -0.71*** | 1 | -0.4*** |
| RTCI | -0.03ns | -0.0024ns | 0.10ns | -0.26ns | 0.44* | 0.67*** | 0.5** | 0.32* | 0.21ns | 0.48** | -0.45** | 1 |

ns = no significant difference, *P<0.05, **P<0.001, ***P<0.0001. COI = body index, TOI = thoracic index, CEI = cephalic index, PEI = pelvic index, PROI = proportionality index, DATOI = dactyl-thoracic index, DACOI = dactyl-costal index, RDCI = relative depth of chest index, RSI = relative shortness index, RTCI = relative thickness of the cannon bone index, LPI = longitudinal pelvic index and CSPI = cross-sectional pelvic index.

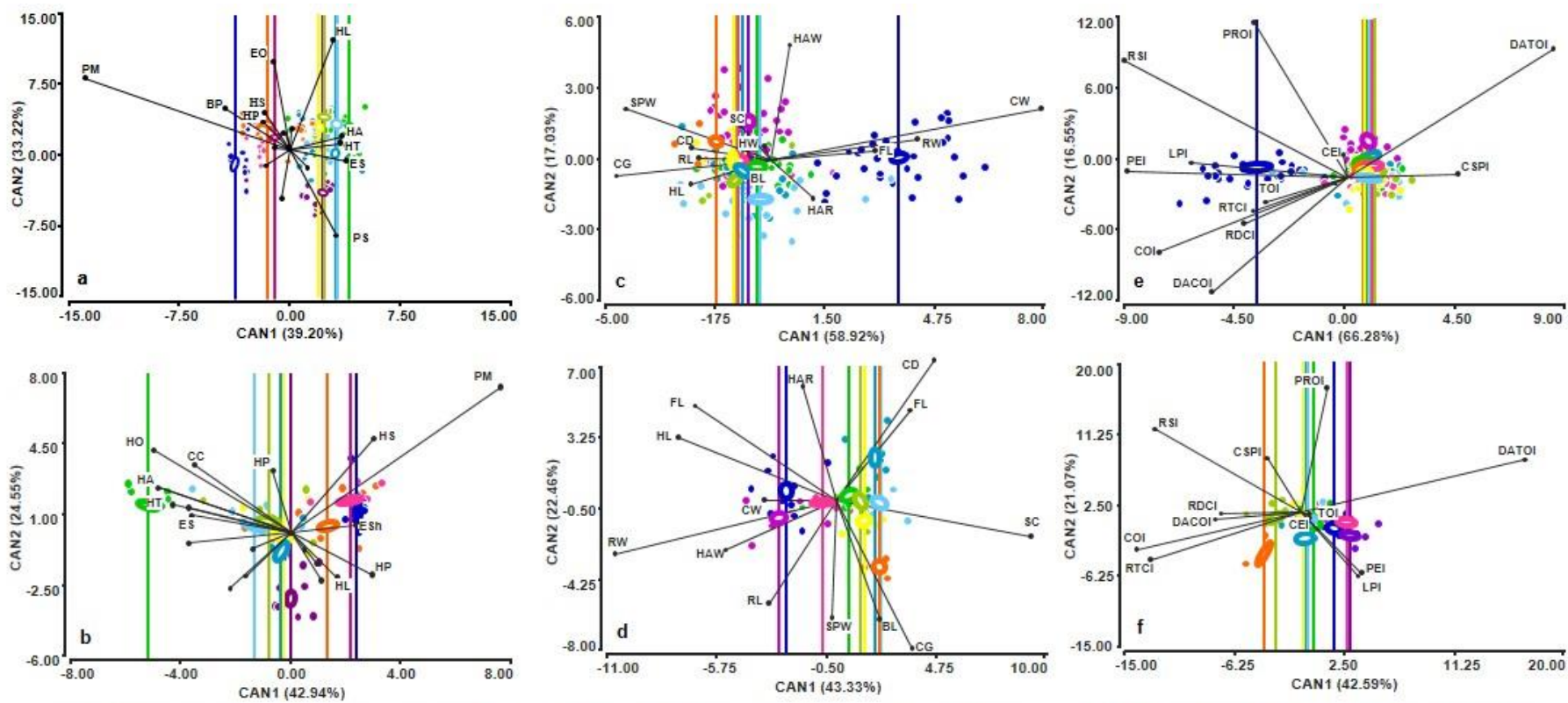
model similar to the White Celtiberian goat (76.47 and 50.73% for females and males, respectively) (Herrera & Luque, 2007). Therefore, the results obtained in the PG indicated that it is a native breed.

Figure 1.3 shows the canonical discriminant analysis (CAN). The variations in the groups for QV in the females (Figure 1.3a) and males (Figure 1.3b) were 72.4 and 75.95%, respectively, corresponding to 1) appearance, texture and length of the coat, skin and pigmented mucosa, 2) size and orientation of the ears, 3) presence and shape of the horns. The population of female goats SJ1 and SJ2 and males SJ2 and SAY were discriminated by the population.

The MV for females (Figure 1.3c) was 75.95% of the population variation was given with the variables: 1) Face length, 2) raised on the cross, 3) bicostal distance, 4) dorsoesternal distance, 5) width of the rump and perimeter of the cane. The SJ1 locality was discriminated. The MV in the males (Figure 1.3d) was 65.79% of the population variation, given the variables: 1) raised to the cross, 2) length of the face, 3) dorsoesternal distance and 4) perimeter of the thorax and cane, where SJ1, SJ2 and IN are slightly discriminated from the rest of the population.

The MI in CAN shows CEI, PEI, PROI, DATOI, CSPI and RSI as the same discriminant MI for females (Figure 1.3e) and males (Figure 1.3f) with 82.3 and 63.66% variation, respectively; where the SJ1 locality was discriminated in the female population and IN in the male population. The results of the CAN in PG coincided with other studies (Gomes Arandas et al., 2017; Jimcy, Raghavan, & Sujatha, 2011; Rodero et al., 2003), showing the decrease in the sample space as a function of the variables selected over defined groups.

The QV was transformed into a numerical matrix and consequently classical multidimensional scaling (PCooA) was applied to the variables (Figure 1.4). The PCooA indicates the similarities (distances) of the qualitative variables of the population in the PG by locality, therefore, the values were 76 and 74.4% for females and males, respectively. Figure 1.4, also indicates the differences between the population of the PG .



CC = Coat color, PM = pigmented mucous, PS = pigmented skin, PH = pigmented hoof, HP = horn presence, HO = horns orientation, HS = horns shape, HL = hair length, HA = hair appearance, HT = hair texture, HP = hair pattern, EO = ears orientation, ES = ears sizes, ESh = Ears shape, BP = beard presence

HL = head length, HW = head width, FLL = face length, HAW = height at withers, BL = body length, HAR = height at rump, RL = rump length, RW = rump width, CG = chest girth, CD = chest depth, CW = chest width, SPW = shoulder point width, SC = shin circumference.

COI = body index, TOI = thoracic index, CEI = cephalic index, PEI = pelvic index, PROI = proportionality index, DATOI = dactyl-thoracic index, DACOI = dactyl-costal index, RDCI = relative depth of chest index, RSI = relative shortness index, RTCI = relative thickness of the cannon bone index, LPI = longitudinal pelvic index and CSPI = cross-sectional pelvic index.

■ SJ2
 ■ SJ1
 ■ SAY
 ■ SMA
 ■ SMT
 ■ YDJ
 ■ IN
 ■ SMTi
 ■ SJD

Figure 1.3. Graphical representation of the discriminant variables, the centroid of each location, dispersion of the population of Pastoreña goats for qualitative variables a) females, b) males; quantitative variables c) females, d) males; and morphometric indexes e) females, f) males.

by location in Euclidean distances; the greatest differences between the similarities of the females (Figure 1.4a) occurred in the SJ2 locality versus IN (1.93), SJD (1.95) and SAY (2.37). Most of the similarities were in YDJ vs. SMA (0.48) and SJD (0.49), and SJD vs. SMA (0.48). In males (Figure 1.4b), the differences were in SMT vs. SJ2 (2.85), SMA (2.78) and SAY (2.83). The minor differences were between SMTi and IN (0.67), YDJ vs. SDJ (0.91) and SMTi (1.01); these results suggest a relationship of similarities between geographical space and localities (Jordana et al., 1993; Lanari et al., 2003).

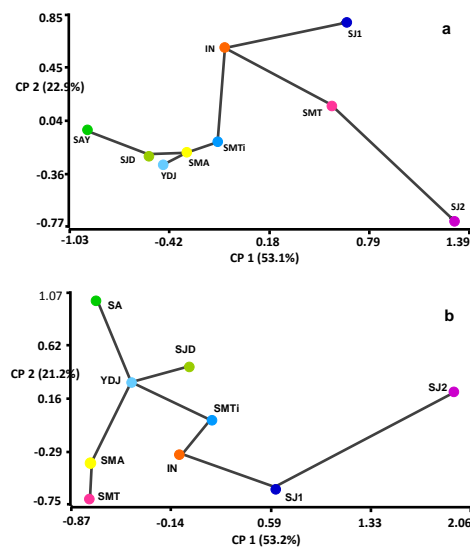


Figure 1.4. PCoA graphics for qualitative variables of Pastoreña goat population, expressed in Euclidian distances between locations. a) females, b) males.

Figure 1.5 shows the results of PCA for MV. The population of females (Figure 1.5a) shows the morpho-structural variables, the CP1 axis shows 71.5% of the total variability observed, corresponding: 1) BL, 2) SPW, 3) CD and 4) CG. The CP2 axis shows 12.9% of the total variability observed, corresponding to 1) FL, 2) HAW, 3) CW and RW. There was a close relationship between the towns of SJD, SMTi, SMT and SAY. The biggest difference was in SJ2 and IN vs. SJ1 and YDJ, with a cophenetic

correlation coefficient of 0.990. The population of males (Figure 1.5b) in MV had the total variation in the CP axis of 55.9%, the highest proportion corresponded to 1) BL, 2) HL, 3) SPW, 4) CD, 5) RW and RL. The axis CP2 had a total variation of 18.9%, corresponding to 1) HAW, 2) HL and 3) HAR and RW. The closest variabilities were between SMA, SMT, SAY and SJD, and the most remote between SJ2 and IN vs. SMTi and YDJ, with a coefficient of cofeetic correlation of 0.958.

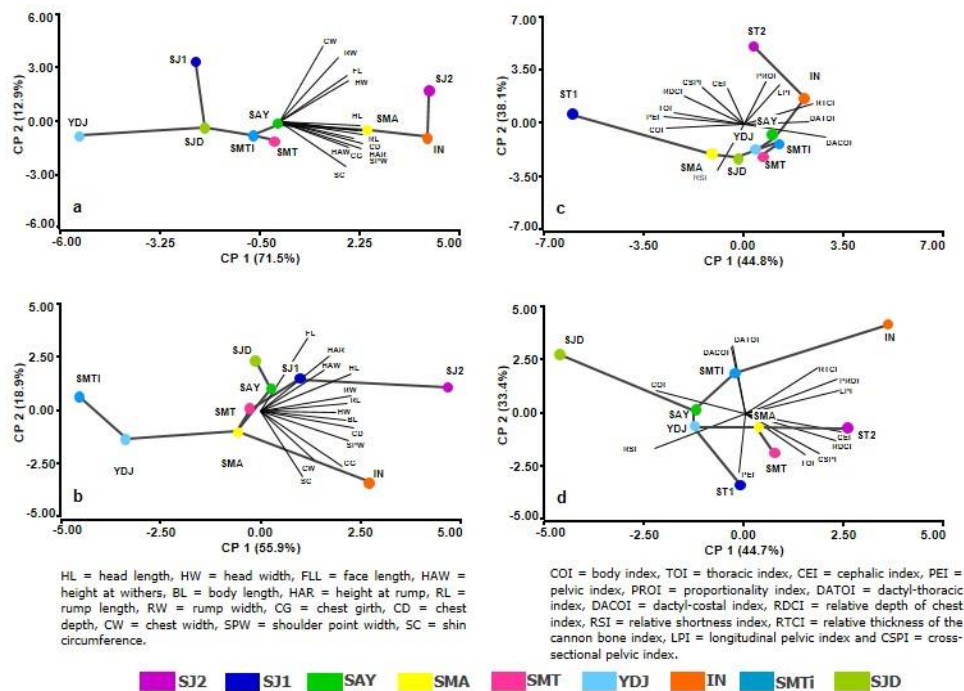


Figure 1.5. Graphical representation of CP of Pastoreña goat population by locations with quantitative variables: a) females b) males, and morphometric indexes: c) females d) males.

The MI data for PCA in the females had 82.4% of the total variation (Figure 1.5c), considering the first two axes of PCA in the female population, indexes corresponding to the shin circumference (DACOI, DATOI and RSI) explain the total variation in CP1 by 46.5%; and indexes corresponding to the height at withers (PROI, TOI, CSPI and LPI). The males (Figure 1.5d) in the PCA show the proportion of the body (PROI, LPI). The variable showed the total variation in CP1 of 42.0%, while in CP2 the DATOI and DACOI indexes had 35.5% of the total variation. In all cases, the figures

showed a relationship between the location of the goat population and the index related to most similarities. On the other hand, the PCA shows a well-defined selection criteria and/or environmental selection, since the variation is explained by all the variables of CP1 in the MVs of the PCA; Similar responses have been published in Blanca Celtiberica goats (Herrera & Luque, 2007) and different in Cuban Creole goats (La O-Arias et al., 2012). These last authors found negative correlations in the first CP and at the same time, the PCA biplots agglomerated the population of goats by location with different Euclidean indices.

1.6. CONCLUSIONS

The results of the descriptive statistics, correlations, CAN, PCooA, PCA in the population of the PG showed uniformity within the population, even though there was a wide geographical distribution and few selection criteria in the males. The characterization of qualitative and quantitative variables in the PG offers bases for its conservation, as long as the selection criteria are applied properly to improve the racial profile. The PG should be contemplated as a breed by the government livestock organisms of the Mixteca Oaxaca, Mexico. Consequently, it is vital to carry out genetic studies with molecular markers to guarantee the phenotype of this goat.

REFERENCES

- Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A., & Robledo, C. W. (2008). InfoStat. Retrieved from <http://www.infostat.com.ar/?lang=en>
- Bhatia, A. K., Jain, A., Sadana, D. K., Gokhale, S. B., & Bhagat, R. L. (2010). Phenotypic identification of farm animal genetic resources using computer learning with scoring function. *Computers and Electronics in Agriculture*, *73*(1), 37–43. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2010.04.001>
- Dorantes-Coronado, E. J., Torres-Hernández, G., Hernández -Mendo, O., & Rojo-

- Rubio, R. (2015). Zoometric measures and their utilization in prediction of live weight of local goats in southern México. *SpringerPlus*, 4, 695–702. <https://doi.org/10.1186/s40064-015-1424-6>
- FAO. (2007). *Global plan of action for animal genetic resources*. Rome. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/010/a1404e/a1404e00.htm>
- FAO. (2012). *Phenotypic characterization of animal genetic resources*. Rome. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/015/i2686e/i2686e00.htm>
- FAO. (2018). Faostat. Retrieved May 28, 2018, from <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- García, L. A. (1996). La caprinocultura en la mixteca oaxaqueña: Orígenes. *Ciencias*, 44(4), 28–31. Retrieved from <http://www.revistaciencias.unam.mx/es/193-revistas/revista-ciencias-44/1828-la-caprinocultura-en-la-mixteca-oaxaqueña-orígenes.html>
- Gomes Arandas, J. K., Vieira da Silva, N. M., Barros Nascimenot, R., Pimenta Filho, E. C., Albuquerque Brasil, L. H., & Ribeiro, M. N. (2017). Multivariate analysis as a tool for phenotypic characterization of an endangered breed. *Journal of Applied Animal Research*, 45(1), 152–18. <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1125353>
- Gómez, N. C., Bustinza, R. H., Revidatti, M. A., Ferrando, A., Milán, M. J., & Jordana, J. (2012). Caracterización morfológica y faneróptica de la cabra Apureña peruana. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 2, 57–60. Retrieved from http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo_110_lin_photo/articulos/2012/Tra bajo008_AICA2012.pdf
- Hernández Zepeda, J. S., Franco Guerra, F. J., Herrera García, M., Rodero Serrano, E., Sierra Vázquez, A. C., Bañuelos Cruz, A., & Delgado Bermejo, J. V. (2002). Estudio de los recursos genéticos de México: Características morfológicas y morfoestructurales de los caprinos nativos de Puebla. *Archivos de Zootecnia*, 51(94), 53–64. Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/495/49519408/>

- Herrera, M. (2007). Metodología de caracterización zootnológica. In Junta. de Andalucía (Ed.), *La Ganadería andaluza en el Siglo XXI, Vol I* (pp. 435–448). Sevilla: Viceconsejería. Servicio de Publicaciones y Divulgación. Retrieved from <http://www.juntadeandalucia.es/servicios/publicaciones/detalle/54432.html>
- Herrera, M., & Luque, M. (2007). Las razas caprinas Andaluzas de protección especial: Blanca Serrana Andaluza, Negra Serrana o Castilla, Blanca Celtibérica y Payoya. In J. de Andalucía (Ed.), *Las Razas Ganaderas de Andalucía, Vol II* (pp. 195–256). Sevilla: Viceconsejería. Servicio de Publicaciones y Divulgación. Retrieved from <http://www.juntadeandalucia.es/servicios/publicaciones/detalle/75658.html>
- Jimcy, J., Raghavan, K. C., & Sujatha, K. S. (2011). Diversity of local goats in Kerala, India, based on morpho- biometric traits. *Livestock Research for Rural Development*, 23(5). Retrieved from <http://www.lrrd.org/lrrd23/5/jimc23119.htm>
- Jordana, J., Ribo, O., & Pelegrin, M. (1993). Analysis of genetic relationships from morphological characters in Spanish goat breeds. *Small Ruminant Research*, 12, 301–314. [https://doi.org/10.1016/0921-4488\(93\)90065-P](https://doi.org/10.1016/0921-4488(93)90065-P)
- La O-Arias, M., Guevara-Hernandez, F., Fonseca-Fuentes, N., Gomez-Castro, H., Pinto-Ruiz, R., Ley-De Coss, A., ... Rodriguez-Larramendi, L. A. (2012). Morphological characterization of the Cuban creole goat: Basis for participatory management of a zoogenetic resource. *Research Journal of Biological Sciences*, 7(7), 270–277. <https://doi.org/10.3923/rjbsci.2012.270.277>
- Lanari, M. R., Taddeo, H., Domingo, E., Pérez Centeno, M., & Gallo, L. (2003). Phenotypic differentiation of exterior traits in local Criollo goat population in Patagonia (Argentina). *Arch. Tierz., Dummerstorf*, 46(4), 347–356. <https://doi.org/10.5194/aab-46-347-2003>
- Lozada-García, J. A., Carmona-Hernández, O., Torres-Pelayo, V. R., Fernández, M. S., & López del Castillo-Lozano, M. (2015). Caracterización morfométrica de la cabra criolla (*Capra hircus*) en el centro de Veracruz. *Agroproductividad*, 8, 65–71. Retrieved from

http://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2015/AGROPRODUCTIVIDAD_VI_2015.pdf#page=67

- Martínez Rojero, R. D., Torres-Hernández, G., & Martínez Hernández, S. (2013). Phenotypic , productive and reproductive characterization of the white creole goat of the " Filo Mayor " from the Sierra Madre del Sur in Guerrero. <https://doi.org/10.21640/ns.v6i11.64>
- Moutchou, N. E., González, A. M., Chentouf, M., Lairini, K., & Rodero, E. (2017). Morphological differentiation of Northern Morocco goat. *Journal of Livestock Science and Technologies*, 5(1), 33–41. <https://doi.org/10.22103/jlst.2017.1662>
- Muñoz Milano, G. M., Granda, Y., & Rosas, B. (2014). Caracterización etnológica del ecotipo " Caprino Criollo " de la Microrregion Cauderales, Lara, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 32(3), 269–273. Retrieved from http://www.sian.inia.gob.ve/revistas_ci/ZootecniaTropical/zt3203/pdf/zt3203_muñoz.pdf
- Nafti, M., Khaldi, Z., & Haddad, B. (2014). Multivariate characterization of morphological traits in local Tunisian oases goats Multivariate characterization of morphological traits in local Tunisian oases goats. *Animal Genetic Resources*, 55(December), 29–38. <https://doi.org/10.1017/S2078633614000265>
- Ouchene-Khelifi, N.-A., Ouchene, N., Maftah, A., Da Silva, A. B., & Lafri, M. (2015). Assessing admixture by multivariate analyses of phenotypic differentiation in the Algerian goat livestock. *Tropical Animal Health and Production*, 47, 1343–1350. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0869-5>
- Parés i Casanova, P. M. (2009). Zoometría. In MAPAMA (Ed.), *Valoración morfológica de los animales domésticos* (pp. 167–198). Madrid: Artegraf, Industrias Graficas S.A. Retrieved from http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/LIBRO_valoracion_morfologica_SEZ_tcm30-119157.pdf
- Ramírez, J. M. P., Sánchez, O. M., Ortiz, B. R., Zaragoza, R. J. L., & Ricardi, D. L. C. L. C. (2014). Sistema de producción y zoometría de la cabra Pastoreña de la

- Mixteca oaxaqueña. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 4, 231–233. Retrieved from http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo_110_lin_photo/articulos/2014/Tra_bajo072_AICA2014.pdf
- Revidatti, M. A., De la Rosa, S. A., Cappello-Villada, J. S., Orga, A., & Tejerina, E. R. (2013). Propuesta de estándar racial de la cabra criolla del oeste formoseño, Argentina. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 3, 111–122. Retrieved from http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo_110_lin_photo/articulos/2013/Tra_bajo018_AICA2013.pdf
- Rodero, E., González, A., Dorado-Moreno, M., Luque, M., & Hervás, C. (2015). Classification of goat genetic resources using morphological traits . Comparison of machine learning techniques with linear discriminant analysis. *Livestock Science*, 180, 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.06.028>
- Rodero, E., González, A., Luque, M., Herrera, M., & Gutiérrez-Estrada, J. C. (2012). Classification of Spanish autochthonous bovine breeds . Morphometric study using classical and heuristic techniques. *Livestock Science*, 143(2–3), 226–232. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.09.022>
- Rodero, E., Herrera, M., Peña, F., Molina, A., Valera, M., & Sepúlvera, N. (2003). Morpho-structural model for Florida and Payoya Spanish dairy goats in extensive (grazing) systems. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 13(5), 403–412.
- Sierra, A., Molina, A., Delgado, J., Hernández, J., & Rivera, M. (1997). Zootechnical description of the creole goat of the Oaxaca region (Mexico). *Animal Genetic Resources Information*, (21), 61–70. <https://doi.org/10.1017/S1014233900000936>
- Sierra, I. (2009). Importancia de la morfología y su valoración en los animales domésticos. In MAPAMA (Ed.), *Valoración morfológica de los animales domésticos* (pp. 19–48). Madrid: Artegraf, Industrias Graficas S.A. Retrieved from <http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas->

[ganaderas/publicaciones-interes/](#)

- Yakubu, A., Salako, A. E., Imumorin, I. G., Ige, A. O., & Akinyemi, M. O. (2010). Discriminant analysis of morphometric differentiation in the West African Dwarf and Red Sokoto goats. *South African Journal of Animal Science*, 40(4), 381–387. Retrieved from http://www.scielo.org.za/scielo.php?pid=S0375-15892010000400013&script=sci_arttext&tlng=es
- Zelege, B., Getachew, M., Worku, K., Minch, A., & Box, P. O. (2017). Phenotypic characterization of indigenous cattle populations in Gamo Gofa Zone South Western Ethiopia, 9(3), 124–130. <https://doi.org/10.5829/idosi.ejbs.2017.124.130>

CONCLUSIONES GENERALES

Los resultados nos brindan información para el desarrollo de un programa de conservación y mejora de la raza caprina Pastoreña tomando como inicio los parámetros raciales aquí presentados, donde la capa de color blanco o crema serían prioritarios para el inicio de la valoración de algún ejemplar a ser adscrito al libro genealógico; y continuar con el resto de los parámetros donde se podrían aceptarse rasgos no deseables a reserva del compromiso del productor a mejorar su esquema de selección.

Se puede definir a la cabra Pastoreña como ejemplares de perfil recto, capa color blanco (color crema aceptable), de pelo liso, de longitud media a corto, brillante, textura suave; con o sin presencia de vestimenta en machos (calzón, raspil, pelliza y arropo), barba en machos y en la mayoría de las hembras, presencia de mameas aceptables en ambos sexos. Pigmentación en piel, mucosa y pezuñas aceptables, cuernos en hembras en arco (tipo aegragus) y de tipo prisca en machos, y orejas medianas de forma erecta.

En los parámetros morfométricos, de acuerdo a la homogeneidad y modelo morfoestructural presentado por ambos sexos, podemos sugerir que se tomen las medias reportadas en la tabla 1.3 como referencia para el perfil racial de la cabra Pastoreña, teniendo particular énfasis en definir el criterio para los rasgos de la cabeza, dado que se presentó un CV elevado.

Se recomienda que esta información se respalde con la participación de los productores de la cabra Pastoreña para lograr un mejor programa de conservación y mejoramiento, junto con instituciones académicas y dependencias de gobierno relacionadas al ámbito caprino.

Sin olvidar los estudios genéticos que coadyuven a la definición de la cabra Pastoreña como una raza caprina de la Mixteca.

APÉNDICE

Formato 1 para registro del trabajo en campo.



“CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA Y GENOTÍPICA DE LA CABRA PASTOREÑA EN LA MIXTECA OAXAQUEÑA”



Fecha: _____

| | | | | | |
|---------------------|------------|--------------------------|-------------------------|--------------|----------|
| Comunidad: | Productor: | | | | |
| Faneróptica: | | | | | |
| Sexo: | Edad: | ID animal: | | | |
| Pelo: | Blanco | Pinto | Obscuro | Otro | |
| Color de piel: | Pigmento | No pigmento | | | |
| Tipo de pelo: | Brillo | Opaco | | | |
| | Suave | Áspero | | | |
| | Lacio | Ondulado | Chino | | |
| | Largo | Mediano | Corto | | |
| Cuernos: | Presencia | Ausencia | | | |
| Forma de cuerno: | Parcial | Rectos | Arqueados | Espiral | |
| Orientación | Lateral | Ligeramente hacia Arriba | Ligeramente hacia Atrás | | |
| Orejas | Grande | Mediana | Pequeña | | |
| | Erectas | Semicaídas | Caídas | Horizontales | |
| Cara | Recto | Cóncavo | Convexo | Utraconvexo | |
| Mamelas | Presencia | Ausencia | | | |
| Barbilla | Presencia | Ausencia | | | |
| Calzón | Presencia | Ausencia | Arropo | Presencia | Ausencia |
| Raspil | Presencia | Ausencia | Pelliza | Presencia | Ausencia |
| Mucosas | Pigmentada | No pigmentada | | | |
| Pezuñas | Pigmentada | No pigmentada | | | |

Formato 2 para registro del trabajo en campo.



"CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA Y GENOTÍPICA DE LA CABRA PASTOREÑA EN LA MIXTECA OAXAQUEÑA"



Comunidad: _____ Productor: _____ Fecha: _____

Medidas zoométricas:

| | |
|------------------------------------|--|
| longitud de la cabeza, LCB | |
| longitud de la cara, LC | |
| Anchura de la cabeza, AC | |
| altura de la alzada a la cruz, ALC | |
| distancia longitudinal, DL | |
| ancho de la grupa, AG | |
| longitud de la grupa, LG | |
| perímetro de la caña, PC | |
| alzada a la grupa, AP | |
| diámetro bicostal, DB | |
| diámetro dorso esternal, DDE | |
| perímetro de tórax, PT | |
| distancia entre encuentros, DEE | |

Muestra de Sangre: SI NO
Muestra de pelo: SI NO

Firma del Productor