



Universitat Autònoma de Barcelona

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  http://cat.creativecommons.org/?page_id=184

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>

**CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL,
ZOOMÉTRICA, PRODUCTIVA Y GENÉTICA DE
LA POBLACIÓN DE LLAMAS DE LA REGIÓN DE
HUANCAVELICA DEL PERÚ**

Tesis Doctoral

RUFINO PAUCAR CHANCA

Directores:

Dr. Jesús Piedrafita Arilla

Dra. María José Milán Sendra

Dr. Xavier Such Martí

Programa de Doctorado en Producción Animal

Barcelona, 2020



Universitat Autònoma de Barcelona
Departament de Ciència Animal i dels Aliments

El trabajo de investigación **“Caracterización estructural, zoométrica, productiva y genética de la población de llamas de la región de Huancavelica del Perú”** ha sido realizado por Rufino Paucar Chanca y se presenta como requisito para optar por el grado de Doctor.

Bellaterra (Cerdanyola del Vallés), veintiséis de octubre de dos mil veinte.

Los directores de Tesis,

María José Milán Sendra

Jesús Piedrafita Arilla

Xavier Such Martí

El doctorando,

Rufino Paucar Chanca

DEDICATORIA

Dedicado a:

Mis dos hijas: Michelle y Yaiza (mis más preciados tesoros), a mi esposa Luz Eliana y a las luces que guían mi peregrinar: Brígida y Fortunato (mis padres).

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis Dr. Jesús Piedrafita Arilla, por su amistad, por haberme dado la oportunidad de realizar la presente tesis bajo su dirección, por la confianza depositada en mi persona, por el seguimiento continuo del trabajo, sus aportes, consejos y experiencia los cuales han sido fundamentales para la realización de esta tesis.

A mi directora de tesis Dra. María José Milán Sendra, por su amistad, por su acertada dirección y enseñanzas en la planificación, ejecución y redacción del primer capítulo de esta tesis.

A mi director de tesis Dr. Xavier Such Martí, por su amistad, por su acertada dirección y enseñanzas en la planificación, ejecución y redacción del segundo capítulo de esta tesis.

A mi familia (Michelle, Yaiza y Luz Eliana), mi tesoro de valor incalculable, y a mis padres quienes me dieron una base sólida y el ejemplo de que siempre se debe luchar por nuestros sueños, y a mis hermanos por su confianza y apoyo incondicional.

A Marco Antonio, Rolando, Lali Ladi y Flor Carmen, miembros del Laboratorio de Mejoramiento Genético (LAMG), por su apoyo en las salidas al campo para la toma de muestras y análisis en el laboratorio.

RESUMEN

La estructura de las explotaciones de llamas ubicadas en las 7 provincias de la región de Huancavelica, ha sido caracterizada mediante una encuesta a 145 propietarios. Se utilizó un cuestionario que abarcaba aspectos tales como características económicas, características de los rebaños, mano de obra, manejo en la alimentación, manejo reproductivo, manejo sanitario, manejo genético y comercialización. Se utilizaron estadísticos descriptivos, análisis de varianza, análisis de Chi-cuadrado (χ^2) y análisis multivariante (análisis de componentes principales y de conglomerados) para examinar las relaciones entre variables y realizar una tipología de explotaciones. El sistema de producción es extensivo, las explotaciones son de tipo familiar, los rebaños son de pequeño tamaño, unas 27 llamas en promedio, siendo frecuente la presencia de otras especies ganaderas. En general, el responsable de la explotación es de edad avanzada, con limitado nivel educativo. En relación a la base territorial prevalece el régimen de tenencia comunal y de minifundio, estando la alimentación de las llamas basada exclusivamente en los pastos naturales. Las explotaciones presentan inadecuadas vías de acceso, carecen de acceso a servicios básicos, así como de infraestructuras adecuadas. En la mayoría de explotaciones los animales no están identificados, de igual manera no se manejan registros productivos, reproductivos ni de genealogía. Las enfermedades más frecuentes que les aquejan son la sarna y piojera en animales adultos y la neumonía y diarrea en crías. Las llamas se usan como animales de carga (transporte) y/o se aprovecha la carne y en menor medida la fibra. Los productos no se venden directamente en el mercado, sino a través de intermediarios, obteniendo precios bajos por los mismos. En estas explotaciones la actividad ganadera se complementa con otras actividades económicas (agricultura, minería, construcción y artesanía), las cuales dependen de donde están ubicadas. Por otra parte, casi la totalidad de los criadores no ha recibido asistencia técnica, lo que confirma el abandono de esta especie por los organismos correspondientes. Se han identificado 3 grupos de explotaciones con diferente grado de acceso a los recursos: tierra, trabajo y capital, lo que condiciona las estrategias seguidas por las explotaciones en relación a la diversificación, las especies predominantes y el manejo del ganado.

Con el fin de establecer el estándar morfológico cuantitativo de la llama, se tomaron 20 medidas biométricas (cefálicas, del tronco y de las extremidades) de 442 llamas (314 hembras y 128 machos) de diferentes edades, las cuales fueron elegidas al azar en siete

provincias (Acobamba, Angaraes, Castrovirreyna, Churcampa, Huancavelica, Huaytara y Tayacaja) de la región de Huancavelica. También con la finalidad de dilucidar con mayor precisión las proporciones corporales que a su vez indiquen sus aptitudes, se calcularon 13 índices zoométricos (etnológicos y funcionales) a partir de las 20 medidas biométricas mencionadas. Las medidas zoométricas tienden a aumentar con la edad, estimada ésta a través de la dentición. El sexo influye solo en algunas medidas zoométricas, evidenciando aparentemente que existe dimorfismo sexual en menor grado en llamas. Las llamas de la región de Huancavelica, de acuerdo a los índices zoométricos son animales mesolíneos, con tórax elíptico, dolicocefalos y de grupa convexilínea. De acuerdo a los índices zoométricos funcionales tienden a una orientación cárnica. También presentan un modelo morfoestructural de alta armonía, ya que existe correlación positiva significativa entre todas las medidas biométricas.

A objeto de conocer las características textiles de las fibras (después del descordado) de las llamas de la región de Huancavelica, se obtuvo muestras de fibras de 437 llamas (310 hembras y 127 machos) de diferentes edades, las cuales fueron elegidas al azar de siete provincias (Acobamba, Angaraes, Castrovirreyna, Churcampa, Huancavelica, Huaytara y Tayacaja) de la región de Huancavelica. El descordado permitió obtener fibras más finas y homogéneas, con mayor factor de confort (menor factor de picazón) y mayor índice de curvatura. También se puede observar que las fibras descordadas de las llamas se ubican en media general en la categoría fina, de acuerdo a la norma técnica peruana 231.302.

Por otro lado, para obtener algunas características productivas cárnicas (peso y talla al nacimiento) de las llamas, se utilizaron registros productivos del Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos – Lachocc (CIDCS - Lachocc) de la Universidad Nacional de Huancavelica (UNH). También se obtuvieron medidas de canal (peso de canal caliente, longitud de canal, profundidad de pecho, longitud de pierna, perímetro de la nalga y profundidad del flanco) de 45 llamas adultas en el matadero de la provincia de Huancavelica. Se observó que las llamas tienen buenas aptitudes cárnicas de acuerdo a los índices zoométricos funcionales y a las principales características productivas cárnicas (medias de canal, peso y talla al nacimiento).

Se evaluó la diversidad genética mediante el análisis de 22 marcadores de tipo microsatélite en 109 llamas procedentes de 5 provincias (Angaraes, Huancavelica, Castrovirreyna, Churcampa y Huaytara) de la región de Huancavelica. La variabilidad genética encontrada fue alta, con una heterocigosis esperada de $0,68 \pm 0,014$ a través de

todos los loci, y un número medio de alelos por locus de 6. En el conjunto de la población, la heterocigosis esperada y la observada tuvieron el mismo valor numérico y puede considerarse que las llamas de la región de Huancavelica se encuentran en equilibrio HW. La proporción de la variabilidad genética explicada por las diferencias entre las subpoblaciones de llamas de la región de Huancavelica es moderada ($F_{ST} = 0,1$). Según este parámetro el 90% de la varianza en las frecuencias alélicas se expresa dentro de cada provincia y solo el 10% de la varianza se atribuye a diferencias entre subpoblaciones. El valor F_{IS} promedio indica que las provincias tienen un 0,1% de déficit de heterocigotos, y el F_{IT} , que muestra la población como un conjunto, presenta un 10% de déficit de heterocigotos. El F_{IS} también es considerado como una medida indirecta de la consanguinidad y el valor encontrado en el presente trabajo indicaría bajos niveles de consanguinidad en las subpoblaciones (provincias) de llamas de la región de Huancavelica. Los valores de la distancia genética de Nei y de Reynolds oscilaron entre 0,183 – 0,384 y 0,070 – 0,194 respectivamente, lo cual indica que existe una moderada diferenciación genética entre las subpoblaciones de llamas. El análisis factorial de correspondencias, el dendrograma y los gráficos de estructura de la población obtenidos, señalan claramente que las subpoblaciones se diferencian moderadamente, pero quien más se diferencia es la subpoblación de llamas de la provincia de Castrovirreyna. Por otro lado, al posicionar las poblaciones de llamas en relación a otra especie próxima (alpaca), se observa claras diferencias y un buen grado de separación.

SUMMARY

The structure of the llama farms located in 7 provinces of the Huancavelica region has been characterized by a survey of 145 owners. A questionnaire was used that covered aspects such as economic characteristics, herd characteristics, labor, feeding management, reproductive management, sanitary management, genetic management and commercialization. Descriptive statistics, analysis of variance, chi-square analysis (χ^2) and multivariate analysis (principal component and cluster analysis) were used to examine the relationships between variables and perform a typology of exploitations. The production system is extensive, the farms are family type, the herds are small, about 27 llamas on average, and the presence of other livestock species is frequent. In general, the person in charge of the operation is of advanced age, with limited education level. In relation to the territorial base, the regime of communal and smallholder land ownership prevails, with the feeding of the llamas based exclusively on natural pastures. The farms have inadequate access roads, lack access to basic services, as well as adequate infrastructure. In the majority of the farms, the animals are not identified, nor are production, reproductive and genealogy records managed. The most frequent diseases that afflict them are scabies and lice in adult animals and pneumonia and diarrhea in youngsters. Llamas are used as pack animals (transport) and/or meat and to a lesser extent fiber are used. The products are not sold directly on the market, but through intermediaries, obtaining low prices for them. In these farms, the livestock activity is complemented by other economic activities (agriculture, mining, construction and crafts), which depend on where they are located. On the other hand, almost all the breeders have not received technical assistance, which confirms the abandonment of this species by the corresponding organizations. Three groups of farms have been identified with different degrees of access to resources: land, labor and capital, which conditions the strategies followed by the farms in relation to diversification, predominant species and livestock management.

In order to establish the quantitative morphological standard of the llama, 20 biometric measurements were taken (cephalic, trunk and limb measurements) of 442 llamas (314 females and 128 males) of different ages, which were randomly selected from seven provinces (Acobamba, Angaraes, Castrovirreyna, Churcampa, Huancavelica, Huaytara and Tayacaja) of the Huancavelica region. Also in order to elucidate more precisely the

body proportions that in turn indicate their abilities, 13 zoometric indexes (ethnological and functional) were calculated from the 20 biometric measurements mentioned. Zoometric measurements tend to increase with age, estimated through the dentition. Sex influences only some zoometric measurements, apparently showing that there is sexual dimorphism to a lesser degree in llamas. The llamas of the Huancavelica region, according to the zoometric indices are mesolinoid animals, with elliptical thorax, dolichocephalous and convex group. According to the functional zoometric indexes, they tend to have a meat orientation. They also present a morphostructural model of high harmony, since there is a significant positive correlation between all the biometric measurements.

In order to know the textile characteristics of the fibers (after de-bristle) of the llamas of the Huancavelica region, fiber samples were obtained from 437 llamas (310 females and 127 males) of different ages, which were randomly selected from 7 provinces (Acobamba, Angaraes, Castrovirreyna, Churcampa, Huancavelica, Huaytara and Tayacaja) of the Huancavelica region. The de-bristling process allowed obtaining finer and more homogeneous fibers, with a higher comfort factor (less itching factor) and a higher curvature index. It can also be seen that the bristle-free fibers of the llamas are located in the fine category according to the Peruvian technical standard 231.302.

On the other hand, in order to obtain some meat production characteristics (weight and height at birth) of the llamas, production records from the South American Camelid Research and Development Center – Lachocc (CIDCS – Lachocc) of the National University of Huancavelica (UNH) were used. We also obtained carcass measurements (hot carcass weight, carcass length, breast depth, leg length and buttock perimeter and flank depth) of 45 adult llamas in the slaughterhouse of Huancavelica province. It was observed that the llamas have good meat aptitudes according to the functional zoometric indexes and the main meat production characteristics (carcass measurements, weight and height at birth).

Genetic diversity was evaluated by analyzing 22 microsatellite markers in 109 llamas from 5 provinces (Angaraes, Huancavelica, Castrovirreyna, Churcampa and Huaytara) in the Huancavelica region. The genetic variability found was high with an expected heterozygosity of 0.68 ± 0.014 across all loci and an average number of alleles per locus of 6. In the whole population, the expected and observed heterozygosity had the same numerical value and it can be considered that the llamas of the Huancavelica region are

in HW equilibrium. The proportion of genetic variability explained by the differences between the subpopulations of llamas in the Huancavelica region is moderate ($F_{ST} = 0.1$). According to this parameter, 90% of the variance in allele frequencies is expressed within each province and only 10% of the variance is attributed to differences between subpopulations. The average F_{IS} value indicates that the provinces have a 0.1% deficit of heterozygotes and the F_{IT} shows the population as a whole presents a 10% deficit of heterozygotes. The F_{IS} is also considered an indirect measure of inbreeding, and the value found in this work would indicate low levels of inbreeding in the llama subpopulations (provinces) of the Huancavelica region. Nei and Reynolds' genetic distance values ranged from 0.183 – 0.384 and 0.070 – 0.194 respectively, indicating moderate genetic differentiation among the llama subpopulations. The factorial analysis of correspondences, the dendrogram and the graphs of population structure obtained clearly indicate that the subpopulations are moderately differentiated, the subpopulation of llamas in Castrovirreyna province being the most differentiated. On the other hand, when positioning the populations of llamas in relation to another close species (alpaca), clear differences and a good degree of separation are observed.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	33
CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LAS EXPLOTACIONES DE LLAMAS DE LA REGIÓN DE HUANCVELICA DEL PERÚ.....	35
1.1. Introducción.....	35
1.2. Materiales y métodos.....	36
1.3. Resultados y discusión.....	39
1.4. Conclusiones.....	77
CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN ZOOMÉTRICA DE LLAMAS DE LA REGIÓN DE HUANCVELICA DEL PERÚ.....	79
2.1. Introducción.....	79
2.2. Materiales y métodos.....	80
2.3. Resultados y Discusión.....	86
2.4. Conclusiones.....	110
CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA DE LLAMAS DE LA REGIÓN DE HUANCVELICA DEL PERÚ.....	113
3.1. Introducción.....	113
3.2. Materiales y métodos.....	114
3.3. Resultados y discusión.....	118
3.4. Conclusiones.....	126
CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN GENÉTICA DE LA POBLACIÓN DE LLAMAS DE LA REGIÓN DE HUANCVELICA DEL PERÚ.....	127
4.1. Introducción.....	127
4.2. Materiales y métodos.....	128
4.3. Resultados y discusiones.....	132
4.4. Conclusiones.....	139
DISCUSIÓN GENERAL.....	145
CONCLUSIONES.....	154
BIBLIOGRAFÍA.....	157
ANEXOS.....	177

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población de llamas en Perú.....	5
Tabla 2. Información general de los criadores de llamas encuestados en la región de Huancavelica.	48
Tabla 3. Características generales de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica.	49
Tabla 4. Características económicas de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica.	50
Tabla 5. Características de la mano de obra de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica.....	53
Tabla 6. Características de los rebaños de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica.	54
Tabla 7. Características de la alimentación de las llamas en la región de Huancavelica.	56
Tabla 8. Características del manejo reproductivo de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica.	57
Tabla 9. Características del manejo sanitario de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica.....	58
Tabla 10. Características del manejo genético de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica.....	59
Tabla 11. Características de la comercialización de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica.	60
Tabla 12. Características de los rebaños de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica respecto a otros aspectos.....	61
Tabla 13. Porcentaje de contribución de cada variable sobre cada componente.....	65
Tabla 14. Coeficientes de correlación de cada variable con cada uno de los componentes principales.....	65
Tabla 15. Medias y error estándar (E.E.) de variables e índices por grupos.	76
Tabla 16. Medias y error estándar (E.E.) de medidas cefálicas de llamas de la región de Huancavelica.	90
Tabla 17. Medias y error estándar (E.E.) de medidas del tronco de llamas de la región de Huancavelica.	91
Tabla 18. Medias y error estándar (E.E.) de medidas de las extremidades y peso de llamas de la región de Huancavelica.....	92
Tabla 19. Medias y error estándar (E.E.) de índices zoométricos de llamas de la región de Huancavelica.....	106
Tabla 20. Medias y error estándar (E.E.) de índices zoométricos de llamas de la región de Huancavelica.....	107

Tabla 21. Ecuaciones de regresión predictoras del peso según las distintas variables estudiadas.	109
Tabla 22. Raíz del error cuadrático medio (RMSE), error absoluto medio (MAE) y coeficiente de determinación (R^2) según ecuaciones de regresión.	110
Tabla 23. Efecto del descerchado sobre las características textiles de la fibra de llama.	118
Tabla 24. Medias y error (E.E.) estándar de características textiles de la fibra sin descerchar de llamas de la región de Huancavelica.	122
Tabla 25. Medias y error estándar (E.E.) de características textiles de la fibra descerchada de llamas de la región de Huancavelica.	123
Tabla 26. Medias y error estándar de peso y talla al nacimiento de llamas.	125
Tabla 27. Medias y error estándar de medidas de canal de llamas.	125
Tabla 28. Secuencias forward (F) y reverse (R) de los primers de los 22 loci de microsatélites utilizados en este estudio.	129
Tabla 29. Clasificación de microsatélites respecto a su contenido de información polimórfica (PIC).	132
Tabla 30. Microsatélites analizados, número medio de alelos (N_a), número de alelos efectivos (N_e), contenido de información polimórfica (PIC), heterocigosis observada (H_o) y esperada (H_e) y desviación del equilibrio de Hardy-Weinberg (HW).	134
Tabla 31. Parámetros de diversidad genética en las subpoblaciones de llamas de la región Huancavelica de Perú: número medio de alelos por locus (N_a), número de alelos efectivos (N_e), heterocigosis observada (H_o) y esperada (H_e).	135
Tabla 32. Estadísticos F de Wright.	136
Tabla 33. Valores de la distancia genética de Nei (debajo de la diagonal) y de la distancia genética ponderada de Reynolds (encima de la diagonal) en las subpoblaciones de llamas de la región de Huancavelica.	137

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Correlaciones entre variables e índices de explotaciones de llamas de la región de Huancavelica.	62
Gráfico 2. Porcentaje de varianzas explicadas por los diferentes componentes principales.....	63
Gráfico 3. Biplot de variables e individuos (Componente 1 y 2).	66
Gráfico 4. Biplot de variables e individuos (Componente 1 y 3).	69
Gráfico 5. Biplot de variables e individuos (Componente 1 y 4).	70
Gráfico 6. Biplot de variables e individuos (Componente 1 y 5).	71
Gráfico 7. Biplot de variables e individuos (Componente 1 y 6).	72
Gráfico 8. Biplot de variables e individuos (Componente 1 y 7).	73
Gráfico 9. Conglomerado de las explotaciones de llamas de la región de Huancavelica.	75
Gráfico 10. Agrupaciones de las explotaciones de llamas de la región de Huancavelica.	76
Gráfico 11. Correlaciones de Pearson entre medidas zoométricas de llamas de la región de Huancavelica.....	94
Gráfico 12. Porcentaje de varianzas explicada por los diferentes componentes principales.....	97
Gráfico 13. Contribuciones de las variables a los tres primeros componentes principales.....	98
Gráfico 14. Gráfico de los dos primeros componentes principales que incluyen variables e individuos.	100
Gráfico 15. Gráfico del componente 1 y el componente 3 que incluyen variables e individuos.	101
Gráfico 16. Relación del peso vivo con el perímetro torácico.	108
Gráfico 17. Relación del peso vivo con la alzada a la cruz.	109
Gráfico 18. Correlaciones de Pearson entre características textiles de llamas de la región de Huancavelica.	124
Gráfico 19. Dendrograma utilizando la distancia de Nei que muestra las relaciones genéticas entre las llamas de las 5 provincias de la región de Huancavelica.	138
Gráfico 20. Representación espacial tridimensional del análisis factorial de correspondencias (AFC) respecto a la diferenciación genética entre las llamas de las cinco provincias de la región de Huancavelica.	138
Gráfico 21. Curva del mejor K.	140
Gráfico 22. Análisis de la estructura de las subpoblaciones de llamas de la región de Huancavelica.	140

Gráfico 23. Análisis de la estructura de las subpoblaciones de llamas de la región de Huancavelica y una población de alpacas.	141
Gráfico 24. Representación espacial tridimensional del análisis factorial de correspondencias (AFC) respecto a la diferenciación genética entre las cinco subpoblaciones analizadas y una población de alpacas.	142

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de la familia Camelidae.	2
Figura 2. Raza K'ara.	4
Figura 3. Raza Chaqu.	5
Figura 4. Localización de las provincias de la región de Huancavelica.	36
Figura 5. Medidas biométricas analizados en llamas de la región de Huancavelica.	82
Figura 6. Lugar de donde se obtuvo la muestra de fibra.	115
Figura 7. Medidas de canal tomadas en las llamas.	117
Figura 8. Ejemplo de electroferograma de microsátélites en llamas.	130

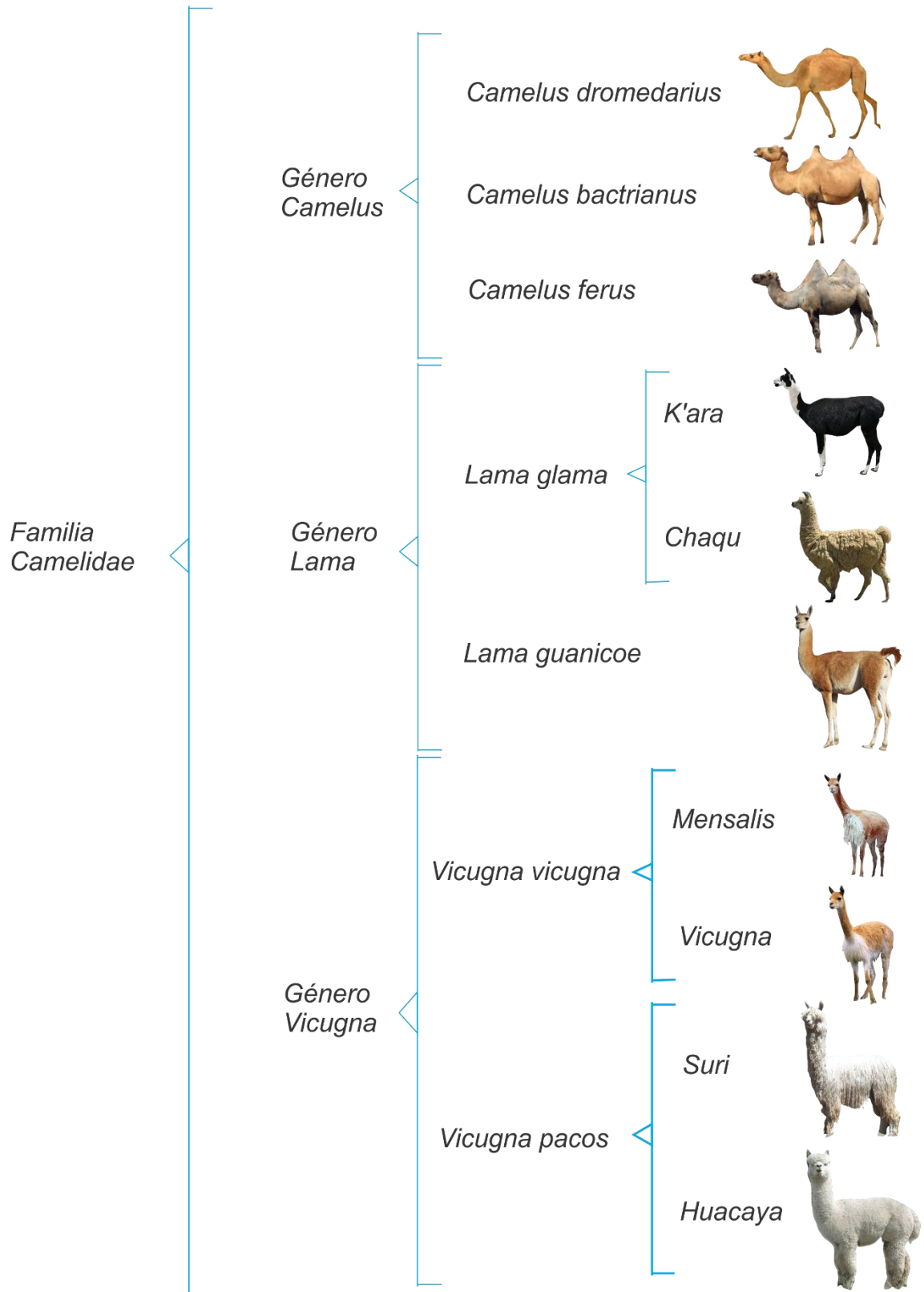
INTRODUCCIÓN

Origen de los camélidos sudamericanos

Los Camélidos surgieron en América del Norte hace 45 millones de años aproximadamente, a partir de un pequeño antecesor denominado *Protylopus petersoni* (Stanley *et al.*, 1994). La tribu de los *Lamini*, representada por fósiles del género *Pliachaenia*, se originó entre 9 y 11 millones de años atrás en las praderas del oeste de América del Norte (Harrison, 1985). A partir de este antecesor, apareció el género *Hemiauchenia* hace aproximadamente 10 millones de años (Webb, 1974). Algunas especies de este género migraron hacia Sudamérica durante la transición del Plioceno al Pleistoceno hace aproximadamente 3 millones de años (Wheeler, 1995). En esta misma época, antecesores de los camélidos de la tribu de los *Camelini* emigraron a Asia por el estrecho de Behring, donde continuó el proceso de evolución y domesticación hasta los camellos y dromedarios actuales (Pinto y Cid, 2010).

En Sudamérica, la separación entre los géneros *Lama* y *Vicugna* ocurrió hace 2 millones de años aproximadamente (Wheeler, 1995), y la domesticación tuvo lugar mucho tiempo después. Aunque se acepta por la mayoría de los investigadores que el origen de la domesticación de los camélidos sudamericanos se restringe a los Andes, todavía no existe acuerdo en cuanto a la cronología y si existieron uno o varios centros de domesticación (Pinto *et al.*, 2010). La mayoría de la información arqueológica sobre la domesticación proviene de la región central de los Andes de Perú, de varios sitios de la puna de Junín. Estas investigaciones sitúan la domesticación entre los 9.000 y los 2.500 años antes de Cristo y a una altura de 4.000 metros sobre el nivel del mar (Wheeler *et al.*, 1995). El estudio de la zona sur central de los Andes complementa y amplía la información obtenida a partir del estudio de la zona central, y sugiere que los camélidos eran fundamentales para la mayoría de los grupos humanos que ocupaban la región Andina sobre los 3.000 metros del nivel del mar, alrededor de 8.500 años antes de Cristo (Mengoni, 2008). Del proceso de caza de animales silvestres se derivó a un proceso de explotación de los animales domésticos que permitió a las comunidades indígenas proveerse de lana, carne, cuero, combustible (heces) y medicinas (piedras bezoares o cálculos intestinales). Junto a estos productos, los camélidos sudamericanos fueron importantes en sus mitos y creencias, sobre todo durante el imperio incaico (Pinto *et al.*, 2010).

Figura 1. Clasificación de la familia *Camelidae*.



Camélidos sudamericanos

Existen cuatro especies de camélidos sudamericanos. Dos son especies domésticas: la alpaca (*Vicugna pacos*) y la llama (*Lama glama*), y dos silvestres: la vicuña (*Vicugna vicugna*) y el guanaco (*Lama guanicoe*). Las cuatro especies son importantes en la economía de las poblaciones ubicadas en las zonas altoandinas de Sudamérica. La población de camélidos en Sudamérica se distribuye principalmente en cinco países: la mayor población de guanacos está en Argentina; la mayor población de llamas en Bolivia; en Perú, la mayor población de alpacas y vicuñas; en cambio Chile y Ecuador poseen poblaciones pequeñas de las cuatro especies.

Clasificación taxonómica de los camélidos sudamericanos

Clasificación taxonómica de las llamas (Fowler y Bravo, 2010):

Tipo: Vertebrados

Clase: Mamíferos

Orden: Artiodáctilo

Suborden: Tylopoda

Familia: Camelidae

Tribu: Lamini

Género: Lama

Especie: *Lama glama*

La llama

La llama (*Lama glama*) es el camélido doméstico de mayor tamaño; puede alcanzar un peso adulto de 100 a 120 kg. Fue desarrollado fundamentalmente para el transporte y el abastecimiento de carne. Produce fibra de menor calidad que la de alpaca y en menor cantidad. Presenta dos capas de fibra: una interior, fina, y otra exterior, gruesa. En muchos lugares remotos de los Andes, carentes de vías de comunicación, la llama sigue prestando valiosos servicios como animal de carga. Se le utiliza para el transporte de insumos para las labores agrícolas, así como de los productos a los lugares de comercialización (FAO, 2005).

En otros países se han encontrado otros usos de la llama, fuera de los mencionados. Por ejemplo, se utiliza como mascota y, en las excursiones, para el transporte del equipo de campo. También las llamas han demostrado ser excelentes guardianes para dar protección a las ovejas contra el ataque de los depredadores como el coyote y los zorros, cuyo control constituye un problema en las zonas de crianza de ovinos de los EE.UU. de Norte América (Franklin *et al.*, 1994). En dicho país no está permitido el empleo de veneno por las implicaciones ambientales; ni las trampas, por considerarse un acto de crueldad. Frente a ello, han encontrado la solución en la llama, que al ser mantenida en un rebaño de ovejas, se convierte en la conductora del grupo y lo protege contra la incursión de animales extraños (FAO, 2005).

Razas

Según el documento oficial de registros genealógicos de alpacas y llamas del Perú, existen dos razas: K'ara y Chaqu, conocidas también con las denominaciones pelada y lanuda, respectivamente. Se diferencia una de otra por la magnitud de cobertura del cuerpo. Mientras que Chaqu tiene mayor cobertura de fibra, incluyendo las extremidades, K'ara tiene una apariencia de mayor fortaleza corporal con poca cobertura de cuerpo y extremidades. Existen tipos intermedios que pueden confundirse con el Huarizo, producto del cruce de llama con alpaca, que ocurre frecuentemente en sistemas de crianza mixta como es el caso de la mayoría de pequeños productores (FAO, 2005).

Figura 2. Raza K'ara.



Figura 3. Raza Chaqu



Distribución geográfica de la llama

Se estima que la población mundial de llamas alcanza los 3,3 millones de cabezas. Bolivia es el principal productor con el 60,9% del censo; sigue el Perú con 32,5%; Argentina con 4,1% y en menores cantidades Chile y Ecuador (FAO, 2005). La población de llamas en Perú ha mostrado una tendencia de disminución en los últimos años. De acuerdo con el Censo Nacional Agropecuario realizado el año 2012, la población total de llamas se estima en 746.269, distribuidas desde la región de Ancash en el Norte, hasta Puno en el sur. Las principales regiones productoras son: Puno (31,8%), Cusco (16,3%), Arequipa (13,7%), Huancavelica (7,3%), Cerro de Pasco (5,9%) y Ayacucho (5,9%).

Tabla 1. Población de llamas en Perú.

Región	Número de Llamas
Puno	237.669
Cusco	121.898
Arequipa	102.536
Huancavelica	54.600
Cerro de Pasco	43.970
Ayacucho	43.961
Junín	36.094
Apurímac	36.042
Moquegua	26.493
Tacna	21.602

CENAGRO 2012.

Importancia de las llamas

Los camélidos sudamericanos domésticos (alpaca y llama) son fuente de fibra, carne, combustible, fertilizante y trabajo; los cuales son indispensables para la subsistencia de un amplio sector de la población altoandina, de quien destaca su eficiencia en el uso de las frágiles praderas de estos ambientes adversos. Se estima que el 90 por ciento de las alpacas y la totalidad de las llamas se encuentra en manos de pequeños productores de subsistencia de estos lugares (FAO, 2005).

La crianza de alpacas y llamas es una actividad económica relevante para las zonas altoandinas, de lo que destaca la producción de fibra, fundamentalmente la de alpaca, que posee una alta valoración en los mercados internacionales por sus características textiles. La carne, al contrario, tanto de llama como de alpaca, posee un consumo bajísimo en los medios urbanos, pese a sus extraordinarias cualidades nutritivas, tales como el bajo porcentaje de grasa y un nivel de proteína más alto en relación con otras especies; características adecuadas para los perfiles nutricionales de las sociedades modernas (FAO, 2005).

La llama constituye un recurso genético de gran importancia social y económica para 356.827 pequeños productores, asentados en las zonas altas de la Sierra Sur y Central del Perú (Caballero y Flores, 2006). Su crianza se realiza mayormente en conjunto con otras especies, con objetivos productivos no claramente definidos, pero se le usa como animal de carga y solo se le sacrifica generalmente a una edad avanzada (Leyva, 1989).

La llama es el camélido sudamericano doméstico más grande y mejor adaptado a la diversidad de condiciones medioambientales del espacio altoandino. Después de la alpaca, es numéricamente la especie más importante de los camélidos sudamericanos domésticos en el Perú. Se caracteriza por su gran adaptabilidad, ya que su población se distribuye en un amplio rango ecológico, entre altitudes que van desde 2.000 a 5.000 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.), y en ambientes predominantemente áridos (García y Franco, 2002).

Las llamas presentan una serie de particularidades anatómicas y fisiológicas que probablemente tienen que ver con su gran capacidad de adaptación a las condiciones de hipoxia y de escasez de recursos forrajeros de las zonas altoandinas. Destacan entre ellas, la forma elíptica de los glóbulos rojos que probablemente facilita el transporte de oxígeno en un medio hipóxico, mientras que la mayor capacidad de digestión de fibra les permite

aprovechar una mayor proporción de nutrientes de los pastos lignificados propios de las zonas altoandinas. Esta mayor capacidad de digestión probablemente está asociada a la estructura anatómica peculiar de su tracto digestivo, aun cuando se desconoce la relación que pueda existir entre estas dos características. Por otro lado, la conformación anatómica del cuerpo y de las extremidades, les permite movilizarse con un consumo mínimo de energía, lo que es importante en las condiciones de hipoxia de las grandes alturas. La conducta de depositar los excrementos en lugares determinados, formando los llamados estercoleros o letrinas, juega un papel importante en el control de las infestaciones parasitarias. La configuración de la porción distal de las extremidades que, en lugar de pezuñas propias de otros ungulados, termina en una almohadilla plantar, hace que las pisadas no maltraten el pasto ni causen erosión. Desde el punto de vista reproductivo, las llamas también tienen características peculiares. Presentan actividad sexual estacional (entre diciembre y marzo) y un período de gestación largo que trae como consecuencia que las crías nazcan en una época favorable (época de lluvia donde existe buena disponibilidad de pastos) y con un estado avanzado de desarrollo, características que posibilitarían una mayor supervivencia en un medio inhóspito como el altoandino. Estas peculiaridades hacen que estos animales despierten también gran interés científico, por constituir modelos biológicos muy singulares (FAO, 2005).

Razones de conservación

El espectro de diferencias genéticas dentro de cada raza, o de todas las razas dentro de las especies de animales domésticos, proporciona la variación o diversidad de las especies. Esta diversidad se ha desarrollado durante millones de años de evolución, formando y estabilizando cada una de las especies. En las especies domésticas, la mayor parte de la diversidad se forma a partir de las diferencias genéticas entre razas, así que la conservación de las razas, no solamente de las especies, es de crucial importancia (Avellanet, 2006).

En 1992, en la Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medioambiente y el desarrollo celebrada en Rio de Janeiro, se reconoció la importancia de los recursos genéticos animales domésticos. La cumbre incidió en la concienciación, tanto política como social, sobre los recursos genéticos animales de cada nación, así que estos deben ser estudiados porque constituyen un importante componente dentro de la biodiversidad global (Oldenbroek, 1998).

La variabilidad genética debería conservarse por varios motivos (Oldenbroek, 1998; Simon, 1984):

- Genético-productivo: La diversidad es necesaria para mantener la variabilidad de las poblaciones, la cual permite la adaptación a diferentes ambientes.
- Productivo: La diversidad es necesaria para suplir futuras demandas del mercado, así como hacer frente a posibles cambios en las circunstancias productivas o para el tratamiento de nuevas enfermedades.
- Científico: El estudio de cada raza en particular con fines de investigación, de genes únicos, proporciona un excelente material de investigación.
- Histórico-cultural: La diversidad biológica representa uno de los aspectos del patrimonio de un país o como historia paralela al desarrollo de la población humana.
- Ecológico-ambiental: Los ecosistemas son el resultado del equilibrio entre clima, flora y fauna, y cualquier factor que afecte a cualquiera de estos componentes estaría atentando contra este equilibrio.

Protocolo de la FAO para la conservación de poblaciones en peligro de extinción

Según la FAO (1992), el protocolo recomendado para establecer un programa de conservación y mantenimiento de los recursos genéticos animales está integrado por varias fases que están directamente relacionadas con el objetivo del presente estudio. Dichas fases son las siguientes (Avellanet, 2006):

Fase I: Descripción general de la población

1. Recopilación de datos preliminares y de interés general:
 - a. Localización geográfica de las poblaciones,
 - b. Origen filogenético,
 - c. Evolución censal y situación actual,
 - d. Posibles causas de regresión racial y tendencia futura,
 - e. Perspectivas futuras de la raza y razones válidas para la conservación (estudios socioeconómicos que resalten la importancia de esta/s raza/s en la zona),
 - f. Características raciales, productivas, reproductivas, ecológicas, etc, de interés.
2. Inventario censal, registro e identificación individual.

Fase II: Caracterización racial

- a) Caracterización morfológica: cualitativa y biométrica. Con ello se pretende crear, reglamentar y gestionar el libro genealógico de la raza.
- b) Caracterización hematológica y bioquímica clínica.
- c) Caracterización genética (ya sea con polimorfismos bioquímicos o marcadores moleculares). Esta caracterización permite, además:
 - analizar los niveles de variabilidad genética de las poblaciones;
 - obtener valores medios de consanguinidad;
 - identificar genéticamente a los individuos y realizar pruebas de control de paternidades;
 - identificar a los individuos más heterocigotos para la programación de apareamientos.
- d) Caracterización de la estructura genética y demográfica (mediante los análisis de pedigrí cuando están disponibles), y por ello permitiría estudiar:
 - parámetros tales como la edad al primer parto, vida útil, varianza familiar o intervalos entre generaciones, entre otros;
 - cálculo de los coeficientes de consanguinidad (F) y parentesco (r), para así poder programar los mejores apareamientos;
 - evolución de la consanguinidad por generación y/o anual;
 - probabilidad de origen de los genes, para calcular el índice de conservación genética (GCI), siendo este de gran utilidad para conocer el efecto de los fundadores, para el mantenimiento de la variabilidad.

Fase III: Programa de conservación genética “in situ”

En esta fase, lo prioritario es la conservación y el mantenimiento de animales vivos, con la máxima cantidad de diversidad genética y con el mínimo incremento de consanguinidad posible por generación. Para ello, los criterios son tres: en primer lugar incrementar la población y en especial maximizar el número de reproductores efectivos (N_e); en segundo lugar, maximizar la influencia de los animales fundadores, que el máximo número de estos (todos idealmente) contribuyan con descendientes a la siguiente generación; y por último, minimizar las pérdidas de heterocigosis debidas a los distintos factores (consanguinidad, selección, deriva, etc.), llevando a cabo para ello un programa de consanguinidad mínima.

Fase IV: Programa de conservación genética “ex situ”

Esta fase se llevaría a cabo cuando los medios técnicos y los recursos económicos y de infraestructura lo permitieran, realizándose a partir de:

- almacenamiento criogénico de semen, óvulos y embriones,
- almacenamiento de ADN.

Fase V: Programa de mejora genética

Esta se llevaría a cabo una vez que la población estuviese fuera de peligro y cuando el posible incremento de consanguinidad no representara un problema importante. El objetivo sería intentar mejorar genéticamente algún carácter de interés económico de la población. Los criterios de selección estarían sujetos a las decisiones de su debido momento y las evaluaciones se realizarían a partir de toda la información disponible (índices de selección, BLUP, selección genómica, etc.).

Caracterización de las explotaciones

Para desarrollar sistemas ganaderos sostenibles y evitar el deterioro ambiental y social de las zonas rurales y la generación de excedentes productivos, es necesario disponer de información y de herramientas de trabajo que, simultáneamente, permitan actuar sobre los sistemas de explotación, considerándolos como partes de un único sistema, y proponer mejoras, coherentes y técnicamente razonadas, a las explotaciones consideradas como sistemas individualmente (Serrano y Ruiz, 2003). En ese sentido, los estudios de caracterización y tipificación de las explotaciones ganaderas pueden ser de mucha utilidad en la planificación y distribución eficiente de los recursos en los diferentes sistemas productivos (Byerlee *et al.*, 1988; Valerio *et al.*, 2004), posibilitando también que se pueda determinar el nivel tecnológico empleado en lo que respecta a infraestructuras, manejo reproductivo, alimentación y sanidad del rebaño, entre otros (Valerio *et al.*, 2010). El conocimiento de los factores endógenos y exógenos que inciden en las explotaciones es necesario si se quiere plantear alternativas de gestión (Castaldo *et al.*, 2003) que mejoren su eficiencia y sustentabilidad económica, ambiental y social, fomentando de esta forma el arraigo de los productores a las áreas rurales en los países desarrollados y puede ser un medio de vida en los países en desarrollo (Stemmer y Valle, 2005).

A la hora de abordar el análisis de las explotaciones agropecuarias presentes en un determinado entorno, la encuesta o entrevista es una herramienta imprescindible (Capillon, 1985), siempre que no haya información estadística oficial disponible, como suele ocurrir la mayoría de las veces. A través de encuestas se puede recoger datos referentes a las características de un gran número de explotaciones en cuanto a situación, disponibilidad de recursos, limitaciones y prácticas (Theau y Gibon, 1993; Viviani *et al.*, 1992); una de las grandes ventajas de este sistema de obtención de la información es que permite obtener los datos precisos en función de los objetivos del estudio. La encuesta se puede definir como una búsqueda metódica de información por medio de preguntas y testimonios (Olaizola y Gibon, 1997). Para su planeación e implementación se tienen que considerar varias actividades (planeación, preparativos en campo, establecimiento del sistema de gestión de datos, acopio de datos, sistema de registro de datos y su validación, archivo, análisis de los datos, etc.), cuyo coste económico es normalmente alto, lo que explica que en ocasiones la muestra de explotaciones estudiada sea reducida (Gómez, 2013).

La necesidad de realizar encuestas y dar seguimiento a los recursos zoogenéticos queda explícita en la frase “tú no puedes gestionar lo que no mides”, es decir, su utilidad está relacionada con el logro de la gestión efectiva de los recursos zoogenéticos para alcanzar los objetivos de desarrollo (seguridad alimentaria y de sustento, uso sostenible de los recursos naturales, etc.) y para atender las relaciones siempre cambiantes entre el ganado, las comunidades humanas y los ambientes productivos (FAO, 2012), citado por Gómez (2013).

Morfología

La caracterización racial de cualquier especie requiere que se realicen estudios de forma corporal (morfológicos), fanerópticos (color del pelo y la piel, cornamenta), de estructura ósea (morfoestructurales), funcionales (productivos), de comportamiento (etológicos) y de la estructura genética (ADN nuclear y/o mitocondrial) (Luque, 2011). La caracterización morfológica y faneróptica se basa en la obtención de los valores promedio poblacionales para una serie de caracteres externos de naturaleza cuantitativa (peso, alzadas, perímetros y diámetros) y recuentos de las frecuencias de aparición de distintas variantes de caracteres exteriores pero de naturaleza cualitativa (color de la capa, forma de cuerno, perfil cefálico, etc.), respectivamente (Delgado *et al.*, 2001), que son importantes para describir, diferenciar e identificar a individuos de un grupo poblacional

definido. Desde un punto de vista práctico, relacionado con otras áreas del conocimiento como la genética, fisiología, reproducción y producción animal, permite una mejor valoración productiva del individuo o de una raza. En ese sentido, Sierra (2009) menciona que la morfología externa cumple dos misiones fundamentales:

1. Servir de base a la identificación natural del individuo o del grupo racial (para describirlos y diferenciarlos);
2. Propiciar una valoración zootécnica que permita aproximarse o colaborar en la predicción de sus posibilidades productivas.

La morfología se ocupa del estudio de la forma, entendiendo como tal a la figura o aspecto exterior de los cuerpos materiales. Se la relaciona con la estructura, que es la distribución y composición de las partes de ese cuerpo; aquello que, en el caso de los animales, les permite mantener su forma particular (Griffin, 1968). Para Alvarado (1958), “el concepto ideal de forma es la expresión de una estructura real”, donde la forma no es la estructura, de aquí que la selección de nuestros animales domésticos podamos realizarla de dos maneras: atendiendo a los caracteres morfológicos que son de naturaleza cualitativa o atendiendo a los de estructura, que en este caso son cuantitativos y por lo tanto factibles de medir. Las medidas zoométricas son consideradas como variables morfoestructurales.

La Zoometría estudia las formas de los animales mediante mediciones corporales concretas (Sañudo, 2009). Estas medidas al ser relacionadas dan como producto índices zoométricos (Gómez, 2013). Los índices zoométricos se entienden como la relación entre dimensiones lineales, que aportan información para la diagnosis racial, la determinación de estados somáticos respecto a determinadas funcionalidades y el dimorfismo sexual de una raza (Cantalapiedra *et al.*, 2004; Sotillo, 1985).

Sanz (1922), Aparicio (1960), Sotillo (1985) y Cantalapiedra *et al.* (2004), consideran las siguientes medidas zoométricas: alzada a la cruz (ALCR), diámetro longitudinal (DL), diámetro dorso esternal (DE), diámetro bicostal (DB), longitud de grupa (LG), anchura de grupa (AG), longitud de cabeza (LC), anchura de cabeza (AC), perímetro de tórax (PT), perímetro de caña (PC) y la longitud de cara (LR), que permiten calcular los siguientes índices zoométricos y clasificarlos en:

- a) Índices de interés para el diagnóstico racial:
 - Índice corporal (ICO), donde:

$$\text{ICO} = \text{DL} \times 100 / \text{PT}$$

- Índice torácico (ITO), donde:

$$\text{ITO} = \text{DB} \times 100 / \text{DE}$$

- Índice cefálico (ICE), donde:

$$\text{ICE} = \text{AC} \times 100 / \text{LC}$$

- Índice craneal (ICR), donde:

$$\text{ICR} = \text{AC} \times 100 / (\text{LC} - \text{LR})$$

- Índice pelviano (IPE), donde:

$$\text{IPE} = \text{AG} \times 100 / \text{LG}$$

- Índice de proporcionalidad (IPRO), donde:

$$\text{IPRO} = \text{DL} \times 100 / \text{ALCR}$$

b) Índices de interés en valoración funcional:

De aptitud láctea

- Índice metacarpotorácico o dácilo torácico (IMETO), donde:

$$\text{IMETO} = \text{PC} \times 100 / \text{PT}$$

- Índice metacarpocostal o dácilo costal (IMCOS), donde:

$$\text{IMCOS} = \text{PC} \times 100 / \text{DB}$$

De aptitud cárnica

- Índice de profundidad relativa de tórax (IPRT), donde:

$$\text{IPRT} = \text{DE} \times 100 / \text{ALCR}$$

- Índice pelviano transversal (IPET), donde:

$$\text{IPET} = \text{AG} \times 100 / \text{ALCR}$$

- Índice pelviano longitudinal (IPEL), donde:

$$\text{IPEL} = \text{LG} \times 100 / \text{ALCR}$$

- Índice de compacidad (ICOMP), donde:

$$\text{ICOMP} = \text{PESO VIVO} \times 100 / \text{ALCR}$$

De aptitud motriz

- Índice de cortedad relativa (ICOREL), donde:

$$\text{ICOREL} = \text{ALCR} \times 100 / \text{DL}$$

- Índice de espesor relativo de la caña (IERCAÑ), donde:

$$\text{IERCAÑ} = \text{PC} \times 100 / \text{ALCR}$$

Parámetros productivos

La llama, pese a su domesticación iniciada hace 6.000 años, recién en la época incaica, se la aprovecha con mayor eficiencia para la producción de carne, fibra y piel (Wheeler, 2012). Su carne se aprovechaba procesada en forma de “carhuacharki” o “llamach'arki” conocida actualmente como ch'arki o charqui, que es la carne conservada por salazón, secada y deshidratada por acción del calor y la helada (Espinoza, 1997). La carne fresca tiene 23,1% de proteínas y 56,29 mg/100 g de colesterol (Albuja, 2010; Cristofanelli *et al.*, 2004).

La llama tiene un rendimiento de canal de 58 a 60%, superior al de la alpaca y el ovino criollo que alcanzan 52 y 40%, respectivamente (Bravo *et al.*, 1981). Además, presenta una mayor eficiencia digestiva en la utilización de pastura de baja calidad y en la conversión del alimento consumido, con un menor requerimiento para mantenimiento, comparado con el de ovino (San Martín, 1996). Estas cualidades indican que esta especie posee capacidad para responder con eficiencia a programas de manejo nutricional para producción de carne (Quina, 2015).

La carne de llama representa una importante fuente de proteínas para el poblador altoandino (Flores, 2007). El valor proteico promedio varía entre 21,5 y 23,88% en llamas adultas (>3 años) (Mamani-Linares y Gallo, 2011; Pérez *et al.*, 2000), siendo superior a los valores encontrados en carne bovina (20%) y porcina (17%). Asimismo, contiene bajos niveles de colesterol; por ejemplo, la nalga de llama contiene 29,3%, mientras que la de bovino 90%, ovino y porcino 70% y el muslo de pollo 74% (Vilca, 1991).

El producto más comercializado, transformado a partir de la carne de llama, es el charqui, que es obtenido mediante su deshidratación al medio ambiente; en promedio contiene un 20% de humedad, contenido proteico mínimo de 45% y valores de grasa de aproximadamente 12% (Mamani-Linares y Gallo, 2011; Pérez *et al.*, 2000).

En cuanto a la producción de carne por animal, bajo su hábitat natural, el rendimiento de canal de llamas jóvenes machos y hembras (9 a 12 meses) es de 56,1% y 55,8%, y en adultos (> 3 años) machos y hembras 54,1% y 54,2%, respectivamente (Franco *et al.*, 1998; Pérez *et al.*, 2000). Asimismo, la crianza bajo un sistema de producción extensivo, con praderas nativas, permite generar carne magra; característica que podría facilitar su difusión como un producto cárnico saludable de gran potencial (Cristofanelli *et al.*, 2004; García *et al.*, 2002; Pérez *et al.*, 2000).

La fibra de llama es una proteína natural sin lanolina (cera natural producida por las glándulas sebáceas de algunos mamíferos), clasificada como una fibra especial y caracterizada como fina, resistente, abrigadora y ligera (Campero, 2005). El vellón de llama cuenta con dos capas de fibra, una fina (20 a 22 μm) y otra gruesa (25 a 34 μm), condición que dificulta su tratamiento textil, ya que solo la proporción de fibra fina es apta para tal procesamiento (Quispe *et al.*, 2009). Campero (2005) encontró que el peso promedio de vellón sucio en llamas K'ara varía entre $1,2 \pm 0,2$ kg, mientras que Rodríguez y Cardozo (citados por Quispe *et al.*, 2009) reportaron 1,1 kg bajo condiciones experimentales.

Respecto a su utilización, antes del auge de la fibra de alpaca, la fibra de llama en Perú era empleada en la confección de abrigos, chompas, ponchos, entre otros. Hoy en día su uso es más común para confeccionar "bayetas", tejidos para hacer costales y otros utensilios de trabajo de gran durabilidad. Actualmente, la producción nacional de fibra se estima aproximadamente en 632 toneladas métricas, frente a 4.352 provenientes de la alpaca (MINAG, 2010); calculándose que 40% de la fibra de llamas es utilizada para artesanía y el 60% restante para autoconsumo (De los Ríos, 2006).

Características textiles de la fibra

Diámetro medio de la fibra (DMF): es el grosor, calibre o finura de la fibra, que determina el uso final de la fibra y tiene influencia sobre la capacidad de hilado, toque y peso de los productos finales. El diámetro se mide en micras (μm) en el sistema internacional, en counts (´s) en el sistema inglés (Aliaga, 2012).

Coefficiente de variación del diámetro medio de la fibra (CVDMF): es una medida de amplitud relativa del diámetro de la fibra alrededor de la media dentro de un vellón. Es una variación de medida estandarizada en función al diámetro de la fibra. Un vellón con CVDF más bajo, indica una mayor uniformidad de los diámetros de las fibras individuales dentro del vellón (McLennan y Lewer, 2005). Matemáticamente se expresa como el cociente entre la desviación estándar y el promedio multiplicado por 100, por lo tanto, su magnitud está expresado en porcentaje (Greeff, 2006). Existen dos fuentes de variación del diámetro de fibra que es medida en una muestra de fibra o lana. La primera está referida a la variación dentro de una mecha; y la segunda está referida a la variación a lo largo de la mecha. El 80% de la variación se refiere a la primera (que es a la que se refiere el CVDF), mientras que el 20% es referido a la segunda.

Factor de confort (FC) y factor de picazón (FP): El factor de confort se define como el porcentaje de las fibras menores de 30 μm que tiene un vellón y se conoce también como factor de comodidad. Si más del 5% de fibras son mayores a 30 μm , entonces muchos consumidores encontrarán el vestido que puedan usar no confortable para su uso por la picazón que sienten en la piel (McLennan y Lewer, 2005). En contraste, al porcentaje de fibras mayores a 30 micrones se conoce como el factor de picazón (FP); por tanto, la industria textil de prendas prefiere vellones que tengan FC igual o mayor a 95% con IP igual o menor a 5%. Estos dos caracteres son parámetros que valoran la unión de las variables que intervienen en los intercambios de sensaciones entre el cuerpo humano y la prenda de fibra ante las respuestas fisiológicas y sensoriales de las personas (Sachero, 2005). Durante el uso de las prendas, los terminales de la fibra emergen hacia la superficie y presionan contra la piel. La fuerza que el terminal de la fibra puede aplicar sobre la piel antes de flexionarse es altamente dependiente de su diámetro y longitud de emergencia. Encima de la fuerza crítica (100 mg) los nervios que se encuentran situados justo debajo de la piel son provocados. Cuando se reciben muchas de estas señales el cerebro lo interpreta como una sensación no placentera comúnmente llamada picazón. Para un típico tejido plano usado comúnmente en chompas o suéteres, el diámetro crítico que conlleva a la picazón es aproximadamente 30 a 32 μm , aunque esto varía considerablemente entre personas, temperatura de la piel y cantidad de suciedad que se encuentra en la piel. En prendas normales confeccionadas con lana que exhiben una media de 21 μm tienen un número pequeño de fibras con diámetros mayores a 30 μm , lo que le da confortabilidad a la prenda (Naylor y Stanton, 1997).

Índice de curvatura (IC): El rizo de la fibra, medido objetivamente mediante el IC, es una característica deseable respecto al tacto, aunque a veces también puede crear dificultades en referencia al procesamiento. El rizo en una mecha de lana puede ser expresado en función a la “definición del rizo”, descrita como el grado de alineamiento del rizo, de modo que lanas donde el rizo de la fibra no se encuentra bien alineado tienen definiciones pobres, y a la “frecuencia del rizo” definido como el número de longitudes de ondas curvadas por centímetro. Ambas características, junto con el color de la grasa, la longitud de mecha, la suciedad y el desgaste representan el “estilo de la lana”, el cual es muy importante para determinar el rendimiento al procesamiento, prácticas de comercialización y calidad de los productos de lana final.

Finura al hilado (FH): La finura al hilado (FH) expresada en μm (*spinning fineness*), provee una estimación del rendimiento de la muestra cuando es hilada y convertida en hilo. Su estimación proviene de la combinación del diámetro medio de la fibra (DMF) y el coeficiente de variación (CVDMF). La idea original viene de Martindale (1945), que fue analizada y planteada por Anderson (1976) como “*effective fineness*” y que, posteriormente, fue modificada por una ecuación práctica llamándose a dicho valor finura al hilado (Butler y Dolling, 1995) y es una característica fuertemente heredable (Butler y Dolling, 1992). La ecuación se normaliza bajo un coeficiente de variación del 24% en la cual la finura al hilado es lo mismo que la media del diámetro de fibra previa al procesamiento (Lupton *et al.*, 2006).

Anderson (1976) llamó a la expresión: $F_e = MDF * \sqrt{1 + 5 * (CVDMF / 100^2)}$, finura efectiva (*effective fineness*) y lo usó con la finalidad de demostrar la influencia de los cambios de la MDF y el CVDMF sobre la uniformidad de los hilados. Dos tops con diferentes MDF y CVDMF pueden producir hilados de la misma uniformidad si sus finuras efectivas tienen el mismo valor al utilizar la fórmula, anteriormente descrita. Por ejemplo, un top con MDF y CVDMF de 21,5 μm y 20,0% respectivamente, produce un hilado uniforme que otro top con MDF y CVDMF de 20,2 y 27% respectivamente (De Groot, 1995).

La finura efectiva sólo depende de la MDF y del CVDMF y es siempre numéricamente mayor que la MDF, aunque esto puede corregirse normalizando la finura efectiva mediante la aplicación de la ecuación: $F \approx 0,881 * MDF * \sqrt{1 + 5 * (CVDMF / 100^2)}$ (Butler y Dolling, 1995).

Longitud de fibra (LF): La longitud de fibra es una medida longitudinal en centímetros o pulgadas. Puede medirse como longitud absoluta: medida que se hace, en laboratorio con equipos especiales estirando las fibras para desaparecer las ondulaciones o rizos de la fibra, o bien como longitud relativa: medida que se hace, en el campo o laboratorio, con su ondulación natural (rizo) haciendo uso de una regla graduada (Aliaga, 2012).

Variación genética

La variabilidad genética puede entenderse como cualquier cambio espontáneo que se produzca en la secuencia nucleotídica de un organismo. Dichos cambios se denominan mutaciones y pueden ser puntuales, si se produce la sustitución de un único nucleótido

(SNP), o bien regionales, si la sustitución es de varios nucleótidos (STR, VNTR, LINE, SINE, ALU *repeats*). Para estudiar la variabilidad genética, una de las técnicas más utilizadas han sido los marcadores genéticos (Avellanet, 2006).

Según Dietrich *et al.*, (1992), los marcadores genéticos deben satisfacer varias condiciones para ser de mayor utilidad. Así pues, deben estar ampliamente distribuidos a lo largo del genoma; tienen que ser altamente polimórficos; su análisis debe ser rápido, fácil y seguro y el método de análisis del marcador tiene que poder repetirse con fiabilidad en otros laboratorios.

Según Dodgson *et al.* (1997), los marcadores genéticos pueden clasificarse en dos categorías. Por un lado, los marcadores basados en la clonación - secuenciación, que se fundamentan en la clonación y secuenciación de un fragmento de ADN conocido (STR, RFLP, STS, EST, alozimas, etc.). Y, por otro lado, los marcadores *fingerprint*, que no requieren a priori el conocimiento de la secuencia de la región polimórfica, sino que se basan en la detección de polimorfismos al azar (RAPD, VNTR, AFLP, etc.).

Marcadores moleculares

Un marcador molecular es un segmento de ADN, no necesariamente con función conocida, con una ubicación física conocida en un cromosoma y cuya herencia se puede seguir. Para que una porción de ADN pueda informar de la variabilidad existente entre individuos debe mostrar una variación experimentalmente detectable entre ellos, y un modo de herencia predecible. Esta variación puede ser considerada a diferentes niveles biológicos, desde cambios fenotípicos heredables significativos, hasta la variación de un solo nucleótido en la secuencia de ADN (Heyen *et al.*, 1997; Pakstis, 2008).

Los marcadores genéticos se están utilizando en diversos campos de la producción animal. Entre ellos destacan: la identificación de parentesco, caracterización de la diversidad genética, la identificación de genes responsables de caracteres de interés, el desarrollo de nuevos tratamientos de enfermedades, etc., y de igual forma los marcadores moleculares constituyen hoy una herramienta moderna y poderosa para el viejo arte de la selección (Cornide, 2002; Heaton *et al.*, 2001).

Los marcadores moleculares deben reunir una serie de características para maximizar su utilidad y ser considerados como ideales (Ferreira y Grattapaglia, 1998):

- Que sean muy polimórficos, es decir, que presenten distintas formas genéticas (alelos) en una población que nos permitan diferenciar los individuos.
- Que estén distribuidos por todos los cromosomas de una especie para obtener información representativa de la posible variación existente.
- Que tengan un bajo coste tanto en la obtención como en la aplicación para que no se encarezca excesivamente su análisis. Su detección en numerosos individuos debe ser fácil, rápida y barata.
- Que sean públicos y no estén sometidos a ningún tipo de patente.
- Que su interpretación sea sencilla y objetiva.
- Que requieran poca cantidad y calidad de muestra de ADN.
- Que sean reproducibles en cualquier experimento de laboratorio, es decir, utilizar marcadores contrastados internacionalmente mediante el intercambio de información de animales analizados en diferentes laboratorios.
- Que sean automatizables para aumentar el rendimiento y abaratar los costes.
- Que sean estables para que las mutaciones no puedan influir en los resultados.
- Que tengan preferiblemente herencia codominante. Según el tipo de aplicación del marcador, la tecnología elegida debe ser capaz de detectar las diferentes formas del marcador, es decir, distinguir entre un homocigoto y un heterocigoto.
- Que sean neutros. El alelo presente en el locus del marcador es independiente de la presión de selección que se ejerce sobre el individuo y no tiene ningún efecto sobre ella. Esta afirmación suele ser una suposición porque, generalmente, no hay datos disponibles que confirmen o nieguen esta propiedad.

Microsatélites y análisis genéticos

Los microsatélites, también llamados “Simple secuencias repetidas” (SSRs), son segmentos cortos de ADN de 1 a 6 pares de bases (pb), los cuales se repiten en tándem y de forma aleatoria en el genoma de los seres vivos (Aranguren-Méndez y Jordana, 2001).

Características:

- Son muy frecuentes y están repartidos en todo el genoma eucariota (Aranguren-Méndez y Jordana, 2001; Becerra, 2000).
- Poseen una tasa de mutación que oscila entre 10^{-3} y 10^{-5} (Bowcock *et al.*, 1994; Brinkmann *et al.*, 1998; Forbes *et al.*, 1995).
- Presentan herencia codominante y son fáciles de detectar metodológicamente (Aranguren-Méndez y Jordana, 2001).
- Requieren de mínimas cantidades de material biológico para su análisis, permitiendo incluso el análisis de muestras degradadas (Becerra, 2000).
- Constituyen la clase de marcadores moleculares más polimórficos que se conocen (Cornide, 2002; Ferreira y Grattapaglia, 1998).
- Aportan un alto grado de información debido al elevado número de alelos por locus que presentan (Baumung *et al.*, 2004). Por todo esto, constituyen como la herramienta más poderosa de discriminación genética entre animales (Blott *et al.*, 1999)

Actualmente, los microsatélites se utilizan en análisis forenses (Holt *et al.*, 2000), pruebas de paternidad (Lang *et al.*, 2009; Penedo *et al.*, Caetano y Cordova, 1999; Spencer *et al.*, 2010), estudios de biodiversidad (Martín-Burriel *et al.*, 2007), análisis filogenéticos (Tapio *et al.*, 2006), construcción de mapas de ligamiento o como marcadores para la detección de QTL de importancia económica en producción animal (Imai *et al.*, 2007). Por las ventajas que poseen estos marcadores, se ha trabajado ampliamente en la búsqueda y empleo en diferentes especies animales, tales como ovino (Buchanan y Thue, 1998); caprino (Kemp *et al.*, 1993), porcino (Moran, 1993) y bovino (Lirón *et al.*, 2006).

Existe aún cierta discusión respecto a la elección de un modelo de mutación, el modelo de alelo continuo o infinito o el modelo de mutación discreto o por pasos (Goldstein *et al.*, 1995), para el análisis de los datos de microsatélites. Los estudios de simulación han demostrado que el modelo de mutación de alelo infinito suele ser generalmente válido para la evaluación de la diversidad dentro de una especie (Takezaki y Masatoshi, 1994). La aplicación de los microsatélites se da en la determinación de los parámetros estadísticos siguientes: frecuencias alélicas, heterocigosis observada (H_o) y esperada (H_e), contenido de información polimórfica (PIC), desvíos del equilibrio Hardy-Weinberg (HWE), estadísticos F (F_{IT} , F_{IS} y F_{ST}) y distancias genéticas (Carrera, 2005).

a) Cálculo de las frecuencias alélicas

Se puede definir la frecuencia alélica o génica como el cociente resultante de dividir el número de alelos iguales en una población por el número total de alelos. El cálculo de las frecuencias alélicas se hace por recuento directo de los alelos presentes, asumiendo que la observación de un solo alelo se corresponde con la condición de homocigosis, por lo tanto, no hay alelos nulos (Martínez, 2008). Asumiendo que existe equilibrio Hardy-Weinberg (HWE), la varianza de una frecuencia alélica puede describirse mediante la expresión binomial:

$$\sigma_x^2 = \frac{x(1-x)}{2n}$$

donde, x es la frecuencia alélica y n el número de individuos de la muestra.

El error estándar de la frecuencia alélica se obtiene mediante la raíz cuadrada de la varianza (Nei, 1978). Para una frecuencia dada, el error estándar disminuye a medida que aumenta el tamaño de la muestra, pero se acerca a cero asintóticamente a partir de unos 30 individuos (Martínez, 2008). La precisión de la estimación de la diversidad genética depende del número de loci analizados, la heterocigosis de los loci y el número de muestras de la población utilizados en el análisis (Barker, 1994).

b) Cálculo de las heterocigosis observada (H_o) y esperada (H_e)

Los parámetros H_o y H_e se determinan por ser los más usuales en la evaluación de la diversidad intrarracial y el análisis del equilibrio Hardy-Weinberg. Una medida de la variación genética es la proporción de loci polimórficos, o simplemente polimorfismo, en una población. No obstante, dado que la frecuencia alélica que se fija en 0,95 es arbitrario, una mejor valoración de la variación genética es la heterocigosis de la población medida como la frecuencia media de individuos heterocigotos por locus (Lacadena, 1981). Es necesario precisar que se usa el término heterocigosis para referirse a heterocigosis observada (H_o), y el de diversidad genética para referirse a la heterocigosis esperada (H_e). La heterocigosis observada es la proporción de individuos heterocigotos observada en una muestra de la población. La H_o se calcula por recuento directo. Si se calcula directamente a partir de los genotipos encontrados en la población para todos los loci se trataría de la heterocigosis media observada (\hat{H}_o). La H_e se calcula a partir de las frecuencias alélicas (Nei, 1973) y es equivalente a la H_o solo en el caso de poblaciones en completo equilibrio Hardy-Weinberg (Martínez *et al.*, 2005). La H_e , desde el punto de

vista matemático, es la probabilidad de que dos alelos tomados al azar de la población sean diferentes (Crow y Kimura, 1970). Se calcula como (Nei, 1973):

$$He = 1 - \sum_{i=1}^k x_i^2$$

donde, x_i es la frecuencia del alelo i y k es el número de alelos

c) Cálculo del contenido de información polimórfica (PIC)

Para medir la calidad informativa de un marcador molecular (Botstein *et al.*, 1980), establecieron el parámetro denominado contenido de información polimórfica (PIC), cuyo valor depende del número y frecuencia de alelos, y se denota como:

$$PIC = 1 - \left(\sum_{i=1}^K x_i^2 \right) - \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k 2x_i^2 x_j^2$$

donde, k es el número de alelos, x_i, x_j es la frecuencia de los alelos i y j respectivamente.

La clasificación de Botstein *et al.* (1980) refiere que los marcadores con valores de PIC superiores a 0,5 son considerados muy informativos, con valores entre 0,25 y 0,50 medianamente informativos, y con valores inferiores a 0,25, poco informativos. A pesar de la fiabilidad de este parámetro, y a consecuencia de solamente considerar para su cálculo el número y frecuencia de alelos, no debe ser determinante para decidir si elegir o descartar un marcador (Moazami-Goudarzi *et al.*, 1994).

d) Equilibrio Hardy-Weinberg (HWE)

La ley del equilibrio Hardy-Weinberg fue descrita por primera vez a inicios del siglo XX (Hardy, 1908; Weinberg, 1908). Esta ley resulta extremadamente útil para entender lo que les sucede a las frecuencias génicas y genotípicas en las poblaciones reales. Establece que en una población en la que no hay selección, mutación, migración o deriva genética las frecuencias genotípicas en la descendencia vienen determinadas solamente por las frecuencias génicas de los padres; y que las frecuencias génica y genotípica permanecen constantes entre generaciones (Nicholas, 1998).

La constitución genética de una población, referido a los genes que existe en ella, se describe conforme a sus frecuencias génicas; esto es, por la especificación y proporción de los diferentes alelos presentes en cada locus (Carrera, 2005). La forma más usual de

determinar si está una población o no en equilibrio genético, es comparar los genotipos observados con los esperados dentro de una muestra, mediante la prueba de Chi-cuadrado (χ^2) y es muy útil para polimorfismos caracterizados por tener pocos alelos en muestras grandes, pero en el caso de los microsatélites, que poseen un gran número de alelos, el número de genotipos es tan elevado que algunas frecuencias genotípicas son cero, sobre todo cuando las frecuencias alélicas son muy bajas. Por lo tanto, una regla a seguir para que el valor χ^2 sea fiable sería que cada elemento de la tabla de contingencia tenga al menos 5 observaciones (Gomes *et al.*, 1999; Martínez *et al.*, 2005).

Todo este tipo de inconvenientes son evitados utilizando programas informáticos como los que usan el test exacto de Fisher para la obtención de las significaciones estadísticas usando el método Monte Carlo de Cadenas de Markov (Guo y Thompson, 1992). Las desviaciones del HWE pueden producirse debido a varios factores tales como (Martínez, 2008): apareamientos que no se producen al azar, subdivisiones dentro de las poblaciones (Principio de Wahlund), coancestros y antepasados comunes, selección natural (ventaja de heterocigotos), migración o flujo de genes desde una población externa, diferencias sexo-específicas en las frecuencias alélicas, técnica de muestreo incorrecta y la presencia de alelos nulos no detectables experimentalmente. Cuando se utiliza un panel de marcadores de tipo microsatélite, si hay desviación significativa del HWE para un solo locus, se podría atribuir este resultado a la existencia de alelos nulos, pero si son varios loci independientes los que se desvían significativamente del HWE, esto puede deberse a una subestructuración poblacional (efecto Wahlund), procesos de migración o flujos de genes desde una fuente externa o por apareamientos dirigidos (Bjorklund, 2005)

e) Cálculo de los índices de fijación o estadísticos F (F_{IT} , F_{IS} y F_{ST})

Wright (1951, 1969) introduce la teoría de los índices de fijación o estadísticos F para analizar la estructura genética de poblaciones subdivididas, estimando la proporción de variación genética que se encuentra dentro y entre las subpoblaciones, a partir de los valores de las heterocigosis observadas y esperadas. El método se basa en la partición del coeficiente de endogamia de una población subdividida (F_{IT}), entre el componente debido a apareamientos no aleatorios dentro de las subpoblaciones (F_{IS}) y la subdivisión, o grado de diferenciación genética, entre dichas subpoblaciones (F_{ST}). Weir y Cockerham (1984) proponen los estadísticos F, f y θ , análogos o similares a los F_{IT} , F_{IS} y F_{ST} de Wright para superar algunas de las limitaciones del método de Wright, principalmente errores en el procedimiento de muestreo y número de subpoblaciones analizadas, evitando así que los

valores sean sesgados al emplear, en este caso, las varianzas de las frecuencias alélicas. Los índices de fijación que nos permiten evaluar la diversidad interracial pueden definirse también de la siguiente forma (Martínez, 2008): F_{IT} , mide la desviación de las frecuencias genotípicas observadas en la población total respecto a las esperadas considerando que existe equilibrio Hardy-Weinberg; F_{IS} mide la desviación de las frecuencias genotípicas observadas en las subpoblaciones respecto a las esperadas considerando el equilibrio Hardy-Weinberg; F_{ST} indica el grado de diferenciación genética entre las subpoblaciones. Los tres parámetros están relacionados mediante la siguiente ecuación:

$$F_{ST} = 1 - \frac{(1 - F_{IT})}{(1 - F_{IS})}$$

F_{IT} y F_{IS} son habitualmente también definidos como la correlación entre dos alelos, el primero referido a la población total y el segundo a las subpoblaciones. De la misma forma el parámetro F_{ST} es definido comúnmente como la correlación entre dos alelos tomados al azar de dos subpoblaciones o poblaciones diferentes (Nei, 1973). La fórmula inicial de Wright fue redefinida en años subsiguientes por Nei (1977), Wright (1978) y Weir y Cockerham (1984), utilizando para su cálculo las heterocigosis observada y esperada, en la forma siguiente:

$$\begin{aligned} F_{IS} &= (H_S - H_O)/H_S \\ F_{IT} &= (H_T - H_O)/H_T \\ F_{ST} &= (H_T - H_S)/H_T \end{aligned}$$

donde, H_O es la heterocigosis observada media en el conjunto de las subpoblaciones; H_S es la heterocigosis esperada media en el conjunto de las subpoblaciones y H_T es la heterocigosis esperada en el global de la población.

Con los estadísticos F se puede conocer la estructura poblacional tanto en situaciones en las que exista selección como en aquellas en que no haya, porque los términos se encuentran definidos por las frecuencias alélicas y genotípicas de la población en un momento concreto (Nei, 1977). Los valores que pueden asumir los índices de fijación son los siguientes (IPGRI/Cornell University, 2004):

- Los valores F_{IT} varían de -1 a 1; los valores negativos indican exceso de heterocigotos (tendencia a la exogamia) y los valores positivos deficiencia de heterocigotos (tendencia a la endogamia), mientras que valores próximos a 0, mostrarían una situación HWE de la población estudiada.

- Los valores de F_{IS} varían también de -1 a 1; y se interpretan como el parámetro anterior.
- Los valores F_{ST} varían de 0 (no existe divergencia genética) a 1 (fijación para alelos alternos en diferentes subpoblaciones). En función de los valores de F_{ST} , se puede distinguir los siguientes niveles de diferenciación genética (Balloux y Lugon-Moulin, 2002):
 - 0 a 0,05: la diferenciación genética se considera pequeña.
 - 0,06 a 0,15: la diferenciación genética se considera moderada.
 - 0,16 a 0,25: la diferenciación genética se considera grande.
 - > 0,25: la diferenciación genética se considera muy grande.

f) Cálculo de las distancias genéticas

Al comparar dos o más poblaciones mediante sus frecuencias alélicas, se obtienen las medidas de las distancias genéticas que son útiles para la reconstrucción de las relaciones históricas y filogenéticas en las diferentes especies animales (Carrera, 2005). Los resultados obtenidos con los microsatélites se usan frecuentemente para evaluar las relaciones genéticas entre poblaciones e individuos, mediante el cálculo de las distancias genéticas (Sodhi *et al.*, 2005; Tapio *et al.*, 2005). La medida más ampliamente utilizada de distancia genética ha sido la distancia estándar de Nei (D_s) (Nei, 1972). Sin embargo, para medir el distanciamiento genético entre poblaciones que han divergido en recientes periodos evolutivos suele ser más utilizada la distancia genética ponderada de Reynolds (Reynolds *et al.*, 1983) que utiliza el coeficiente de coancestralidad como base de su análisis (Takezaki y Nei, 1996).

Los algoritmos más usados para construir dendrogramas son el UPGMA (*Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages*) (Sneath y Sokal, 1973) y el NJ (*Neighbor-Joining*) (Saitou y Nei, 1987). Este último parece ser superior cuando se suponen en el modelo diferentes tasas de evolución (Eding y Laval, 1999). Además, este algoritmo ha demostrado ser el más eficiente en la práctica cuando no todos los supuestos estadísticos se cumplen (Takahashi y Nei, 2000). Las fórmulas para hallar algunas distancias de uso frecuente son:

Distancia estándar de Nei (Nei, 1972) (D_S):

$$D_S = -\ln \left(\frac{\sum_i x_i y_i}{\sqrt{\sum_i x_i^2 \sum_i y_i^2}} \right)$$

Distancia de Cavalli-Sforza (Cavalli-Sforza *et al.*, 1967) (D_C):

$$D_C = (2/\pi) \sqrt{2 \left(1 - \sum_i \sqrt{x_i y_i} \right)}$$

Distancia de Nei (Nei *et al.*, 1983) (D_A):

$$D_A = 1 - \sum_i \sqrt{x_i y_i}$$

Distancia mínima de Nei (Nei, 1973) (D_m):

$$D_m = \frac{1}{2} \sum_i (x_i y_i)^2$$

Distancia de Reynolds (Reynolds *et al.*, 1983):

$$D_{Reynolds} = \frac{1}{2} \frac{\sum_i (x_i y_i)^2}{1 - \sum_i x_i y_i}$$

g) Análisis de la estructura de la población

El programa *Structure* (Pritchard *et al.*, 2000) nos permite analizar la estructura subyacente a la población analizada a partir de datos moleculares, estima el número de clusters o grupos genéticamente diferentes que mayor verosimilitud le da a los resultados obtenidos y además permite cuantificar la proporción de genoma que cada individuo tiene con origen en los diferentes clusters. Se trata de un modelo no supervisado y se asume una situación inicial de K clusters o grupos, donde K puede ser desconocido calculándose su valor mediante máxima verosimilitud. Posteriormente se calcula la proporción de genoma que cada muestra tiene de los clusters comprobando si las muestras que a priori

se agrupan en una subpoblación tienen idéntica composición respecto a los clusters o grupos genéticamente diferentes estimados (Pritchard *et al.*, 2000).

El modelo asume que los loci están en equilibrio Hardy-Weinberg, que no están ligados y no es necesario definir el modelo mutacional. Presenta la ventaja de que se puede utilizar con diferentes marcadores moleculares como microsatélites, SNPs o RFLPs.

Análisis factorial

El análisis factorial tiene sus orígenes en el siglo XIX, pero es sobre todo a partir de los trabajos de Spearman (1904) cuando adopta su primera formulación. El origen y desarrollo de análisis factorial se vincula principalmente con los trabajos realizados en el campo de la psicología ante el problema planteado de medir los factores de la inteligencia humana. Los investigadores en este campo constataron que algunos de los diferentes test psicológicos y de inteligencia estaban muy relacionados entre sí y que, por tanto, no medían diferentes aspectos, factores o dimensiones de la inteligencia. Spearman determinó que como resultado de varios test había un factor general (factor G) de la inteligencia y un cierto número de factores específicos. Posteriormente con los trabajos de Burt (1940) y Thurstone (1947) y otros se perfeccionó el llamado método del Análisis Factorial de Factores Principales donde a través de un modelo lineal y a partir de un conjunto extenso de variables iniciales permitía obtención de un conjunto de factores comunes (hipotéticos) y otros factores específicos que incluían las características propias de cada variable y un error aleatorio (López-Roldán y Fachelli, 2005).

Así, por ejemplo, el análisis factorial permitía explicar las correlaciones encontradas entre las distintas pruebas aplicadas a un grupo de sujetos: pruebas relativas al vocabulario, a la capacidad de lectura, al uso de sinónimos, al uso de los números y a la capacidad de cálculo aritmético a través de dos tipos diferentes de test. Se podía poner de manifiesto la hipótesis según la cual estas seis variables-test no miden seis sino un número inferior de factores que explican las diferencias o la variabilidad de las respuestas. Dado que hay correlaciones entre ellas se pueden formar dos grupos de variables o factores principales que miden dos aspectos de la inteligencia: la capacidad verbal y la capacidad aritmética (López-Roldán y Fachelli, 2005).

Principios metodológicos y matemáticos diferentes fueron planteados en las aportaciones de Pearson (1901) y de Hotelling (1933) y otros, los cuales desarrollaron el llamado Análisis Factorial de Componentes Principales donde no se realiza la distinción entre

factores comunes y específicos, y cada factor finalmente explicará una parte del total de la varianza inicial aportada por las variables introducidas. Kaiser (1958) introdujo el procedimiento de la rotación varimax que implicaba la rotación ortogonal con el objetivo de ganar en interpretabilidad de los factores obtenidos. Otra extensión de estos procedimientos dio lugar al Análisis Factorial de Correspondencias, desarrollado en la tradición francesa durante los años 60 del siglo XX por Benzécri (1980).

Análisis de componentes principales (ACP)

El análisis de componentes principales es un método algebraico/estadístico que trata de sintetizar y dar una estructura a la información contenida en una matriz de datos. El procedimiento consiste en homologar esta matriz en un espacio vectorial tratando de encontrar en él unos ejes o dimensiones (llamados también componentes o factores) que, siendo combinación lineal de las variables introducidas:

- No pierdan la información inicial al conservar la varianza total.
- No tengan correlación entre ellos, es decir, sean linealmente independientes, lo que asegura la estructuración de las variables iniciales.
- Tengan una importancia diferencial y conocida en la explicación de la varianza total.

El objetivo básico consiste en reducir el número de variables introducidas. Para ello se toman como nuevas variables los ejes o componentes encontrados, con la elección de un número y peso de los mismos suficiente para que la pérdida de varianza total sea aceptable, cubriendo así las finalidades del método, es decir, simplificar, reducir y estructurar la información inicial (López-Roldán y Fachelli, 2005).

Para poder aplicar un análisis de componentes principales se deben cumplir las siguientes cuatro condiciones generales:

1. Tamaño muestral suficiente:

- Se recomienda considerar desde un mínimo de 50 casos (tamaño muy pobre) a un nivel mínimo deseable de entre 200 y 300 casos, siendo 1000 un tamaño de muestra estadística excelente (Comrey y Lee, 1992).
- También se recomienda un mínimo de 5 casos por variable, si bien es preferible 10 o más (Hair, 2011).
- Como en todo ejercicio previo de análisis multidimensional es necesario analizar e inspeccionar las variables previamente para detectar, en otros

aspectos, la presencia y la importancia de los valores perdidos o faltantes que pueden reducir de forma significativa el tamaño de la muestra.

2. Normalidad. Si el objetivo es exploratorio no se trata de una condición restrictiva. Si se realiza inferencia estadística se asume normalidad multivariable de las variables y de sus combinaciones lineales. Se pueden transformar las variables con exceso de asimetría o curtosis (Tabachnick y Fidell, 2007).
3. Linealidad. Las relaciones entre pares de variables han de ser lineales pues el ACP se basa en el análisis de las correlaciones lineales entre el conjunto de variables elegido. Con gráficos de dispersión se puede observar. Del mismo modo los factores y las variables originales mantienen este tipo de relación. Si no se satisface se puede también operar una transformación de las variables (López-Roldán y Fachelli, 2005).
4. Ausencia de casos extremos que puedan influir en la solución factorial.

Para la realización de un ACP se debe constatar que las variables consideradas muestren de forma manifiesta un cierto grado de asociación entre ellas, es decir, estén correlacionadas. De hecho, el punto de partida o la información con la que se realizan los cálculos de la ACP es la contenida en la matriz de correlaciones (López-Roldán y Fachelli, 2005).

Otro indicador de la relación entre las variables la expresa el índice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) que permite comparar la magnitud de los coeficientes de correlación observados con la magnitud de los coeficientes de correlación parcial. El índice varía entre 0 y 1, y según los sugerentes calificativos de Kaiser (1974) podemos establecer una escala con la siguiente valoración:

Valor de KMO	Valoración
0,9	Maravilloso
0,8	Meritorio
0,7	Intermedio
0,6	Mediocre
0,5	Miserable
Menos de 0,5	Inaceptable

Análisis de Conglomerados

El objetivo del análisis de clasificación (ACL), genéricamente, consiste en clasificar un conjunto de objetos o individuos n , sobre los que se tiene información en términos de p variables, en grupos lo más homogéneos. No obstante, la definición más precisa del ACL

depende en buena medida de las características matemáticas y técnicas que orientan cada una de las modalidades de clasificación, pues de hecho el ACL es un procedimiento estadístico multivariable que recoge una amplia variedad de procedimientos de clasificación (López-Roldán y Fachelli, 2005).

El conjunto de estos métodos de clasificación ha tenido un desarrollo relativamente reciente en la literatura científica. Los primeros antecedentes se remontan a la psicología y a la obra de Zubin (1938) y Tryon (1939), y en antropología con Driver y Kroeber (1932). Pero una de las referencias más importantes es la de los biólogos Sokal y Sneath (1963) que establecieron los principios de lo que llamaron la taxonomía numérica. Para las ciencias sociales es notable la referencia de McQuitty (1961), Capecchi (1968), Bailey (2004) y Lorr (1968). A partir de estas contribuciones, dada la importancia de la clasificación en el método científico, y gracias a los rápidos avances de la informática en el tratamiento de la información, el análisis de clasificación experimenta un extraordinario desarrollo que da lugar a la existencia de multiplicidad de métodos y terminologías asociadas.

El análisis de clasificación se concibe tanto como un instrumento directo para la constitución de grupos preconcebidos de alguna forma con anterioridad, como un instrumento intermedio de análisis de los datos con un carácter exploratorio. En este sentido permite la construcción de tipologías, o la articulación de hipótesis en la exploración de los datos, o bien la prueba de hipótesis resultantes de un trabajo estrictamente teórico, permite combinarse con otras técnicas para fines diversos, etc. (López-Roldán y Fachelli, 2005).

El procedimiento general de un análisis de clasificación es bastante simple; a partir de una matriz de datos se trata de agrupar las unidades más similares, más homogéneas. Partimos de una matriz de datos original de n individuos por p variables, o de matrices construidas en base a esta de individuos/variables, tablas de contingencia, matrices de presencia/ausencia. El ACL, basado en los principios matemáticos de la taxonomía numérica, trata de constituir grupos caracterizados por la densidad de los puntos, por una varianza o dispersión entre ellos, para una dimensión, por una forma y una separación entre los grupos. La mayor parte de los métodos de la ACL comportan simples procedimientos bajo los cuales no hay una gran base de razonamiento estadístico, aunque hay importantes propiedades matemáticas (López-Roldán y Fachelli, 2005).

Para elaborar una clasificación de unidades similares, homogéneas se plantean dos alternativas: o bien calcular medidas de similitud, como el coeficiente de correlación, o calcular medidas de disimilitud, como las medidas de distancia. Estas medidas, de similitud o disimilitud reciben el nombre de medidas de proximidad (López-Roldán y Fachelli, 2005).

OBJETIVOS

De acuerdo a los antecedentes expuestos anteriormente, los objetivos planteados en el presente trabajo son:

General

Establecer las bases para la implementación de un programa de conservación y mejora genética de la llama en la región de Huancavelica de Perú a partir del estudio de explotaciones y animales de dicha región.

Específicos

- Realizar una caracterización estructural de las explotaciones de llamas.
- Determinar las características zoométricas y productivas (carne, fibras) de la población de llamas.
- Caracterizar genéticamente mediante marcadores de tipo “microsatélite” la población de llamas.

CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LAS EXPLOTACIONES DE LLAMAS DE LA REGIÓN DE HUANCVELICA DEL PERÚ

1.1. Introducción

Los camélidos sudamericanos domésticos (alpaca y llama), constituyen el principal medio de utilización productiva de extensas áreas de pastos naturales en las zonas altoandinas (más de 3.800 m s. n. m.) de Perú, donde no es posible la agricultura y la crianza exitosa de otras especies de animales domésticos (Quispe *et al.*, 2009). Los camélidos convierten con eficiencia la vegetación nativa de estos ambientes en carne y fibra, además sus pieles tienen múltiples usos artesanales. El estiércol es otro subproducto valioso que se usa como fertilizante para los cultivos. La llama cumple además una importante función de transporte (Iñiguez y Alem, 1996). Se estima que al menos un millón y medio de personas se dedican a la crianza de camélidos en la región altoandina del Perú. Estas áreas productoras de camélidos incluyen las provincias con mayor pobreza y marginalización (De Los Ríos, 2006). A pesar de que Perú es el segundo productor mundial de llamas después de Bolivia con alrededor de 746.269 animales (INEI, 2012), este recurso no es aprovechado en toda su potencialidad, debido al gran desconocimiento que tienen los criadores e instituciones ligadas al sector camélidos sobre esta especie. Por lo tanto, resulta inconcebible que existiendo este recurso no sea aprovechado eficientemente, teniendo tanta necesidad de mejorar los ingresos y la calidad de vida de los criadores de camélidos que habitan esta región. Una adecuada gestión de este recurso, implica partir de un buen conocimiento de las características de las explotaciones de llamas, lo cual ha sido poco estudiado en el Perú y principalmente en la región de Huancavelica. Conocer mejor las características estructurales de las explotaciones de llamas, su diversidad, los sistemas de producción que se practican, su relación con el entorno y cómo se han adaptado a las transformaciones consecuencia del cambio ambiental global que les están afectando, es de utilidad para toda una gama de grupos interesados, que incluye ganaderos, administraciones locales y regionales, gobierno nacional e instituciones mundiales, que podrán tomar decisiones informadas sobre las prioridades en la gestión de este recurso. Por ello el objetivo del presente trabajo fue realizar una caracterización estructural de las explotaciones de llamas de la región de

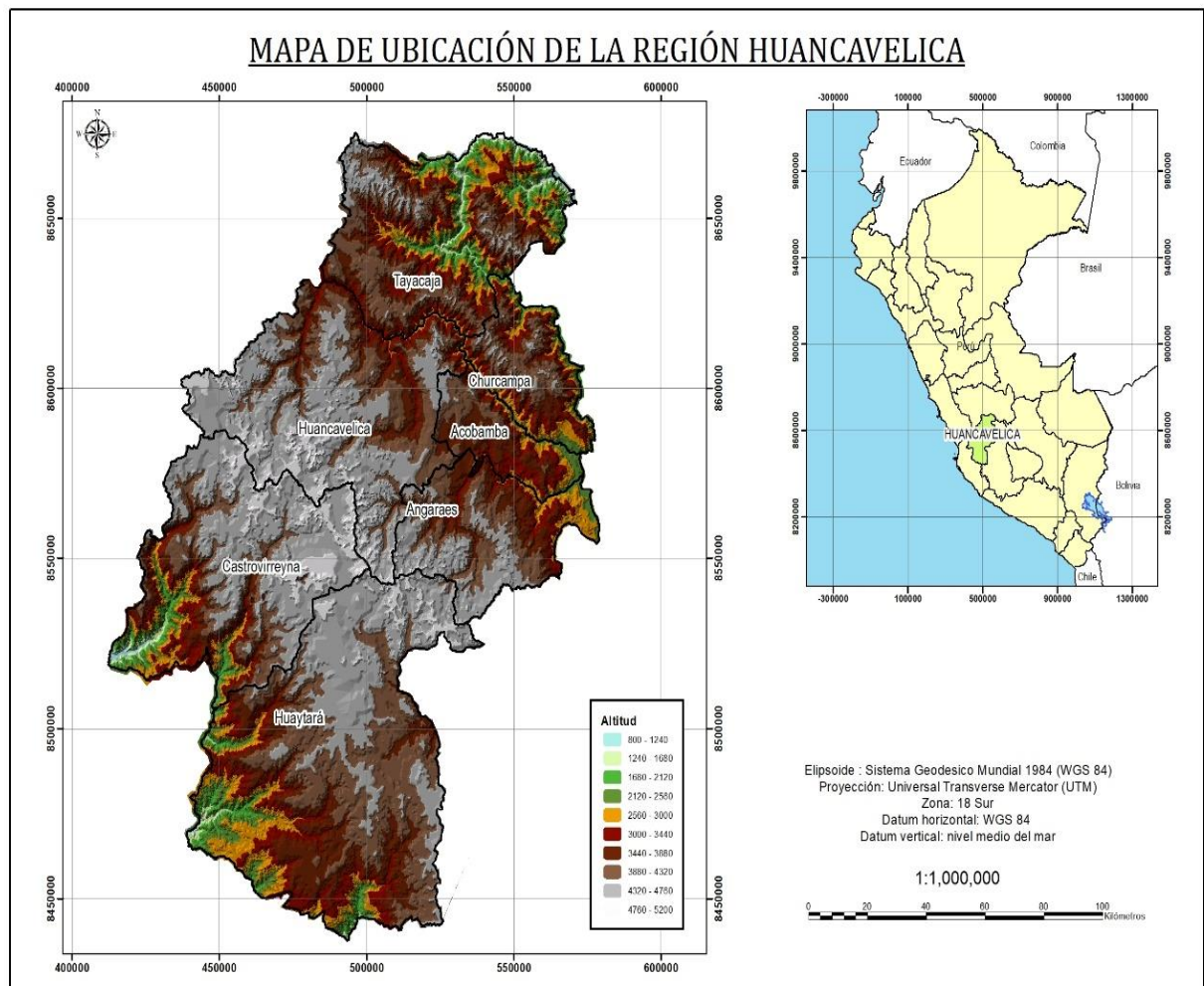
Huancavelica del Perú, que ponga de manifiesto las características de las explotaciones y sus sistemas productivos, así como las diferentes estrategias seguidas por los criadores, y su relación con el entorno.

1.2. Materiales y métodos

Ámbito de estudio

Los datos se obtuvieron a través de encuestas directas a propietarios de explotaciones de llamas ubicadas en las 7 provincias de la región de Huancavelica (Figura 4). Las explotaciones están situadas en altitudes que oscilan entre 3.880 y 4.760 m s. n. m., con temperaturas mínimas que varían desde $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ por las noches y máximas durante el día entre $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $18\text{ }^{\circ}\text{C}$; y con una precipitación pluvial media que alcanza los 752,4 mm/año (Quispe, 2010).

Figura 4. Localización de las provincias de la región de Huancavelica.



Tamaño muestral y recogida de datos

Se diseñó un cuestionario de encuesta (Anexo 01), considerando en lo posible que las preguntas fueran precisas y que los criadores tuvieran conocimiento de las mismas. La encuesta se estructuró en 11 apartados y 50 preguntas, distribuidas de la siguiente manera: 1. Información general (3), 2. Características económicas (3), 3. Características de la explotación (7), 4. Características de los rebaños (6), 5. Mano de obra (5), 6. Manejo en la alimentación (5), 7. Manejo reproductivo (4), 8. Manejo sanitario (4), 9. Manejo genético (5), 10. Comercialización (4) y 11. Otros (4). El cuestionario elaborado se validó inicialmente en un número reducido de criadores y posteriormente, tras realizar los ajustes necesarios, fue aplicado entre los meses de marzo y agosto de 2017 en 145 explotaciones seleccionadas aleatoriamente y repartidas entre las 7 provincias de la región de Huancavelica: Acobamba (11), Angaraes (22), Castrovirreyna (25), Churcampá (20), Huancavelica (29), Huaytara (17) y Tayacaja (21).

Análisis estadístico

A partir de la información proveniente de la encuesta se generó una base de datos, que comprende un total de 94 variables (cuantitativas y categóricas) entre las originales y los índices o variables calculadas a partir de la combinación de éstas.

Por otro lado, a partir de algunas variables categóricas, se elaboraron los índices (variables ordinales) que se muestran a continuación. En la elaboración de estos índices se dio un valor de cero a las características mínimas, de igual forma a las actividades que no se realizan o son habituales; por el contrario, se dio un valor de 1 y/o 2 a las características avanzadas (actividades que se realizan o son innovadoras); la sumatoria de estos valores constituye el índice:

- Índice de diversificación económica (IDEC), recoge las actividades económicas que desarrolla, especies animales que cría y productos que comercializa. Su valor va de 0 a 10.
- Índice de infraestructura (IDIN), este índice recoge aspectos como son el acceso a la explotación y disponibilidad de instalaciones ganaderas. Su valor va de 0 a 8.
- Índice de servicios básicos (ISBA), este índice recoge información sobre algunos servicios como energía eléctrica, agua y desagüe con los que cuenta la explotación. Toma valores que van de 0 a 8.

- Índice de manejo de pasturas (IMPA), recoge información sobre la alimentación de las llamas, método de pastoreo que utiliza y si cuenta con un plan de manejo y conservación de los pastos. Su valor va de 0 a 3.
- Índice de manejo reproductivo (IMRE). En este índice se recoge información sobre si los animales están identificados, utiliza registros reproductivos y realiza intercambio de reproductores machos. Su valor va de 0 a 4.
- Índice de manejo sanitario (IMSA). Se ha calculado a partir de si utiliza el calendario de manejo sanitario y de qué actividades sanitarias realiza durante el año. Toma valores de 0 a 4.
- Índice de manejo genético (IMGE). En el cálculo de este índice se ha tenido en cuenta si practica la selección, los criterios de selección que utiliza y el manejo de registros productivos y de genealogía. Su valor va de 0 a 6.
- Índice de arraigo e implicación familiar (IAIF). Este índice incluye información sobre si las generaciones anteriores tenían llamas, alguno de los hijos quiere dedicarse a la ganadería y la familia trabaja en la explotación. Su valor va de 0 a 4.

Todas las variables (cuantitativas y categóricas) fueron analizadas mediante estadística descriptiva con el programa estadístico R (*The R Project for Statistical Computing*). Para las variables categóricas se determinó su distribución de frecuencias y para las variables cuantitativas se obtuvo su media y desviación estándar. Con la finalidad de establecer una tipología que permita caracterizar mejor las explotaciones de llamas y ponga de manifiesto las diferentes estrategias seguidas por los criadores, y su relación con el entorno se utilizaron técnicas de análisis multivariantes, similares a las utilizadas por diferentes autores (Gaspar *et al.*, 2011; Milán *et al.*, 2003; Milán *et al.*, 2006; Riedel *et al.*, 2007). El procedimiento consiste en realizar en primer lugar un Análisis de Componentes Principales (ACP) o de reducción de dimensiones, con el objetivo de resumir y explicar la información contenida en el conjunto de variables observadas; extrayendo otro número menor de variables no observadas, denominadas componentes o factores. El ACP se realizó a partir de 10 variables cuantitativas y 8 índices. La selección de las variables que se incluyeron en el ACP se realizó en base al estudio minucioso de las variables originales y a una revisión extensa de la bibliografía (Escribano *et al.*, 2016; Milán *et al.*, 2006; Ruiz *et al.*, 2008; Toro-Mujica *et al.*, 2015). Posteriormente se llevó a

cabo un análisis de conglomerados jerárquicos sobre las coordenadas de las explotaciones con las 7 primeras componentes (las retenidas en el paso previo y que tenían un valor propio mayor a 1). Como método de aglomeración se utilizó la vinculación de Ward y como medida de distancia entre los casos se utilizó la distancia euclídea al cuadrado.

Con el fin de comparar la influencia de las provincias y de los grupos obtenidos de la tipología, a las variables cuantitativas se les realizó un análisis de varianza, utilizando la opción *lm* (*linear model*) del programa estadístico R. Por otro lado, las variables que no cumplían los supuestos de varianza (normalidad y homogeneidad de varianzas) fueron procesados mediante la prueba de Kruskal-Wallis y de medias recortadas (pruebas robustas). En los casos que se detectaron diferencias estadísticas significativas entre las medias de las provincias y tipología, su significancia fue contrastada a través de la prueba de Tukey (prueba de comparación múltiple).

El modelo aditivo lineal que explica la respuesta de las variables en estudio corresponde a:

$$Y_{ij} = \mu + p_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = variables respuesta (variables cuantitativas e índices).

μ = media general de la población.

p_i = efecto de la *i*-ésima provincia (Acobamba, Angaraes, Castrovirreyna, Churcampa, Huancavelica, Huaytara y Tayacaja) y tipología.

ε_{ij} = error experimental.

Por su parte, las variables cualitativas fueron comparadas mediante la prueba de Chi-cuadrado (χ^2) a través del programa estadístico SPAD (*Système Portable pour l'Analyse de Données*).

1.3. Resultados y discusión

Información general de los criadores de llamas en la región de Huancavelica

Los criadores de llamas encuestados tienen en promedio 49,9 años de edad (Tabla 2), lo cual muestra que personas jóvenes no se dedican a esta actividad; probablemente, porque la crianza de llamas es una actividad poco rentable. Los resultados del presente estudio, son similares a lo reportado por Wolfinger (2012), quien determinó que la edad promedio de criadores de llamas es de 51 años en la región de Cerro de Pasco de Perú. La región de

Cerro de Pasco tiene similares condiciones ambientales al de la región de Huancavelica, ya que también se encuentra ubicado en la zona altoandina de Perú.

Por otro lado, la provincia de Acobamba es la que tiene criadores de menor edad (40,8) y la provincia de Angaraes es la que tiene criadores de mayor edad (54,6). Ello posiblemente, debido a que en la provincia de Angaraes predomina la actividad minera, y la mayoría de las personas jóvenes optan por esta alternativa que resulta ser más rentable; por el contrario, en la provincia de Acobamba predominan únicamente la agricultura y ganadería, por lo cual las personas jóvenes se dedicarían a estas actividades al no disponer de otras opciones.

En la Tabla 2 se aprecia que en la región de Huancavelica la mayoría de personas dedicadas a la crianza de llamas son varones (62,1%), lo cual coincide con lo reportado por Quina (2015), quien indicó que el 73% de criadores de llamas en la región de Cerro de Pasco son varones. Ello probablemente, se deba a las condiciones ambientales agrestes que tienen los lugares donde se crían las llamas, por lo cual pocas mujeres optarían por esta actividad. Por otro lado, la provincia de Acobamba es la única donde la mayor parte de criadores son mujeres (72,7%). Esto puede deberse a que la provincia de Acobamba es la que se encuentra ubicada a menor altitud (3.423 m s. n. m.), por lo que las condiciones ambientales son menos agrestes.

Se puede observar en el Tabla 2, que el nivel educativo de los criadores de llamas de la región de Huancavelica es bajo, ya que predominan criadores con nivel educativo primario (49%) y sin estudios (22,1%), habiendo tenido educación secundaria solo poco más de la cuarta parte (27,6%), lo cual es una limitante para que puedan emprender la crianza de llamas de forma tecnificada. Nuestros resultados son similares a los publicados por Wolfinger (2012), quien reportó que el nivel educativo de los criadores de llamas se enmarca en un 44,7% con nivel educativo primario y 5,3% sin estudios en la región de Cerro de Pasco. De igual forma Laura (2003), en un estudio en criadores de alpacas indica que el nivel educativo de dichos criadores es 68% con instrucción primaria y 4% con ninguna educación. Similares resultados a los de Laura también reporta Hinojosa *et al.* (2019). Con todo ello, podemos afirmar que el nivel educativo de las personas dedicadas a la crianza de camélidos sudamericanos es bajo y ello estaría repercutiendo en dificultades a la hora de realizar innovaciones e introducir cambios tecnológicos.

Un número reducido de criadores de llamas (2,8%) pertenecen a asociaciones en las diferentes provincias de la región Huancavelica (Tabla 2), lo cual sería una limitante para mejorar la rentabilidad de la crianza de llamas, ya que el volumen de producción (carne y fibra) de las diferentes explotaciones es bajo, y la única forma de elevar dicho volumen de producción, sería a través de la conformación de asociaciones o cooperativas; esto traería como consecuencia volúmenes altos de producción y le daría un poder de negociación con los compradores, cosa que en la actualidad no sucede. Por otro lado, actualmente el gobierno de Perú, a través de los gobiernos regionales, oferta una serie de ayudas económicas para productores organizados, de los cuales los criadores de llamas no se estarían beneficiando por no estar asociados. Sin embargo, es un buen indicador que todos los criadores de llamas encuestados tienen interés por formar parte de una asociación, con la finalidad de conseguir financiamiento para mejorar las condiciones de crianza de estos camélidos.

Características generales de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica

En la Tabla 3, se observa que el acceso a las explotaciones de llamas estudiadas, fundamentalmente es por caminos de herradura (47,6%), seguido por carreteras (43,5%) y en un porcentaje mínimo por camino afirmado (9%), lo que pone de manifiesto que la mayoría de las explotaciones de llamas presentan inadecuadas y difíciles vías de acceso. Estos resultados coinciden con lo publicado por Hinojosa *et al.* (2019), quienes caracterizaron explotaciones de alpacas en la región de Huancavelica. Cabe destacar que a todas las explotaciones visitadas en la provincia de Acobamba se accede por carretera, lo cual indicaría un potencial para esta provincia.

El uso de energía eléctrica no está generalizado (Tabla 3); se observa que solo un 61,4% de las explotaciones tienen acceso a este servicio, de las cuales un 48,3% es a través de red pública, siendo la provincia de Huaytara la que está en peores condiciones. Nuestros resultados coinciden con lo reportado por Gómez (2013), quien indicó que solo un 60% de explotaciones en zonas altoandinas tienen acceso a energía eléctrica. Por otra parte, nuestros resultados muestran una situación mejor a la reportada por Hinojosa *et al.* (2019), quienes observaron que el 87% de explotaciones de camélidos carecen de energía eléctrica.

En la Tabla 3, se aprecia que el acceso al servicio de agua potable (red pública) es limitado, ya que solo un 32,4% de las explotaciones tienen acceso a ella. La mayoría de

las explotaciones (67,5%) utilizan fuentes de agua que no son potables, lo cual sería un factor de riesgo para la salud de los criadores de llamas. Dentro de las fuentes de agua no potables destacan los manantiales (44,1%), los cuales podrían considerarse como potables, si es que no fuera por la actividad minera que se realiza en estas zonas, la cual contamina estos manantiales a través de la presencia de los relaves, que a su vez contienen metales pesados, entre ellos principalmente el mercurio (Bose-O'Reilly *et al.*, 2010). Los resultados del presente estudio también muestran una mejor situación que la reportada por Hinojosa *et al.* (2019), quienes indicaron que el 100% del suministro de agua en unidades productivas de camélidos proviene de arroyos y manantiales, lo cual se debería a que el mencionado estudio se desarrolló solo en 4 provincias de la región de Huancavelica y en explotaciones de alpacas. Cabe destacar que las explotaciones ubicadas en la provincia de Huaytara son las que más carecen de agua potable.

Los terrenos de los criadores de llamas en la región de Huancavelica, en un gran porcentaje (70,3%) son de tipo comunal (Tabla 3), siendo merecedor de ser resaltado que en la provincia de Huaytara esta cifra alcanza el 100% de los terrenos destinados a la crianza de llamas. Este predominio del origen comunal de los terrenos conduce a pastizales sobrepastoreados, lo cual se puede apreciar a través de la pérdida o degradación de la cubierta vegetal de estos pastizales, de igual forma se puede observar que en la actividad de pastoreo en terrenos comunales prima la competencia y no el manejo racional y sostenible. Los resultados del presente estudio son inferiores a lo hallado por Hinojosa *et al.* (2019), quienes reportaron que el uso de la tierra es de propiedad comunal en un 96% en unidades productivas de camélidos, lo cual se debería a que el mencionado estudio se condujo solo en 4 provincias de la región de Huancavelica. Cabe señalar que un gran porcentaje de criadores de llamas de las provincias de Acobamba y Tayacaja tienen terreno propio, lo cual representaría una fortaleza para la crianza de llamas.

Respecto a la extensión de terreno ocupado por cada una de las explotaciones, se demuestra el predominio del minifundio (7,9 hectáreas en promedio por explotación). Esto supone una limitación para el incremento de la población de llamas, lo cual repercute en el desarrollo de esta crianza.

Nuestros resultados coinciden con lo reportado por Gómez (2013), quien indicó que las explotaciones de camélidos, tienen extensiones inferiores a 10 hectáreas. Por otro lado, la superficie media obtenida en el presente trabajo es muy inferior al valor publicado por Hinojosa *et al.* (2019), quienes indicaron que las explotaciones de alpacas tienen en

promedio 133,4 hectáreas; dicha diferencia se debería al ámbito de estudio (4 provincias) y a la especie (alpaca) que estudiaron. Por otro lado, cabe mencionar que únicamente en las provincias de Castrovirreyna y Churcampa existe un número reducido de criadores (12% y 5% respectivamente) que alquilan terreno para realizar la crianza de llamas.

La infraestructura básica para la crianza de llamas en la región de Huancavelica es muy deficiente (Tabla 3), ya que son pocos los criadores que disponen de instalaciones como mangas de manejo, silos, cobertizos, etc. La única infraestructura básica que tiene la mayoría (95,9%) de los criadores son corrales, que están contruidos a base de material rudimentario como las piedras. Los resultados del presente trabajo coinciden con lo reportado por varios autores (Hinojosa *et al.*, 2019; Quispe *et al.*, 2009; Wurzinger *et al.*, 2008).

En la Tabla 3, se observa que la implementación del servicio público de desagüe es incipiente (6,2%), lo cual es preocupante, ya que la mayoría de los criadores realizan sus deposiciones de excretas en campo abierto (44,1%) y en letrinas (49,7%). Como se sabe, la deposición inadecuada de las excretas es una de las principales causas de enfermedades infecciosas y parasitarias en personas y animales, lo cual puede traer serias repercusiones en la salud de los criadores y en la producción de las llamas. Nuestros resultados son ligeramente superiores a lo reportado por Gómez (2013), quien indicó que solo el 1,3% tiene acceso al servicio público de desagüe, en un estudio de explotaciones de caprinos en las zonas altoandinas de la región de Apurímac.

Características económicas y de la mano de obra de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica

La crianza de llamas se desarrolla juntamente con otras actividades económicas como la agricultura, artesanía, minería y construcción (Tabla 4). De las mencionadas actividades, se debe destacar la agricultura como la actividad complementaria de mayor importancia de la ganadería, debido a que la mayoría (52,4%) de los criadores de llamas desarrollan esta actividad, sobre todo en las provincias que están ubicadas a menos altitud (Angaraes, Churcampa y Tayacaja). Similares resultados a los del presente estudio reportó la FAO (2005). Por otro lado, la mayor parte de los ingresos económicos de las explotaciones proviene de la ganadería (75,2%), siendo el ingreso atribuido a la crianza de llamas el 16,7%.

En la Tabla 4, se observa que en la mayoría de las explotaciones, las llamas se crían juntamente con otras especies de animales domésticos como ovinos (83,5%), alpacas (62,8%), vacunos (55,9%) y otros (35,9%), lo que indica que la explotación de llamas responde a un sistema extensivo mixto, compuesto por diferentes especies, coincidiendo con Quina (2015).

En las explotaciones de llamas la mano de obra es asumida por los miembros de la familia (Tabla 5), principalmente los padres, aunque el pastoreo de las llamas lo asumen los miembros de la familia sin distinción. La mayoría de los hijos no se quieren dedicar a la ganadería, probablemente porque no es una actividad bien remunerada en la actualidad. Ello sería una de las causas de que la gente joven migre de las zonas rurales a las zonas urbanas, favoreciendo el envejecimiento de la población de estas zonas. El número de trabajadores (miembros de las familias) que concentra las explotaciones de llamas en promedio es 4, y el total de horas laboradas en las diferentes explotaciones en media es 9,7 horas.

Características de los rebaños de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica

Los rebaños en la región de Huancavelica, están constituidos en promedio por grupos de 26,8 llamas entre crías, tuis y adultos (Tabla 6), valor similar al reportado por Quina (2015), quien indicó que los rebaños de llamas en la comunidad de Marcapomacocha están conformados en promedio por grupos de 27 animales, entre crías, ancutas adultos y capones. Pero nuestros resultados son inferiores a los reportados por Guadalupe (1994) y Mendoza (2015), quienes realizaron un trabajo en las provincias de Pasco y Daniel Alcides Carrión en la región de Cerro de Pasco, dado que en tales provincias varían entre 100 a 500 animales, estimándose como promedio 50 por criador. Por otro lado, las especies que se encuentran en mayor proporción junto a las llamas son las alpacas y los ovinos, constituyendo las siguientes cantidades en promedio 64,6 y 45,7 respectivamente.

En la Tabla 6, se aprecia que el 87,6% de los criadores de llamas aprovechan su carne, el 14,5% la fibra y el 59,3% las usa como medio de transporte. Respecto al propósito principal, nuestro resultado coincide con lo reportado por Barreta (2012) y Mendoza (2015), quienes indicaron que el principal propósito de las llamas de Cerro de Pasco Perú y Bolivia respectivamente, es para la producción de carne.

Respecto a la tendencia poblacional de las llamas en los últimos 5 años, es descendente para el 63,5% de los criadores encuestados, estable para el 18,6% y solamente el 17,9% de los criadores han aumentado su rebaño de llamas (Tabla 6). Estos valores muestran una situación más crítica que la reportada por Quina (2015), quien indica que la tendencia poblacional de llamas en la región de Cerro de Pasco, es descendente para el 50,0% de los criadores, ascendente para el 36,4%, y estable para el restante 13,6%. De igual forma, contrastando los diversos censos agropecuarios realizados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú, se observa que hay una tendencia descendente de la población de llamas a nivel nacional. También cabe indicar que el 87,6% de criadores tienen las llamas por herencia (heredaron de generaciones anteriores). En relación al futuro, también es preocupante que solo el 42,8% de criadores encuestados se planteen aumentar la cantidad de llamas. De continuar esta tendencia de disminución de la población de llamas en la región de Huancavelica, probablemente en los próximos años estaremos frente a un riesgo de extinción de estos excepcionales animales adaptados a las zonas altoandinas.

Características del manejo alimenticio, reproductivo, sanitario y genético de las llamas en la región de Huancavelica

En la Tabla 7, se observa que en la región de Huancavelica, los criadores de llamas recurren en exclusiva a los pastos naturales para la alimentación de sus llamas, lo cual coincide con lo reportado en alpacas por Hinojosa *et al.* (2019) y Mendoza (2004), quienes también manifiestan que todos los camélidos estudiados se alimentan a base de pastos naturales. La duración del pastoreo es de aproximadamente 8,8 horas al día en promedio. Respecto al método de pastoreo predomina el pastoreo libre (88,3%), seguido del pastoreo rotacional (11,7%). Respecto al pastoreo libre los resultados del presente estudio son ligeramente inferiores a lo reportado por Hinojosa *et al.* (2019), quienes reportaron que el 96% de las explotaciones de alpacas en la región de Huancavelica realizan el pastoreo libre; sin embargo, nuestros resultados son superiores a lo reportado por Quina (2015), quien reporta que un 45,5% de explotaciones de llamas utiliza el método de pastoreo libre en la región de Cerro de Pasco. Finalmente podemos observar que la mayoría de los criadores (91,7%) no cuentan con un plan de manejo y conservación de los pastos naturales; probablemente esto sea una de las causas de que las praderas de los pastos naturales en las zonas altoandinas estén sobrepastoreadas.

En la Tabla 8, se observa que en la mayoría de las explotaciones las llamas no están identificadas (85,5%), lo que tiene como consecuencia la ausencia de registros reproductivos (96,6%), muy parecido a lo que ocurre en la crianza de alpacas (Hinojosa *et al.*, 2019). Por otro lado, la reproducción en la mayoría de los rebaños (97,2%) se desarrolla mediante monta libre, semejante a lo reportado por Quina (2015), Hinojosa *et al.* (2019) y Gómez (2013) en llamas, alpacas y caprinos respectivamente. Estos hechos hacen que no se pueda monitorear, ni tomar medidas para mejorar la eficiencia reproductiva de las llamas. Finalmente, el intercambio de reproductores machos se realiza solo en el 17,9% de las explotaciones.

En la Tabla 9, se aprecia que los criadores de llamas generalmente no utilizan un calendario de manejo sanitario (89,0%), similar a lo indicado por Gómez (2013). La principal actividad sanitaria que se desarrolla en las explotaciones es la desparasitación (71,7%). Por otro lado, las enfermedades que traen más repercusiones son la sarna (43,5%) y piojera (14,5%) en animales adultos; en cambio en crías las enfermedades más frecuentes son la neumonía (11,7%) y la diarrea (8,3%). Esto coincide con lo reportado por varios autores (Hinojosa *et al.*, 2019; Lizárraga, 2003; Mendoza Ramírez, 2015). En las explotaciones el coste en el aspecto sanitario por llama es 3,4 soles y por año es en promedio 125,5 soles.

En la Tabla 10, se observa que la mayoría de las explotaciones no cuenta con registros productivos (97,9%) ni de genealogía (97,2%). La ausencia de estos registros no permite realizar evaluaciones genéticas de los animales para seleccionarlos en base a su mérito genético. La mayoría de los criadores no realizan selección (84,8%), los pocos que la realizan utilizan criterios de selección poco objetivos como el fenotipo (13,8%) y la edad (4,1%). Por otro lado, es reducida la cantidad de criadores (5,5%) que realizan actividades (intercambio y compra de reproductores) para controlar la consanguinidad.

Características de la comercialización y otros aspectos de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica

La mayoría de las explotaciones comercializan la carne, ya sea como carne propiamente dicho o animal en pie, mientras que un número reducido de explotaciones también comercializan la fibra de las llamas (Tabla 11). Esto probablemente porque predominan las llamas de tipo K'ara (68%) en la región de Huancavelica de acuerdo al CENAGRO (2012), las cuales tendrían una orientación cárnica de acuerdo a su fenotipo (animales

altos y robustos), lo cual coincide con lo indicado por varios autores (Barreta, 2012; Mendoza, 2015; Quina, 2015; Quispe *et al.*, 2009; Wolfinger, 2012).

La mayoría de los criadores (80%) venden sus productos provenientes de las llamas a intermediarios denominados comerciantes; por otro lado, una cantidad considerable (10,3%) de explotaciones crían las llamas para autoconsumo y un grupo reducido (4,1%) de explotaciones comercializan sus productos directamente en el mercado. El 73,1% de los criadores venden sus productos de forma anual. Respecto a los precios por un kilogramo de carne les pagan 6,8 soles, por un kilogramo de fibra 3,5 soles y por un animal adulto 188,5 soles.

En la Tabla 12, se observa que casi la totalidad (95,9%) de los criadores no ha recibido ningún tipo de asistencia técnica ni ayuda de ningún tipo, lo que confirma el abandono de esta especie tanto por parte de la administración regional de la región de Huancavelica y como de la administración nacional. También cabe destacar que el mayor problema que afrontan las explotaciones es la presencia de enfermedades (64,1%), seguido de la falta de alimentos (praderas sobrepastoreadas) y la presencia de depredadores (zorros y pumas). Por otro lado, a los criadores les gustaría que les ayudara la Dirección Regional de Camélidos Sudamericanos en aspectos como capacitaciones y con la dotación de medicamentos principalmente. Por toda la problemática que afrontan las explotaciones solo una cantidad limitada ve la actividad de crianza de llamas de forma optimista, lo cual es preocupante y las instituciones ligadas al sector camélidos deberían tomar interés y ayudar a este sector desfavorecido. Cabe recordar que la falta de asistencia técnica, se viene arrastrando desde la reforma agraria (1980), donde se les entregó tierras y animales a los ganaderos, pero no se les brindó asistencia técnica para poder gestionarlos correctamente, por lo que hasta la fecha han gestionado estos recursos sin ningún criterio técnico, trayendo como consecuencia todos los problemas que les aqueja actualmente, lo cual se ha venido agudizando con los años.

Tabla 2. Información general de los criadores de llamas encuestados en la región de Huancavelica.

CARACTERÍSTICAS	PROVINCIAS							Total (n=145)	Sig.
	Acobamba (n=11)	Angaraes (n=22)	Castrovirreyna (n=25)	Churcampa (n=20)	Huancavelica (n=29)	Huaytara (n=17)	Tayacaja (n=21)		
CUALITATIVAS									
Sexo (%)									n.s.
Mujer	72,7	31,8	36,0	45,0	37,9	17,7	38,1	37,9	
Hombre	27,3	68,2	64,0	55,0	62,1	82,4	61,9	62,1	
Nivel educativo (%)									n.s.
Primaria	27,3	50,0	64,0	55,0	48,3	29,4	52,4	49,0	
Secundaria	27,3	18,2	24,0	20,0	31,0	35,3	38,1	27,6	
Superior	9,1	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	
Sin estudios	36,4	27,3	12,0	25,0	20,7	35,3	9,5	22,1	
Pertenece a alguna asociación (%)									n.s.
Sí	0,0	0,0	4,0	5,0	0,0	11,8	0,0	2,8	
No	100,0	100,0	96,0	95,0	100,0	88,2	100,0	97,2	
CUANTITATIVAS									
Edad (años)	40,8 ± 12,3	54,6 ± 12,6	50,7 ± 13,0	46,5 ± 16,5	52,9 ± 16,0	53,5 ± 13,1	45 ± 9,1	49,9 ± 14,3	n.s.

*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001; n.s.: no significativo.

Tabla 3. Características generales de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica.

CARACTERÍSTICAS	PROVINCIAS							Total (n=145)	Sig.
	Acobamba (n=11)	Angaraes (n=22)	Castrovirreyna (n=25)	Churcampá (n=20)	Huancavelica (n=29)	Huaytara (n=17)	Tayacaja (n=21)		
CUALITATIVAS									
Acceso a la explotación (%)									***
Camino de herradura	0,0	68,2	56,0	30,0	58,6	58,8	33,3	47,6	
Camino afirmado	0,0	4,6	0,0	0,0	13,8	35,3	9,5	9,0	
Carretera	100,0	27,3	44,0	70,0	27,6	5,9	57,1	43,5	
Energía eléctrica (%)									***
Red pública	100,0	68,2	12,0	90,0	51,7	0,0	38,1	48,3	
Grupo electrógeno	0,0	27,3	8,0	0,0	17,2	35,3	0,0	13,1	
No usa	0,0	4,6	80,0	10,0	31,0	64,7	61,9	38,6	
Agua (%)									***
Red pública	63,6	36,4	16,0	60,0	48,3	0,0	9,5	32,4	
Río	0,0	0,0	4,0	5,0	10,3	0,0	0,0	3,5	
Laguna	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	5,9	4,8	2,8	
Pozo	0,0	31,8	28,0	0,0	3,5	41,2	14,3	17,2	
Manantial	36,4	22,7	52,0	35,0	37,9	52,9	71,4	44,1	
Tiene terreno propio (%)									***
Sí	100,0	31,8	12,0	15,0	17,2	0,0	71,4	30,3	
No	0,0	68,2	88,0	85,0	82,8	100,0	28,6	69,7	
Tiene terreno comunal (%)									***
Sí	0,0	86,4	76,0	80,0	86,2	100,0	28,6	70,3	
No	100,0	13,6	24,0	20,0	13,8	0,0	71,4	29,7	
Tiene terreno alquilado (%)									n.s.
Sí	0,0	0,0	12,0	5,0	0,0	0,0	0,0	2,8	
No	100,0	100,0	88,0	95,0	100,0	100,0	100,0	97,2	

*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001; n.s.: no significativo.

Continuación de la Tabla 3.

CARACTERÍSTICAS	PROVINCIAS							Total (n=145)	Sig.
	Acobamba (n=11)	Angaraes (n=22)	Castrovirreyna (n=25)	Churcampa (n=20)	Huancavelica (n=29)	Huaytara (n=17)	Tayacaja (n=21)		
CUALITATIVAS									
Tienes corrales (%)									n.s.
Sí	100,0	95,5	100,0	95,0	96,6	100,0	85,7	95,9	
No	0,0	4,6	0,0	5,0	3,5	0,0	14,3	4,1	
Tienes mangas de manejo (%)									n.s.
Sí	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	2,1	
No	100,0	100,0	100,0	100,0	89,7	100,0	100,0	97,9	
Tiene cobertizos (%)									n.s.
Sí	0,0	9,1	12,0	0,0	24,1	23,5	19,1	13,8	
No	100,0	90,9	88,0	100,0	75,9	76,5	81,0	86,2	
Tiene silos (%)									n.s.
Sí	0,0	4,6	4,0	5,0	6,9	0,0	0,0	3,5	
No	100,0	95,5	96,0	95,0	93,1	100,0	100,0	96,6	
Deposición de la excretas - humano (%)									***
Red pública	36,4	9,1	0,0	5,0	6,9	0,0	0,0	6,2	
Letrina	54,6	68,2	32,0	70,0	48,3	47,1	33,3	49,7	
Campo abierto	9,1	22,7	68,0	25,0	44,8	52,9	66,7	44,1	
CUANTITATIVAS									
IDIN	2,0 ± 0	0,9 ± 0,3	1,2 ± 0,2	1,6 ± 0,3	1,5 ± 0,3	0,9 ± 0,3	1,6 ± 0,3	1,4 ± 0,1	n.s.
ISBA	4,6 ^a ± 0,4	3,6 ^a ± 0,3	1,2 ^c ± 0,4	3,8 ^a ± 0,3	2,8 ^{ab} ± 0,5	1,2 ^c ± 0,3	1,4 ^{bc} ± 0,3	2,5 ± 0,2	***
Extensión de terreno para la crianza de llamas (ha)	3,7 ± 2,2	6,3 ± 5,8	9,8 ± 10,4	9,8 ± 5,5	6,6 ± 3,7	8,5 ± 6,3	8,9 ± 5,8	7,9 ± 6,6	n.s.
Porcentaje de terreno propio	100 ^a ± 0	17,7 ^b ± 33,8	12 ^b ± 32,5	15 ^b ± 35,7	14,1 ^b ± 34,4	0 ^b ± 0	71,4 ^a ± 45,2	27,6 ± 44,1	***
Porcentaje de terreno comunal	0 ^b ± 0	82,3 ^a ± 33,8	76 ^a ± 42,7	80 ^a ± 4	85,9 ^a ± 34,4	100 ^a ± 0	28,6 ^b ± 45,2	69,7 ± 45,4	***
Porcentaje de terreno alquilado	0 ± 0	0 ± 0	12 ± 32,5	5 ± 21,8	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	2,8 ± 16,4	n.s.

*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001; n.s.: no significativo.

Medias con letras diferentes en filas denotan diferencias estadísticamente significativas.

IDIN: índice de infraestructura; ISBA: índice de servicios básicos.

Tabla 4. Características económicas de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica.

CARACTERÍSTICAS	PROVINCIAS							Total (n=145)	Sig.
	Acobamba (n=11)	Angaraes (n=22)	Castrovirreyna (n=25)	Churcampa (n=20)	Huancavelica (n=29)	Huaytara (n=17)	Tayacaja (n=21)		
CUALITATIVAS									
Desarrolla agricultura (%)									***
Sí	0,0	90,9	20,0	90,0	44,8	29,4	71,4	52,4	
No	100,0	9,1	80,0	10,0	55,2	70,6	28,6	47,6	
Desarrolla minería (%)									**
Sí	0,0	18,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	
No	100,0	81,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	97,2	
Desarrolla artesanía (%)									n.s.
Sí	0,0	4,6	8,0	0,0	3,5	11,8	0,0	4,1	
No	100,0	95,5	92,0	100,0	96,6	88,2	100,0	95,9	
Desarrolla construcción (%)									n.s.
Sí	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	
No	100,0	100,0	96,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,3	
Cría alpacas (%)									***
Sí	45,5	68,2	96,0	0,0	93,1	100,0	14,3	62,8	
No	54,6	31,8	4,0	100,0	6,9	0,0	85,7	37,2	
Cría ovinos (%)									**
Sí	100,0	68,2	84,0	85,0	93,1	52,9	100,0	83,5	
No	0,0	31,8	16,0	15,0	6,9	47,1	0,0	16,6	
Cría vacunos (%)									***
Sí	90,9	50,0	36,0	50,0	62,1	17,7	95,2	55,9	
No	9,1	50,0	64,0	50,0	37,9	82,4	4,8	44,1	
Cría otras especies (%)									*
Sí	9,1	31,8	20,0	40,0	55,2	29,4	47,6	35,9	
No	90,9	68,2	80,0	60,0	44,8	70,6	52,4	64,1	

*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001; n.s.: no significativo.

Continuación de la Tabla 4.

CARACTERÍSTICAS	PROVINCIAS							Total (n=145)	Sig.
	Acobamba (n=11)	Angaraes (n=22)	Castrovirreyna (n=25)	Churcampa (n=20)	Huancavelica (n=29)	Huaytara (n=17)	Tayacaja (n=21)		
CUANTITATIVAS									
Ingreso por ganadería (%)	100 ^a ± 0	49,8 ^c ± 21,0	89,6 ^a ± 19,5	60 ^c ± 19,2	81,0 ^{ab} ± 23,2	86,5 ^{ab} ± 22,5	69,3 ^{bc} ± 26,6	75,2 ± 26,3	***
Ingreso por agricultura (%)	0 ^c ± 0	37,1 ^a ± 21,3	8,4 ^c ± 19,3	40 ^a ± 19,2	18,8 ^{bc} ± 23,0	12,1 ^{bc} ± 20,4	30,7 ^{ab} ± 26,6	22,2 ± 24,8	***
Ingreso por minería (%)	0 ^b ± 0	12,3 ^a ± 26,3	0 ^b ± 0	0 ^b ± 0	0 ^b ± 0	0 ^b ± 0	0 ^b ± 0	1,9 ± 11,1	***
Ingreso por artesanía (%)	0 ± 0	0,9 ± 4,2	1,6 ± 6,1	0 ± 0	0,2 ± 0,9	1,5 ± 4,8	0 ± 0	0,6 ± 3,5	n.s.
Ingreso por construcción (%)	0 ± 0	0 ± 0	0,4 ± 2,0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0,1 ± 0,8	n.s.
Del total de ingresos en ganadería, cuánto suponen las llamas (%)	3,6 ^d ± 7,4	14,4 ^{bcd} ± 13,8	10,5 ^{bcd} ± 12,2	22,5 ^{ab} ± 16,3	19,9 ^{abc} ± 18,2	6,4 ^{cd} ± 7,8	32 ^a ± 16,	16,7 ± 16,8	***

*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001; n.s.: no significativo.

Medias con letras diferentes en filas denotan diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 5. Características de la mano de obra de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica.

CARACTERÍSTICAS	PROVINCIAS							Total (n=145)	Sig.
	Acobamba (n=11)	Angaraes (n=22)	Castrovirreyna (n=25)	Churcampa (n=20)	Huancavelica (n=29)	Huaytara (n=17)	Tayacaja (n=21)		
CUALITATIVAS									
Quienes trabajan en la explotación (%)									***
Madre	81,8	4,6	12,0	5,0	31,0	5,9	0,0	16,6	
Padre	0,0	9,1	16,0	0,0	6,9	5,9	19,1	9,0	
Madre y Padre	18,2	63,6	40,0	40,0	20,7	88,2	71,4	48,3	
Hijos	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	
Todos	0,0	13,6	32,0	55,0	41,4	0,0	9,5	24,8	
Quién se dedica a las llamas (%)									***
Madre	81,8	4,6	12,0	5,0	31,0	5,9	0,0	16,6	
Padre	0,0	9,1	16,0	0,0	6,9	11,8	19,1	9,7	
Madre y Padre	18,2	63,6	40,0	40,0	20,7	82,4	71,4	47,6	
Hijos	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	
Todos	0,0	13,6	32,0	55,0	41,4	0,0	9,5	24,8	
Alguno de tus hijos se quiere dedicar a la ganadería (%)									n.s.
Sí	18,2	27,3	32,0	15,0	37,9	17,7	23,8	26,2	
No	81,8	72,7	68,0	85,0	62,1	82,4	76,2	73,8	
CUANTITATIVAS									
Componentes de la familia									
Número de adultos	2,6 ± 0,7	2,6 ± 1,3	3,4 ± 2,5	2,3 ± 1,0	2,3 ± 1,1	2,2 ± 0,8	2,5 ± 0,9	2,6 ± 1,4	n.s.
Número de jóvenes	0,9 ^{ab} ± 1,2	1,6 ^{ab} ± 0,9	2 ^{ab} ± 2,1	0,5 ^b ± 0,6	2,2 ^a ± 2,7	1,2 ^{ab} ± 1,6	2,5 ^a ± 1,8	1,7 ± 1,9	**
Número de niños	1,2 ± 1,2	0,8 ± 0,9	1,4 ± 1,7	1,5 ± 1,8	1 ± 1,4	0,3 ± 0,5	1,3 ± 1,3	1,1 ± 1,4	n.s.
Número de horas por día dedicadas a la explotación	9,5 ± 1,0	9,8 ± 0,5	9,6 ± 0,7	9,7 ± 0,8	9,7 ± 0,8	9,5 ± 0,8	9,8 ± 0,7	9,7 ± 0,8	n.s.
Número de horas por día dedicadas a las llamas	9,5 ± 1,0	9,8 ± 0,5	9,6 ± 0,7	9,7 ± 0,8	9,7 ± 0,8	9,5 ± 0,8	9,8 ± 0,7	9,7 ± 0,8	n.s.

*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001; n.s.: no significativo.

Medias con letras diferentes en filas denotan diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 6. Características de los rebaños de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica.

CARACTERÍSTICAS	PROVINCIAS							Total (n=145)	Sig.
	Acobamba (n=11)	Angaraes (n=22)	Castrovirreyna (n=25)	Churcampa (n=20)	Huancavelica (n=29)	Huaytara (n=17)	Tayacaja (n=21)		
CUALITATIVAS									
Tendencia poblacional de las llamas durante los últimos 5 años (%)									
Sube	18,2	13,6	16,0	35,0	17,2	0,0	23,8	17,9	n.s.
Baja	72,7	86,4	64,0	45,0	55,2	64,7	61,9	63,5	
Se mantiene	9,1	0,0	20,0	20,0	27,6	35,3	14,3	18,6	
Generación anterior a la tuya tenían llamas (%)									
Sí	72,7	86,4	80,0	90,0	86,2	94,1	100,0	87,6	n.s.
No	27,3	13,6	20,0	10,0	13,8	5,9	0,0	12,4	
Piensas aumentar tus llamas (%)									
Sí	36,4	63,6	28,0	30,0	48,3	41,2	47,6	42,8	n.s.
No	63,6	36,4	72,0	70,0	51,7	58,8	52,4	57,2	
Aprovechas la carne (%)									
Sí	81,8	72,7	96,0	95,0	82,8	82,4	100,0	87,6	n.s.
No	18,2	27,3	4,0	5,0	17,2	17,7	0,0	12,4	
Aprovechas la fibra (%)									
Si	54,6	9,1	4,0	5,0	31,0	0,0	9,5	14,5	***
No	45,5	90,9	96,0	95,0	69,0	100,0	90,5	85,5	
Utilizas para transportar tus llamas (%)									
Sí	27,3	77,3	76,0	40,0	51,7	100,0	33,3	59,3	***
No	72,7	22,7	24,0	60,0	48,3	0,0	66,7	40,7	

*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001; n.s.: no significativo.

Continuación de la Tabla 6.

CARACTERÍSTICAS	PROVINCIAS							Total (n=145)	Sig.
	Acobamba (n=11)	Angaraes (n=22)	Castrovirreyna (n=25)	Churcampa (n=20)	Huancavelica (n=29)	Huaytara (n=17)	Tayacaja (n=21)		
CUANTITATIVAS									
Cantidad de alpacas	4,6 ^d ± 7,4	34,3 ^{cd} ± 62,3	98,8 ^b ± 89,6	0 ^d ± 0	79,9 ^{bc} ± 79,5	217,8 ^a ± 104,2	3,2 ^d ± 12,8	64,6 ± 95,2	***
Cantidad de ovinos	31 ^{ab} ± 19,7	15,3 ^b ± 13,4	80,1 ^a ± 82,8	27,3 ^b ± 28,9	48,9 ^{ab} ± 46,1	46,2 ^{ab} ± 62,1	57,0 ^{ab} ± 46,6	45,7 ± 54,5	**
Cantidad de vacunos	5,9 ^{ab} ± 10,9	2,8 ^b ± 3,5	2,0 ^b ± 3,5	2,4 ^b ± 3,1	2,7 ^b ± 2,7	1,7 ^b ± 3,6	10,9 ^a ± 8,4	3,9 ± 6,1	***
Cantidad de equinos	0,2 ± 0,6	0 ± 0	0,1 ± 0,4	0,1 ± 0,4	0,3 ± 0,6	0 ± 0	0 ± 0	0,1 ± 0,4	n.s.
Cantidad de porcinos	0 ^b ± 0	0,3 ^b ± 0,8	0 ^b ± 0	1,3 ^{ab} ± 3,0	0,3 ^b ± 1,1	0 ^b ± 0	2 ^a ± 3,0	0,6 ± 1,8	**
Cantidad de gallinas	0 ± 0	1,4 ± 3,8	0,2 ± 1,0	0 ± 0	0,9 ± 1,9	0 ± 0	0 ± 0	0,4 ± 1,8	n.s.
Cantidad de cuyes	0 ± 0	1,7 ± 5,5	0 ± 0	0,1 ± 0,4	0,2 ± 0,9	0 ± 0	0 ± 0	0,3 ± 2,3	n.s.
Cantidad de caprinos	0 ^b ± 0	0 ^b ± 0	0,3 ^b ± 1,1	0,1 ^b ± 0,2	0 ^b ± 0	15,3 ^a ± 29,4	0 ^b ± 0	1,9 ± 11,2	***
Cantidad de burros	0 ± 0	0 ± 0	0,04 ± 0,2	0 ± 0	0,03 ± 0,2	0 ± 0	0 ± 0	0,01 ± 0,1	n.s.
Cantidad de llamas	12,5 ^b ± 7,6	21,4 ^{ab} ± 17,9	30,7 ^a ± 27,1	33,1 ^a ± 2	22,4 ^{ab} ± 11,5	31,7 ^a ± 23,5	31,5 ^a ± 20,1	26,8 ± 20,4	*

*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001; n.s.: no significativo.

Medias con letras diferentes en filas denotan diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 7. Características de la alimentación de las llamas en la región de Huancavelica.

CARACTERÍSTICAS	PROVINCIAS							Total (n=145)	Sig.
	Acobamba (n=11)	Angaraes (n=22)	Castrovirreyna (n=25)	Churcampá (n=20)	Huancavelica (n=29)	Huaytara (n=17)	Tayacaja (n=21)		
CUALITATIVOS									
Método de pastoreo (%)									***
Libre	100,0	90,9	76,0	95,0	100,0	100,0	61,9	88,3	
Rotacional	0,0	9,1	24,0	5,0	0,0	0,0	38,1	11,7	
Otro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Plan de manejo y conservación de pastos (%)									*
Sí	18,2	13,6	20,0	0,0	0,0	0,0	9,5	8,3	
No	81,8	86,4	80,0	100,0	100,0	100,0	90,5	91,7	
CUANTITATIVOS									
IMPA	0,2 ^{ab} ± 0,1	0,2 ^{ab} ± 0,1	0,4 ^a ± 0,1	0,1 ^b ± 0,1	0 ^b ± 0	0 ^b ± 0	0,5 ^a ± 0,2	0,2 ± 0,04	***
Horas diarias de pastoreo de las llamas	8,8 ^{bc} ± 0,6	9,9 ^a ± 1,1	8,8 ^{bc} ± 1,1	8,5 ^{bc} ± 0,9	8,5 ^{bc} ± 1,3	9,2 ^{ab} ± 1,1	7,9 ^c ± 0,7	8,8 ± 1,2	***

*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001; n.s.: no significativo.

Medias con letras diferentes en filas denotan diferencias estadísticamente significativas.

IMPA: índice de manejo de pasturas.

Tabla 8. Características del manejo reproductivo de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica.

CARACTERÍSTICAS	PROVINCIAS							Total (n=145)	Sig.
	Acobamba (n=11)	Angaraes (n=22)	Castrovirreyna (n=25)	Churcampá (n=20)	Huancavelica (n=29)	Huaytara (n=17)	Tayacaja (n=21)		
CUALITATIVOS									
Tienes identificadas a las llamas (%)									***
Sí	0,0	68,2	0,0	5,0	6,9	5,9	9,5	14,5	
No	100,0	31,8	100,0	95,0	93,1	94,1	90,5	85,5	
Tipo de identificación de las llamas (%)									***
Ninguno	100,0	31,8	100,0	95,0	93,1	94,1	90,5	85,5	
Crotal	0,0	68,2	0,0	0,0	0,0	5,9	9,5	12,4	
Señal	0,0	0,0	0,0	5,0	6,9	0,0	0,0	2,1	
Utilizas registros reproductivos (%)									n.s.
Sí	0,0	9,1	0,0	0,0	6,9	5,9	0,0	3,5	
No	100,0	90,9	100,0	100,0	93,1	94,1	100,0	96,6	
Tipo de monta (%)									n.s.
Libre	100,0	95,5	96,0	100,0	100,0	94,1	95,2	97,2	
Dirigido	0,0	4,6	4,0	0,0	0,0	5,9	4,8	2,8	
Intercambio de reproductores machos (%)									n.s.
Sí	9,1	22,7	24,0	0,0	31,0	17,7	9,5	17,9	
No	90,9	77,3	76,0	100,0	69,0	82,4	90,5	82,1	
CUANTITATIVOS									
IMRE	0,1 ^b ± 0,1	1,7 ^a ± 0,2	0,2 ^b ± 0,1	0,1 ^b ± 0,1	0,5 ^b ± 0,1	0,4 ^b ± 0,2	0,3 ^b ± 0,2	0,5 ± 0,1	***

*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001; n.s.: no significativo.

Medias con letras diferentes en filas denotan diferencias estadísticamente significativas.

IMRE: índice de manejo reproductivo.

Tabla 9. Características del manejo sanitario de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica.

CARACTERÍSTICAS	PROVINCIAS							Total (n=145)	Sig.
	Acobamba (n=11)	Angaraes (n=22)	Castrovirreyna (n=25)	Churcampa (n=20)	Huancavelica (n=29)	Huaytara (n=17)	Tayacaja (n=21)		
CUALITATIVAS									
Utilizas el calendario de manejo sanitario (%)									
Sí	9,1	9,1	16,0	0,0	13,8	29,4	0,0	11,0	n.s.
No	90,9	90,9	84,0	100,0	86,2	70,6	100,0	89,0	
Actividades sanitarias (%)									
Ninguna	27,3	0,0	8,0	25,0	10,3	11,8	0,0	10,3	***
Desparasitación (D)	9,1	77,3	28,0	45,0	10,3	17,7	52,4	35,2	
Vacunaciones (V)	36,4	0,0	0,0	20,0	13,8	0,0	19,1	11,0	
D y V	27,3	22,7	48,0	10,0	51,7	58,8	19,1	35,2	
Baño (B)	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	5,9	9,5	2,8	
D y B	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	
Todos	0,0	0,0	8,0	0,0	10,3	5,9	0,0	4,1	
Enfermedad que tiene más repercusiones (%)									
Ninguna	0,0	4,6	20,0	10,0	13,8	29,4	4,8	12,4	***
Sarna	54,6	45,5	44,0	75,0	31,0	5,9	52,4	43,5	
Neumonía	0,0	31,8	0,0	0,0	0,0	58,8	0,0	11,7	
Piojera	0,0	4,6	32,0	0,0	31,0	0,0	14,3	14,5	
Diarrea	9,1	13,6	0,0	5,0	20,7	5,9	0,0	8,3	
Fasciola	18,2	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	28,6	6,2	
Otros	18,2	0,0	4,0	5,0	3,5	0,0	0,0	3,5	
CUANTITATIVAS									
IMSA	1,7 ^{ab} ± 0,3	1,6 ^{ab} ± 0,2	2,2 ^a ± 0,3	1,2 ^b ± 0,2	2,4 ^a ± 0,2	2,4 ^a ± 0,3	1,5 ^{ab} ± 0,2	1,9 ± 0,1	**
Coste sanitario por llama (S/.)		3,6 ^{ab} ± 2,1	1,9 ^c ± 1,1	1,8 ^c ± 1,6	4,3 ^{ab} ± 0,8	5,1 ^a ± 2,6	4,7 ^a ± 1,3	3,4 ± 2,1	***
Coste sanitario por año (S/.)	94,4 ^b ± 153,9	130,2 ^b ± 56,7		85,7 ^b ± 51,8	75,6 ^b ± 87,6	350 ^a ± 323,3		125,5 ± 160,3	**

*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001; n.s.: no significativo.

Medias con letras diferentes en filas denotan diferencias estadísticamente significativas.

IMSA: índice de manejo sanitario.

Tabla 10. Características del manejo genético de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica.

CARACTERÍSTICAS	PROVINCIAS							Total (n=145)	Sig.
	Acobamba (n=11)	Angaraes (n=22)	Castrovirreyna (n=25)	Churcampa (n=20)	Huancavelica (n=29)	Huaytara (n=17)	Tayacaja (n=21)		
CUALITATIVAS									
Registros productivos (%)									n.s.
Sí	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	2,1	
No	100,0	90,9	100,0	100,0	100,0	94,1	100,0	97,9	
Registros de genealogía (%)									n.s.
Sí	0,0	4,6	0,0	0,0	6,9	5,9	0,0	2,8	
No	100,0	95,5	100,0	100,0	93,1	94,1	100,0	97,2	
Utilizas la selección (%)									***
Sí	0,0	13,6	4,0	0,0	48,3	17,7	4,8	15,2	
No	100,0	86,4	96,0	100,0	51,7	82,4	95,2	84,8	
Criterio de selección (%)									***
Fenotipo	0,0	13,6	4,0	0,0	37,9	11,8	14,3	13,8	
Edad	0,0	0,0	0,0	0,0	20,7	0,0	0,0	4,1	
Ninguna	100,0	86,4	96,0	100,0	41,4	88,2	85,7	82,1	
Actividades para controlar la consanguinidad (%)									n.s.
Intercambio	0,0	0,0	4,0	0,0	10,3	17,7	0,0	4,8	
Compra	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	
Ninguna	100,0	95,5	96,0	100,0	89,7	82,4	100,0	94,5	
CUANTITATIVAS									
IMGE	0 ^b ± 0	0,6 ^b ± 0,3	0,1 ^b ± 0,1	0 ^b ± 0	1,5 ^a ± 0,2	0,5 ^b ± 0,3	0,3 ^b ± 0,2	0,5 ± 0,1	***

*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001; n.s.: no significativo.

Medias con letras diferentes en filas denotan diferencias estadísticamente significativas.

IMGE: índice de manejo genético.

Tabla 11. Características de la comercialización de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica.

CARACTERÍSTICAS	PROVINCIAS							Total (n=145)	Sig.
	Acobamba (n=11)	Angaraes (n=22)	Castrovirreyna (n=25)	Churcampa (n=20)	Huancavelica (n=29)	Huaytara (n=17)	Tayacaja (n=21)		
CUALITATIVAS									
Qué comercializas de las llamas (%)									***
Carne (C)	9,1	9,1	12,0	5,0	24,1	0,0	9,5	11,0	
Fibra (F)	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	
Animal en pie (AP)	0,0	63,6	48,0	75,0	20,7	41,2	0,0	37,2	
C y F	27,3	4,6	0,0	0,0	20,7	0,0	0,0	6,9	
F y AP	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	
C, F y AP	27,3	0,0	4,0	0,0	3,5	0,0	19,1	6,2	
C y AP	18,2	22,7	36,0	20,0	31,0	58,8	71,4	37,2	
A quiénes vendes tus productos (%)									*
Autoconsumo	9,1	4,6	12,0	15,0	6,9	0,0	23,8	10,3	
Vecinos	0,0	4,6	0,0	10,0	17,2	0,0	0,0	5,5	
Comerciantes	90,9	86,4	88,0	75,0	62,1	100,0	71,4	80,0	
Mercado	0,0	4,6	0,0	0,0	13,8	0,0	4,8	4,1	
Cada qué tiempo vendes tus productos (%)									***
Semanal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Mensual	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,7	
Trimestral	0,0	22,7	0,0	20,0	3,5	17,7	0,0	9,0	
Bimestral	0,0	31,8	0,0	25,0	24,1	17,7	0,0	15,2	
Anual	100,0	45,5	100,0	50,0	72,4	52,9	95,2	73,1	
Necesidad	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8	4,8	2,1	
CUANTITATIVAS									
Cuánto te pagan por 1 Kg de carne (S/.)	7 ± 0	7 ± 0	6,9 ± 0,53	7,2 ± 0,4	6,8 ± 0,5	6,8 ± 0,6	6,4 ± 0,8	6,8 ± 0,6	n.s.
Cuánto te pagan por 1 Kg de fibra (S/.)	5 ^a ± 0		5 ^a ± 0				2,0 ^b ± 0,1	3,5 ± 1,5	*
Cuánto te pagan por animal en pie (S/.)	214,3 ^{ab} ± 35,0	179,0 ^b ± 64,5	180,9 ^b ± 33,8	162,0 ^b ± 26,3	183,3 ^b ± 49,9	163,1 ^b ± 22,3	250 ^a ± 65,5	188,5 ± 55,1	***

*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001; n.s.: no significativo.

Medias con letras diferentes en filas denotan diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 12. Características de los rebaños de las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica respecto a otros aspectos.

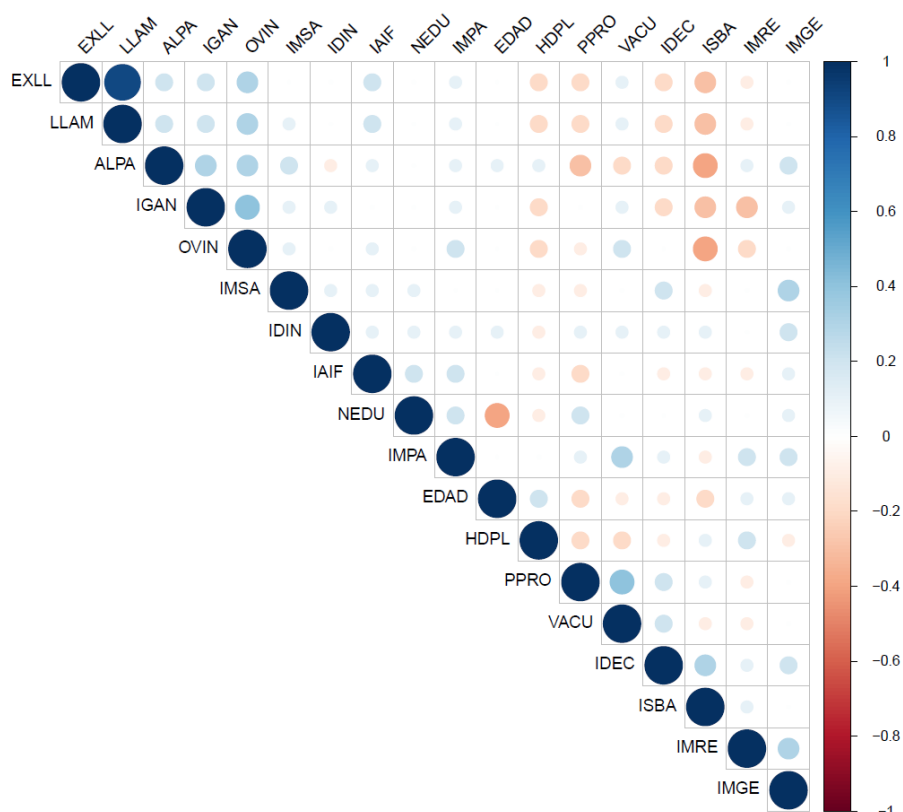
CARACTERÍSTICAS	PROVINCIAS							Total (n=145)	Sig.
	Acobamba (n=11)	Angaraes (n=22)	Castrovirreyna (n=25)	Churcampa (n=20)	Huancavelica (n=29)	Huaytara (n=17)	Tayacaja (n=21)		
Has recibido algún tipo de asistencia técnica (%)									
Sí	9,1	0,0	8,0	0,0	0,0	11,8	4,8	4,1	n.s.
No	90,9	100,0	92,0	100,0	100,0	88,2	95,2	95,9	
Qué problemas se te presentan en la crianza de llamas (%)									
Ninguna	9,1	4,6	20,0	0,0	6,9	17,7	4,8	9,0	*
Enfermedades	81,8	63,6	48,0	70,0	72,4	47,1	71,4	64,1	
Falta alimentos	9,1	9,1	0,0	25,0	17,2	23,5	4,8	12,4	
Depredadores	0,0	18,2	32,0	5,0	0,0	5,9	19,1	12,4	
Otros	0,0	4,6	0,0	0,0	3,5	5,9	0,0	2,1	
Cómo te gustaría que te ayudara la DIRCAMS (%)									
Ninguna	45,5	13,6	20,0	0,0	0,0	23,5	66,7	21,4	***
Capacitaciones	27,3	77,3	40,0	55,0	75,9	17,7	33,3	50,3	
Siembra de pastos	27,3	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	2,8	
Cobertizos	0,0	0,0	4,0	0,0	3,5	47,1	0,0	6,9	
Medicamentos	0,0	4,6	32,0	45,0	20,7	5,9	0,0	17,2	
Préstamo de reproductores	0,0	4,6	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	
Qué futuro le ves a la actividad (%)									
Optimista	72,7	45,5	44,0	70,0	34,5	52,9	42,9	49,0	***
Pesimista	18,2	54,6	44,0	25,0	3,5	11,8	33,3	27,6	
No sabe	9,1	0,0	12,0	5,0	62,1	35,3	23,8	23,5	

*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001; n.s.: no significativo.

Resultados del análisis de componentes principales (ACP)

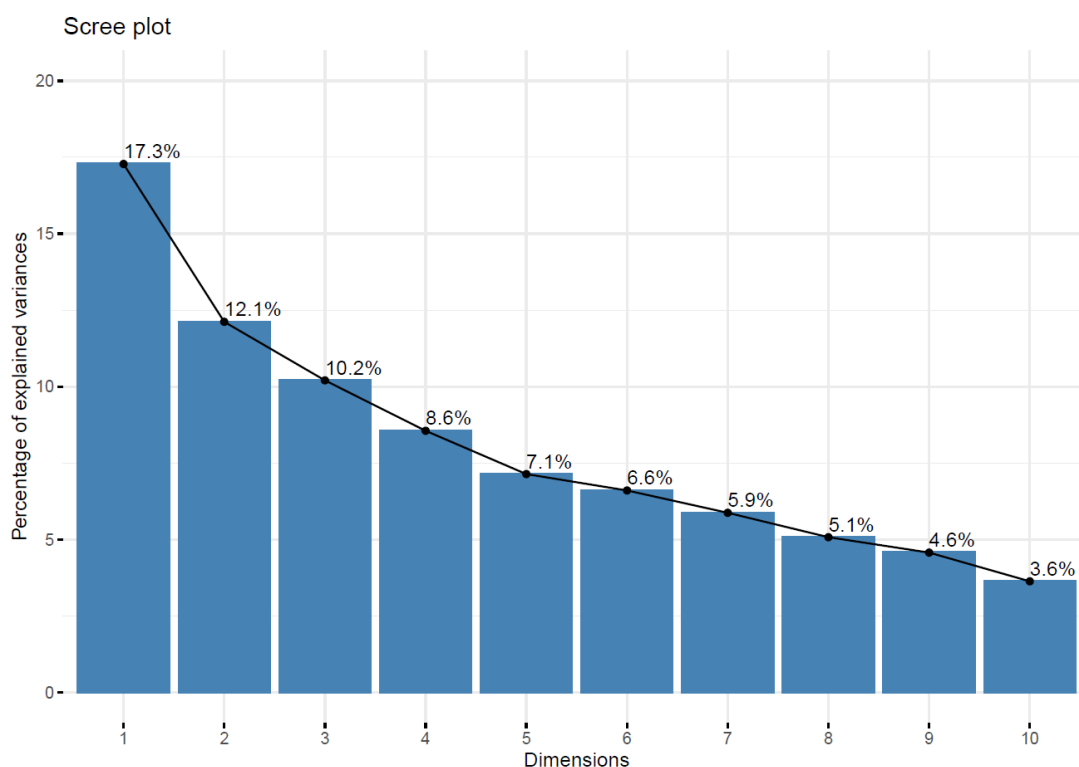
Como punto de partida se determinó las correlaciones entre las variables cuantitativas (Extensión de terreno para la crianza de llamas - EXLL, Cantidad de llamas - LLAM, Cantidad de alpacas - ALPA, Cantidad de OVIN, Nivel educativo - NEDU, Edad del productor - EDAD, Horas diarias de pastoreo de la llamas - HDPL, Porcentaje de terreno propio - PPRO, Cantidad de vacunos – VACU e Ingreso por ganadería - IGAN) y los índices (Índice de manejo sanitario - IMSA, Índice de infraestructura - IDIN, Índice de arraigo e implicación familiar - IAIF, Índice de manejo de pasturas - IMPA, Índice de diversificación económica - IDEC, Índice de servicios básicos - ISBA, Índice de manejo reproductivo – IMRE e Índice de manejo genético - IMGE) de las explotaciones (Gráfico 1). Posterior a ello, y previo a la utilización del ACP, se determinó el índice de Kaiser-Meyer-Olkin (0,61 en promedio), con la finalidad de determinar la pertinencia de la utilización del ACP. El índice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) permite comparar la magnitud de los coeficientes de correlación observados con la magnitud de los coeficientes de correlación parcial, varía entre 0 y 1. Los valores menores de 0,5 indican que no debe de utilizarse el análisis factorial.

Gráfico 1. Correlaciones entre variables e índices de explotaciones de llamas de la región de Huancavelica.



En el análisis de componentes principales encontramos siete factores principales (con valor propio mayor que 1) que explican el 67,8% de la variación total de la muestra (Gráfico 2). De estos siete factores, el primer componente principal explica el 17,3% de la variación, mientras que el segundo explica el 12,1%, el tercero el 10,2%, el cuarto el 8,6%, el quinto el 7,1%, el sexto el 6,6% y el séptimo el 5,9%.

Gráfico 2. Porcentaje de varianzas explicadas por los diferentes componentes principales.



En la Tabla 13 y 14, se observan la contribución de cada variable a cada componente, así como los coeficientes de correlación entre las variables y los componentes. Al primer componente, las variables que más contribuyen son: la cantidad de llamas – LLAM (19,3%), la extensión de terreno para la crianza de llamas – EXLL (18,4%), el índice de servicios básicos – ISBA (12,6%), la cantidad de ovinos – OVIN (12,4%), los ingresos por ganadería – IGAN (10,2%) y la cantidad de alpacas – ALPA (10,1%). Este componente que explica el 17,3% de la varianza total es indicativa de dimensión ganadera, caracterizando a explotaciones con una buena dotación ganadera (pequeños rumiantes y camélidos) y con superficie abundante dedicada al ganado, sin embargo, la dotación de servicios es muy baja. El segundo componente, que explica el 12,1% de la varianza las variables que más contribuyen son: la cantidad de vacunos – VACU (20,9%), el porcentaje de terreno propio – PPRO (17,2%), las horas diarias de pastoreo de las llamas – HDPL (13,7%) y el índice de diversificación económica – IDEC (9,6%). Este

componente caracteriza a explotaciones más diversificadas con un número elevado de bovinos y alto porcentaje de superficie propia, presentando una correlación negativa con las horas de pastoreo de las llamas. El tercer componente explica el 10,2% de la varianza, las variables que más contribuyen son: el índice de manejo genético – IMGE (31,2%), el índice de manejo reproductivo - IMRE (19,4%) y el índice de manejo sanitario – IMSA (13,9%), es decir se trata de un componente indicativo de explotaciones más profesionalizadas, desde el punto de vista técnico, en las que cuidan los aspectos genéticos, reproductivos y sanitarios del ganado, y en las que es habitual la presencia de alpacas. Al cuarto componente, que explica el 8,6% de la varianza, las variables que más contribuyen están relacionadas con las características de los criadores: edad – EDAD (19,6%) y nivel educativo – NEDU (18%), enfrentando así explotaciones cuyos criadores son más mayores con las que tienen un mayor nivel educativo. Al quinto componente, que explica el 7,1% de la varianza, las variables que más contribuyen son: el índice de manejo sanitario – IMSA (17,7%), el índice de manejo reproductivo – IMRE (15%) y el índice de manejo de pasturas – IMPA (14,7%), contraponiendo explotaciones con altos índices de manejo reproductivo y para las que también el manejo de los pastos destinados a la alimentación es importante frente a explotaciones con altos índices de gestión sanitaria. Al sexto componente, que explica el 6,6% de la varianza, las variables que más contribuyen son: el índice de infraestructura – IDIN (15,6%), el índice de manejo de pasturas – IMPA (13,8%) y nivel educativo – NEDU (13,1%). Este componente contrapone explotaciones con alto índice de infraestructuras frente a las que presentan una mayor dedicación al cuidado de la alimentación a través de los pastos y un mayor nivel educativo. Finalmente, al séptimo componente, que explica el 5,9% de la varianza, las variables que más contribuyen son: el índice de arraigo e implicación familiar – IAIF (40,2%) y el índice de infraestructura – IDIN (20%), observándose una relación positiva entre ellas, lo que puede interpretarse como que las explotaciones con mayor arraigo también han ido acumulando infraestructuras.

En resumen, los resultados encontrados en el presente estudio respecto a los 7 componentes principales son similares a los reportados por varios autores (López-i-Gelats *et al.*, 2015; Ansaloni *et al.*, 2013; Valdivia *et al.*, 2013 y Postigo *et al.*, 2008), demostrando un alto grado de similitud entre las características de las explotaciones ubicadas en la región de Huancavelica con las de otras zonas altoandinas de Perú o de países vecinos.

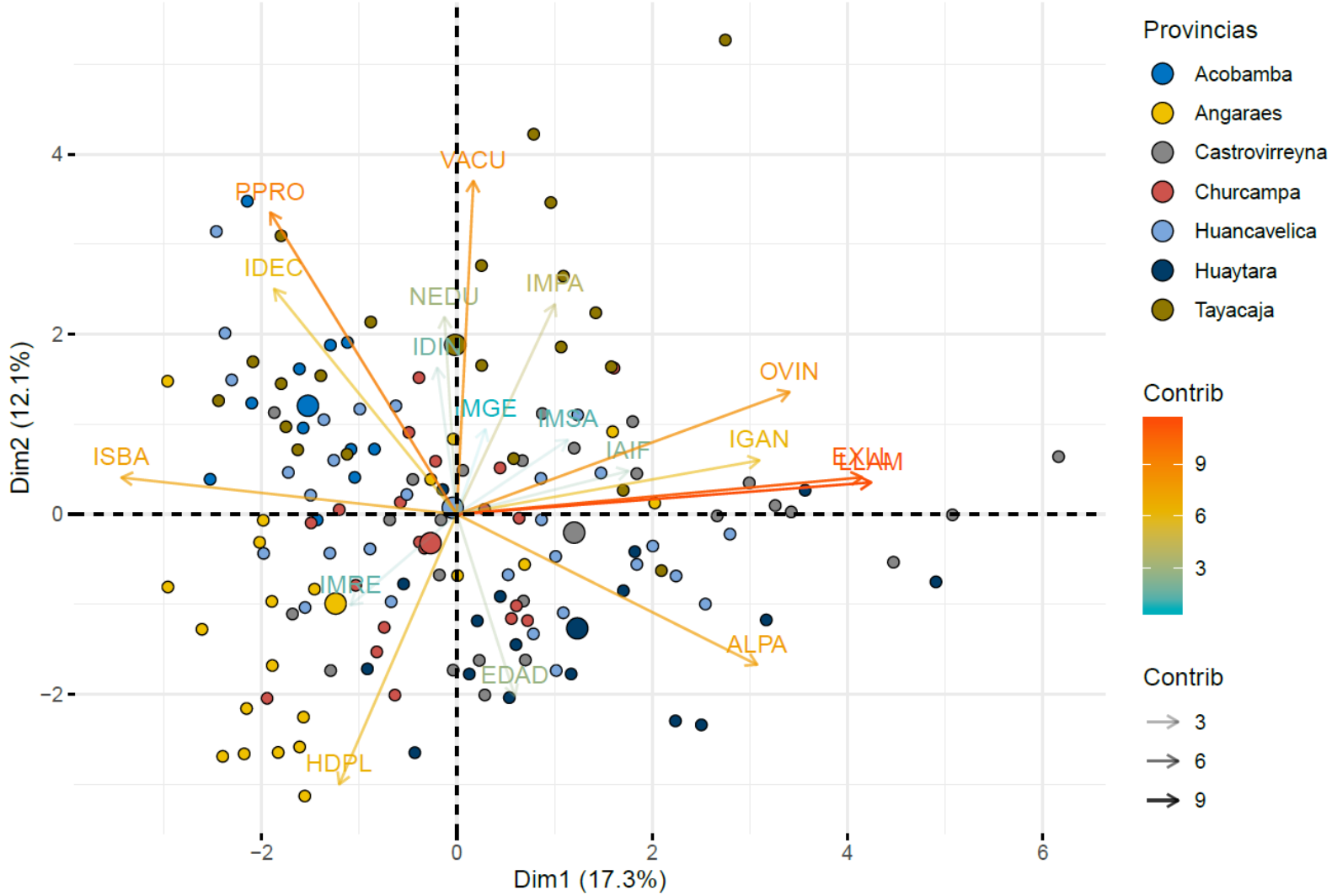
Tabla 13. Porcentaje de contribución de cada variable sobre cada componente.

Variables	Dim. 1	Dim. 2	Dim. 3	Dim. 4	Dim. 5	Dim. 6	Dim. 7
EDAD	0,378	6,235	1,308	19,636	9,560	6,616	6,618
NEDU	0,017	7,333	0,995	17,970	5,265	13,127	0,492
IGAN	10,279	0,548	0,230	9,004	6,983	1,706	0,575
EXLL	18,444	0,257	0,783	9,714	5,561	8,691	2,501
PPRO	3,907	17,161	2,962	2,831	0,508	2,358	1,134
ALPA	10,129	4,268	9,226	0,976	1,696	8,038	1,171
OVIN	12,428	2,819	0,072	3,320	0,005	1,605	0,161
VACU	0,031	20,936	1,128	4,387	9,766	0,002	0,036
LLAM	19,276	0,191	0,923	8,922	4,645	7,421	3,305
HDPL	1,554	13,742	1,023	0,531	4,777	4,840	3,217
IDEC	3,748	9,577	6,056	0,249	1,354	3,958	2,048
IDIN	0,043	4,045	4,203	0,928	1,685	15,576	20,009
ISBA	12,631	0,254	0,352	8,684	0,618	7,630	0,959
IMPA	1,080	8,310	4,692	0,044	14,659	13,776	5,763
IMRE	1,270	1,561	19,429	1,879	15,042	1,014	8,091
IMSA	1,385	1,043	13,920	0,561	17,667	2,996	1,440
IMGE	0,092	1,366	31,180	0,622	0,033	0,640	2,305
IAIF	3,306	0,353	1,517	9,743	0,177	0,006	40,175

Tabla 14. Coeficientes de correlación de cada variable con cada uno de los componentes principales.

Variables	Dim. 1	Dim. 2	Dim. 3	Dim. 4	Dim. 5	Dim. 6	Dim. 7
EDAD	0.108	-0.369	0.155	-0.550	0.351	0.281	0.265
NEDU	-0.023	0.400	0.135	0.526	-0.260	-0.395	0.072
IGAN	0.565	0.109	-0.065	-0.372	-0.300	-0.142	-0.078
EXLL	0.757	0.075	-0.120	0.387	0.267	0.322	-0.163
PPRO	-0.349	0.612	-0.233	-0.209	0.081	-0.167	-0.110
ALPA	0.561	-0.305	0.412	-0.123	-0.148	-0.309	-0.111
OVIN	0.622	0.248	-0.036	-0.226	-0.008	-0.138	-0.041
VACU	0.031	0.676	-0.144	-0.260	0.354	0.005	0.019
LLAM	0.774	0.065	-0.130	0.371	0.244	0.297	-0.187
HDPL	-0.220	-0.548	0.137	0.090	0.248	-0.240	0.184
IDEC	-0.341	0.457	0.334	-0.062	0.132	0.217	-0.147
IDIN	-0.037	0.297	0.278	-0.120	-0.147	0.430	0.460
ISBA	-0.627	0.074	0.080	0.366	-0.089	0.301	-0.101
IMPA	0.183	0.426	0.294	0.026	0.434	-0.405	0.247
IMRE	-0.199	-0.185	0.597	0.170	0.440	-0.110	-0.293
IMSA	0.208	0.151	0.506	-0.093	-0.477	0.189	-0.123
IMGE	0.054	0.173	0.757	-0.098	-0.021	0.087	-0.156
IAIF	0.321	0.088	0.167	0.387	-0.048	0.009	0.652

Gráfico 3. Biplot de variables e individuos (Componente 1 y 2).



En el Gráfico 3 se puede observar que la variable extensión de terreno para la crianza de llamas (EXLL) está muy relacionada de forma positiva con la variable cantidad de llamas (LLAM), también esa relación se puede apreciar con la cantidad de ovinos (OVIN) y alpacas (ALPA). Asimismo, se puede apreciar que EXLL y cantidad de vacunos (VACU) son casi independientes.

Por otro lado, se observa una relación negativa entre extensión de terreno para la crianza de llamas (EXLL) y el índice de servicios básicos (ISBA); la explicación para ello sería que las mayores extensiones de terreno para la crianza de llamas se encuentran a mayor altitud, en donde los servicios básicos son limitados en comparación con explotaciones que se ubican a menor altitud; esto podría deberse a que dichas explotaciones se encuentran alejadas de las ciudades. El porcentaje de ingresos por ganadería (IGAN), también se relaciona de forma positiva con la cantidad de animales, lo cual es coherente, mayor cantidad de animales más ingresos. Por otra parte, se puede apreciar que las explotaciones con menores extensiones de terreno tienen mayor porcentaje de terreno propio (PPRO); también se puede observar que las explotaciones que tienen buen índice de manejo de pasturas (IMPA) dedican menos horas diarias de pastoreo de llamas (HDPL).

El índice de manejo reproductivo (IMRE) y el índice de manejo genético (IMGE) están relacionados de forma positiva (Gráfico 4). Esto se debería básicamente a que en el manejo reproductivo y manejo genético se da énfasis a la identificación de animales y a la utilización de registros (productivos, genealogía, reproductivos, etc.). También se puede apreciar una relación entre la cantidad de alpacas y el índice de manejo genético.

En el Gráfico 5 se puede apreciar que hay una relación negativa entre la edad (EDAD) y el nivel educativo (NEDU) de los productores, lo que indica que los productores de mayor edad tienen un nivel educativo bajo (sin estudios o nivel primario). Definitivamente ello es cierto, ya que años atrás el índice de analfabetismo en Perú era más alto que en la actualidad, y las regiones que tenían tasas mayores que la media nacional estaban ubicadas en la sierra, sobre todo en las zonas altoandinas.

El índice de manejo reproductivo (IMRE) y el índice de manejo de pasturas (IMPA), son las variables que más contribuyen al componente 5 (Gráfico 6), estos índices tienen relación positiva, lo cual indicaría que explotaciones con buena disponibilidad de pasturas, tienen buen índice reproductivo.

El índice de infraestructura (IDIN) está relacionada ligeramente de forma positiva con la edad (EDAD) de los productores, lo que indica que explotaciones con dueños jóvenes tienen índices de infraestructura bajos (Gráfico 7). Ello sería a causa de que los dueños jóvenes recién están iniciando en esta actividad y por ello cuentan con infraestructura limitada en cantidad y diversidad, lo que se traduciría en índices de infraestructura bajos.

Las explotaciones que tienen buen índice de arraigo e implicación familiar (IAIF), tienen mejor infraestructura, esto probablemente debido a que generaciones anteriores invirtieron en infraestructura. También se puede apreciar que tienden a tener mayor extensión de terreno y cantidad de llamas (Gráfico 8).

Cabe mencionar que los estudios respecto a la caracterización de explotaciones de llamas son escasos; si a esto le añadimos que estos estudios consideraron menos variables para tal fin que el presente trabajo, la escasez se agudiza. Al comparar nuestros resultados con dichos estudios, observamos que existe una gran similitud entre las explotaciones ubicadas en las zonas altoandinas del Perú. Por ejemplo, López-i-Gelats *et al.* (2015) también reportan una relación positiva entre la cantidad de animales y la extensión de terreno, de igual manera reportan una correlación negativa entre la cantidad de camélidos domésticos y vacunos, lo que evidencia que en estos lugares no se desarrolla exitosamente la ganadería bovina, probablemente debido a que esta especie no se adapta (mal de altura) a las condiciones agrestes de estos lugares. También estos mismos autores reportan una correlación negativa entre la cantidad de llamas y la tenencia de tierra privada, ratificando que en estas zonas predomina la tenencia de tierra comunal. Por otro parte, Ansaloni *et al.* (2013) también indicaron que hay una relación entre la cantidad de animales y la extensión de terreno, de la misma manera indican que los ingresos dependen de la cantidad de animales y finalmente manifiestan que las explotaciones de las zonas altoandinas carecen de servicios básicos e infraestructura. Por otro lado, Valdivia *et al.* (2013) indican que las explotaciones ubicadas a mayor altitud únicamente tienen alpacas y llamas y solo desarrollan la actividad de ganadería; en cambio las explotaciones ubicadas a menos altitud tienen también ovinos y vacunos aparte de las llamas y alpacas y asimismo indican que complementan la ganadería con la agricultura. Igualmente, Postigo *et al.* (2008) manifiestan que la cantidad de animales está asociada a la extensión de terreno.

Gráfico 4. Biplot de variables e individuos (Componente 1 y 3).

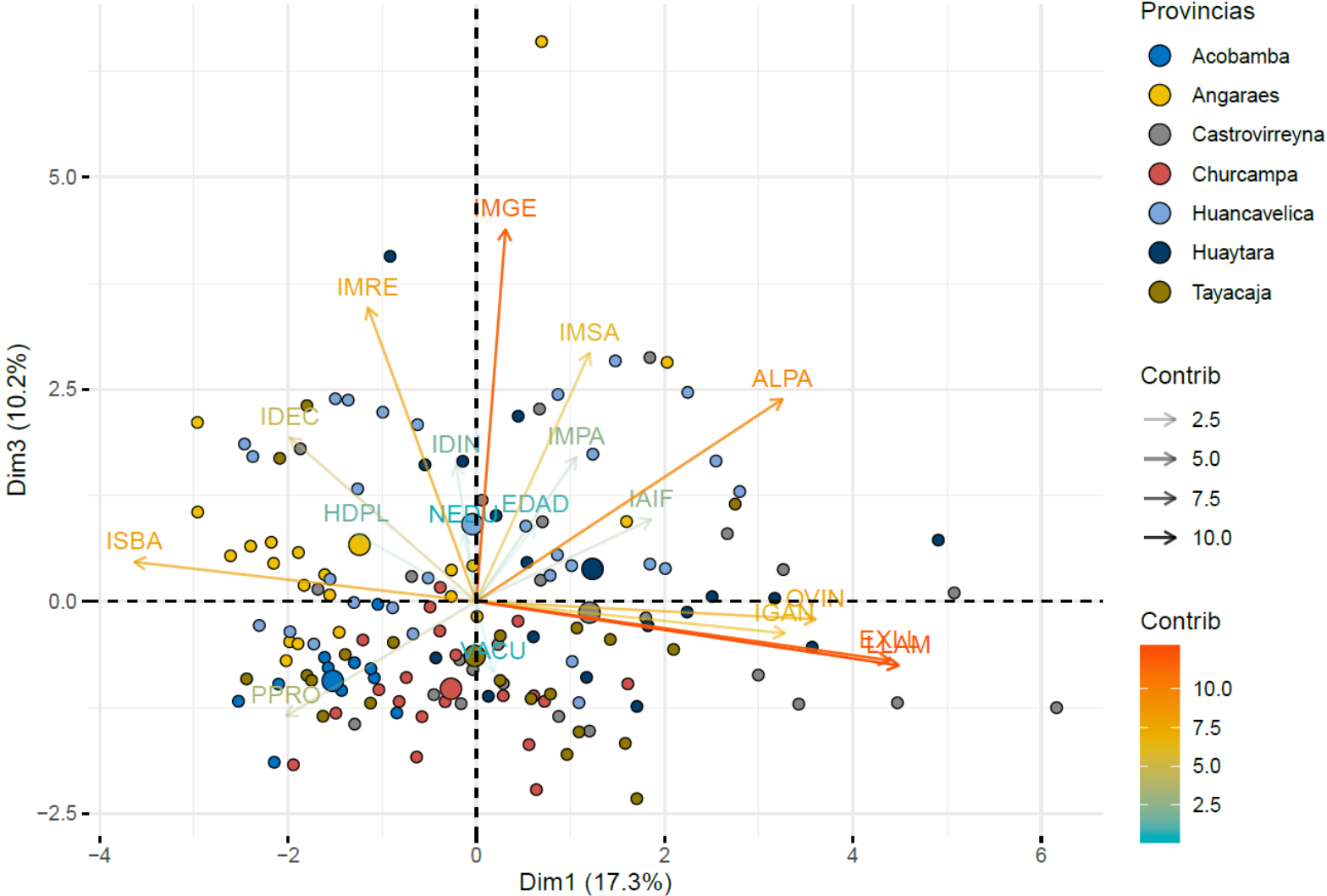


Gráfico 5. Biplot de variables e individuos (Componente 1 y 4).

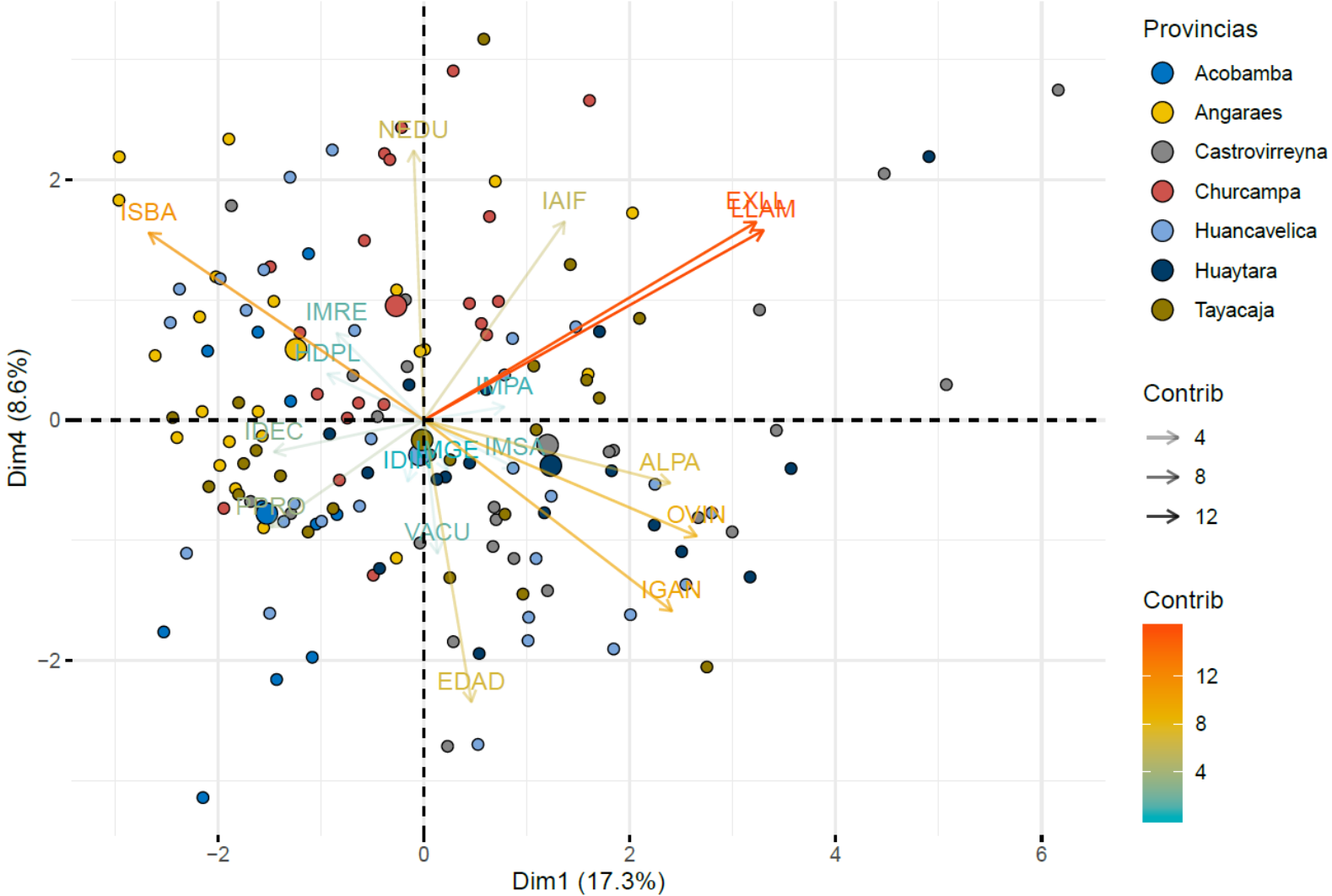


Gráfico 6. Biplot de variables e individuos (Componente 1 y 5).

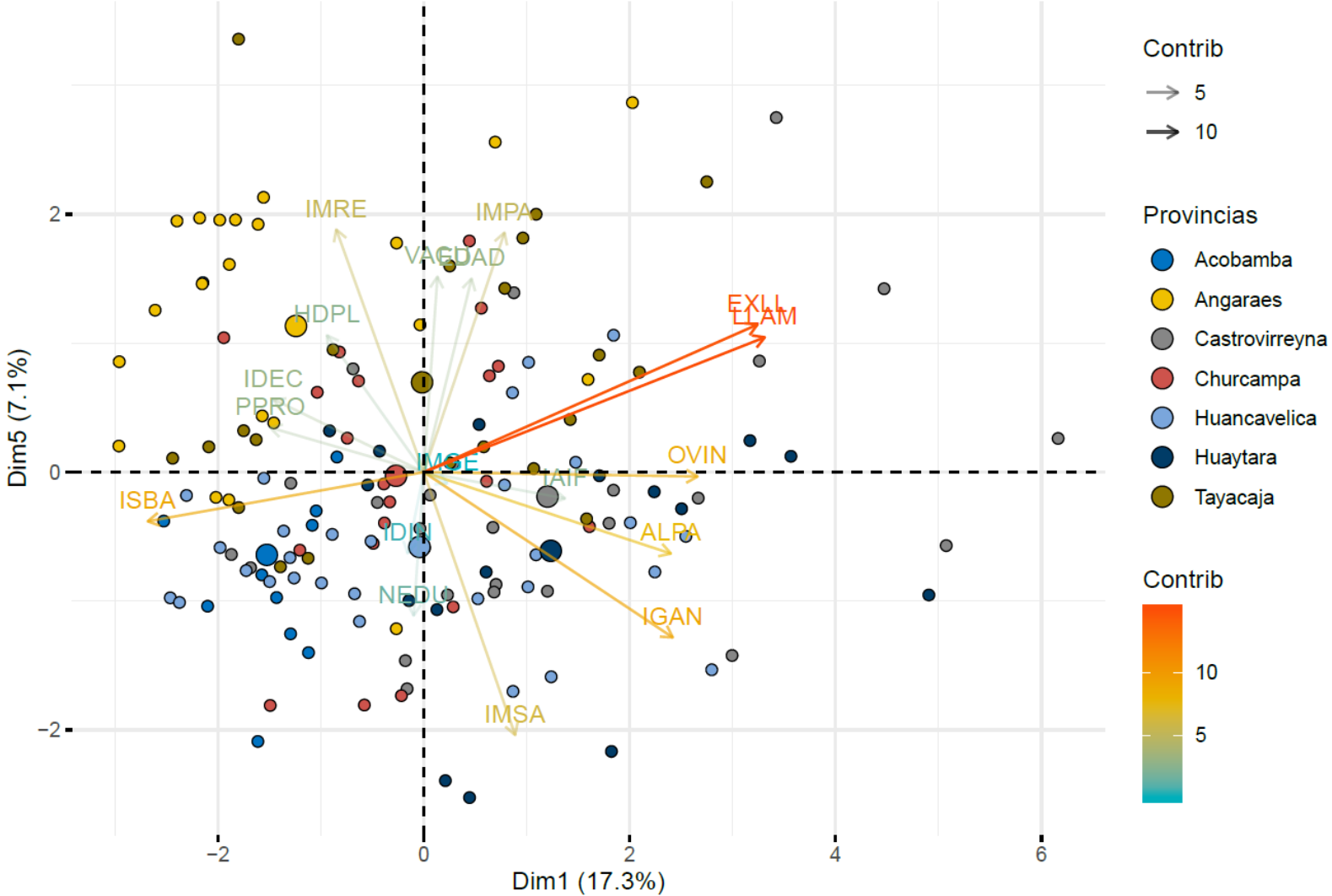


Gráfico 7. Biplot de variables e individuos (Componente 1 y 6).

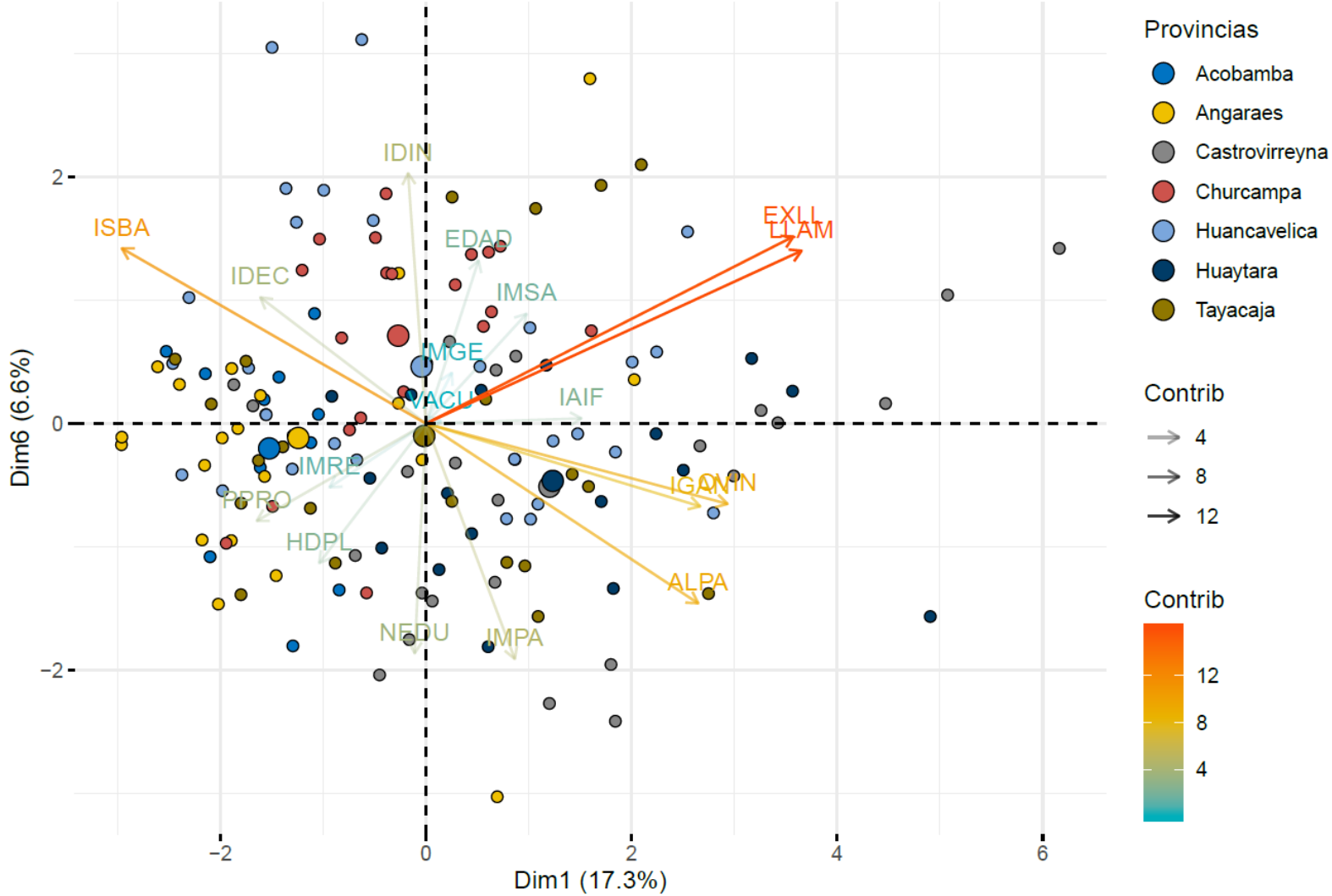


Gráfico 8. Biplot de variables e individuos (Componente 1 y 7).



Resultados del análisis de conglomerados (jerárquico)

Las 145 explotaciones de llamas fueron clasificadas en 3 grupos (Gráficos 9 y 10) de acuerdo al análisis de agrupamiento jerárquico (utilizando el método de Ward y distancia euclidiana), para lo cual no se utilizó las variables originales de la encuesta sino los valores de los componentes principales, con la finalidad de optimizar los resultados y realizar una mejor interpretación. Los grupos obtenidos muestran las diferencias de las explotaciones en el acceso a los recursos: tierra, trabajo y capital, y cómo esas diferencias marcan las estrategias seguidas por las explotaciones en relación a la diversificación, las especies predominantes y el manejo del ganado. Según el análisis de los valores correspondientes (Tabla 15) podemos describir a los grupos de la siguiente manera:

Grupo 1: Comprende la mayor cantidad de explotaciones (70), las cuales se caracterizan por ser explotaciones con pequeñas extensiones de terreno (gran porcentaje de ellos son terrenos de propiedad del criador), poca cantidad de animales (llamas, alpacas y ovinos), bajos ingresos por ganadería y gran porcentaje de ellos cuentan con servicios básicos. En general se trata de explotaciones que diversifican sus ingresos y tienen poco arraigo familiar.

Grupo 2: Incluye 42 explotaciones, las cuales se caracterizan por estar muy especializadas en la producción de alpacas, siendo regular la cantidad de llamas y ovinos. Este grupo destaca por presentar índices de manejo sanitario y genético más elevados, indicando una mayor profesionalización ganadera. Los ingresos por ganadería son altos y un gran porcentaje de explotaciones carecen de servicios básicos.

Grupo 3: A este grupo pertenece la menor cantidad de explotaciones (33), las cuales se caracterizan por ser las que cuentan con un mayor número de llamas, ovinos y vacunos, siendo media la cantidad de alpacas. También es el grupo que dispone de mayores extensiones de terreno (entre comunales y propios). Junto al grupo 2 y a diferencia del grupo 1, el porcentaje de ingresos que proviene de la ganadería es alto, siendo baja la disponibilidad de servicios básicos.

Tal como se observa en el Gráfico 10, el grupo 1 y 3 están claramente diferenciados en relación a los valores de la primera componente principal, tomando valores intermedios el grupo 2. Algunas similitudes en los componentes principales obtenidos en el ACP y posterior tipología pueden observarse entre las agrupaciones determinadas en el presente trabajo y las reportadas por López-i-Gelats *et al.* (2015), a pesar de que ellos

caracterizaron explotaciones de alpacas y consideraron variables ligadas a la comercialización principalmente. Se puede apreciar que la clasificación de las explotaciones de llamas y alpacas gira en torno a la cantidad de animales, tipo de terreno (comunal y privado), extensión de terreno y tipo de animales (llamas, alpacas, ovinos, vacunos, etc.) principalmente.

Por otro lado, se puede apreciar que únicamente en el índice de infraestructura (IDIN), índice de manejo reproductivo (IMRE) y en el nivel educativo de los criadores (NEDU) no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre clústeres (Tabla 15), lo que indica que estas características son similares en los tres grupos de explotaciones de llamas de la región de Huancavelica obtenidos en la tipología.

Gráfico 9. Conglomerado de las explotaciones de llamas de la región de Huancavelica.

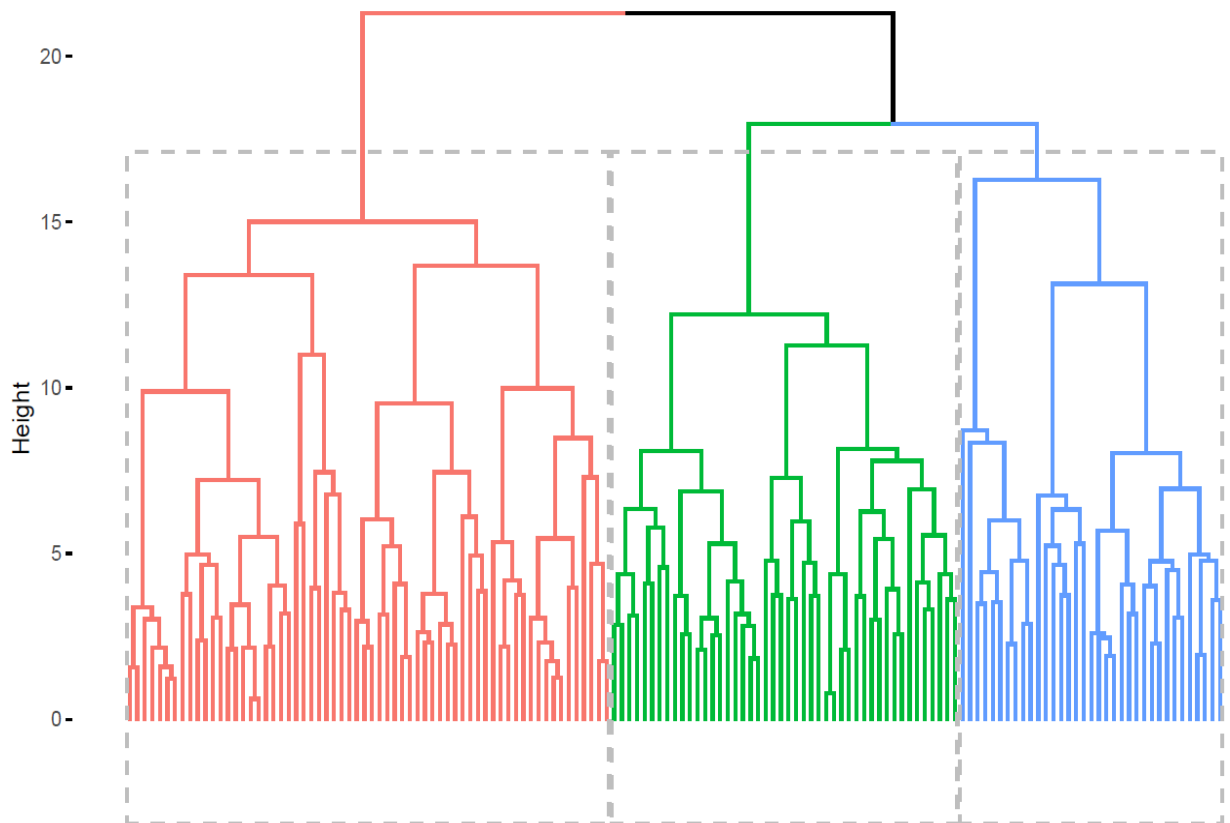


Gráfico 10. Agrupaciones de las explotaciones de llamas de la región de Huancavelica.

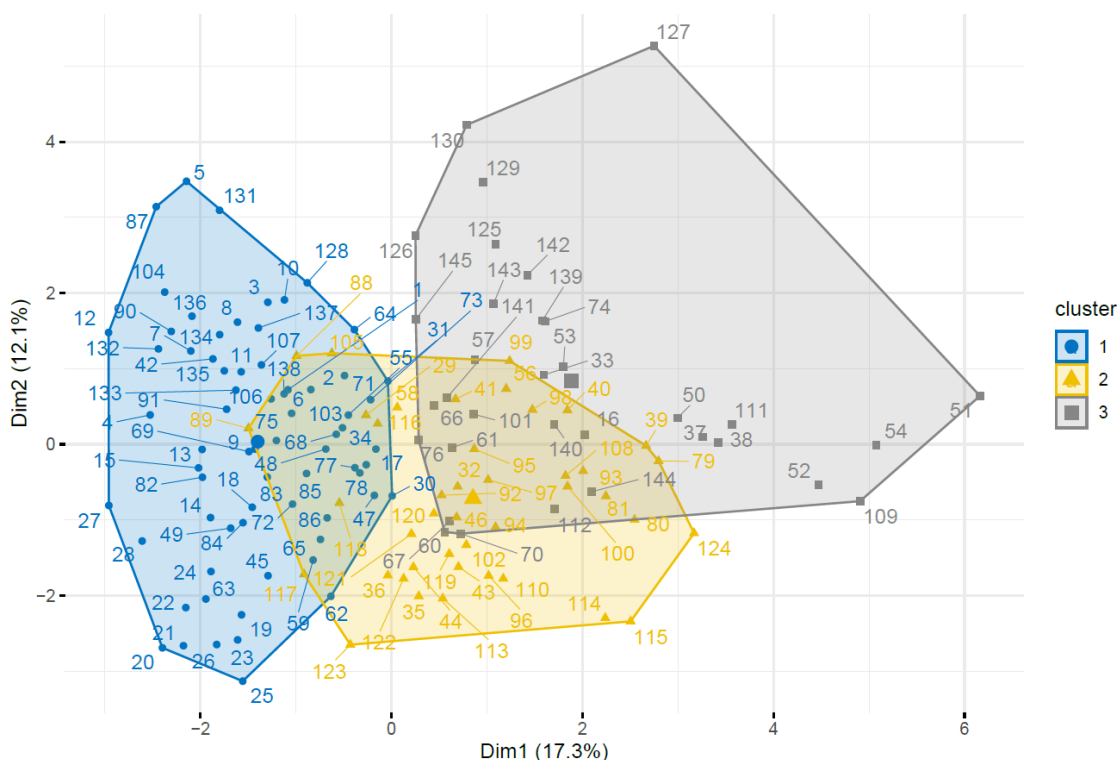


Tabla 15. Medias y error estándar (E.E.) de variables e índices por grupos.

Variables/Índices	N	Grupos						Sig.
		Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		
		Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	
ALPA		13,4 ^c	2,5	155,7 ^a	15,4	57,1 ^b	18	***
EXLL		4,7 ^b	0,4	6,1 ^b	0,6	16,8 ^a	1,3	***
IGAN		62,6 ^b	3,3	90,2 ^a	2,8	82,9 ^a	3,3	***
ISBA		3,8 ^a	0,2	1,2 ^b	0,2	1,5 ^b	0,3	***
LLAM		16,2 ^b	1,1	22,2 ^b	2,3	55 ^a	3,2	***
OVIN		22,4 ^b	2,5	57,2 ^a	9,2	80,3 ^a	12,8	***
PPRO		42,1 ^a	5,9	5,5 ^b	3,4	24,9 ^{ab}	7,5	***
EDAD		46,1 ^b	1,6	57,8 ^a	2	47,9 ^b	2,5	***
HDPL		9 ^a	0,2	8,9 ^{ab}	0,2	8,2 ^b	0,1	**
IAIF		1,9 ^b	0,1	2,3 ^a	0,1	2,4 ^a	0,2	**
IDEC		4,1 ^a	0,2	3,4 ^b	0,2	3,5 ^b	0,2	**
IDIN		1,2	0,1	1,6	0,2	1,3	0,2	n.s.
IMGE		0,2 ^b	0,1	1,1 ^a	0,2	0,3 ^b	0,2	***
IMPA		0,1 ^b	0,05	0,2 ^{ab}	0,08	0,4 ^a	0,1	*
IMRE		0,6	0,1	0,5	0,2	0,2	0,1	n.s.
IMSA		1,6 ^b	0,1	2,5 ^a	0,2	1,6 ^b	0,2	***
NEDU		1,1	0,1	0,9	0,1	1,2	0,1	n.s.
VACU		3,4 ^b	0,6	1,7 ^b	0,4	7,6 ^a	1,5	***

*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001; n.s.: no significativo.

Medias con letras diferentes en filas denotan diferencias estadísticamente significativas.

1.4. Conclusiones

- Las explotaciones de llamas crían pequeños rebaños de unas 27 llamas en promedio, con la finalidad de aprovechar principalmente su carne y como animales de carga (transporte). La mayoría de las explotaciones tienen una tendencia descendente de la población de llamas.
- La mayoría de las personas dedicadas a la crianza de llamas son de avanzada edad, con limitado nivel educativo y organizados deficientemente.
- Las explotaciones presentan inadecuadas vías de acceso, la mayoría no tiene acceso a servicios básicos (energía eléctrica, agua potable y desagüe), carecen de infraestructura básica para la crianza de llamas y prevalece el régimen de tenencia de tierra comunal y de minifundio.
- La crianza de llamas corresponde a sistema extensivo, constituido por rebaños mixtos, donde la mano de obra está integrada por los miembros de familia, y es complementada con otras actividades económicas (agricultura, minería, construcción y artesanía), las cuales dependen de la altitud donde están ubicadas.
- En las explotaciones estudiadas, la alimentación de las llamas depende fundamentalmente de los pastos naturales, donde predomina el pastoreo libre y no cuentan con un plan de manejo y conservación de dichos recursos.
- En la mayoría de las explotaciones la reproducción se desarrolla mediante monta libre, lo cual conlleva a la ausencia de información reproductiva y genealógica y esto no permite monitorear ni tomar medidas para mejorar la eficiencia reproductiva de las llamas.
- Los criadores de llamas generalmente no utilizan un calendario de manejo sanitario. Las enfermedades más frecuentes que les aquejan son la sarna y piojera en animales adultos y la neumonía y diarrea en crías.
- En la mayoría de las explotaciones las llamas no están identificadas, trayendo como consecuencia la ausencia de registros productivos y de genealogía. Esto es una limitante para realizar evaluaciones genéticas de estos animales para seleccionar en base a su mérito genético. Los pocos criadores que realizan

selección utilizan criterios de selección poco objetivos como el fenotipo (tamaño) y la edad.

- Una reducida cantidad de explotaciones realiza actividades (intercambio y compra de reproductores) para controlar la consanguinidad.
- La mayoría de las explotaciones comercializa la carne y un número reducido comercializa la fibra. Los precios que se le paga por estos productos son bajos. La comercialización de estos productos no se realiza directamente en el mercado, sino se venden a intermediarios denominados comerciantes.
- Casi la totalidad de los criadores no ha recibido asistencia técnica, lo que confirma el abandono de esta especie por parte del sector agrario en la región de Huancavelica. Por otro lado, a los criadores les gustaría que se les ayudara a potenciar la producción de las llamas.
- Una cantidad limitada de explotaciones ve con optimismo la actividad crianza de llamas.
- Se puede tipificar las explotaciones de llamas en la región de Huancavelica, en tres grupos: 1) Con pequeñas extensiones de terreno (terrenos propios), poca cantidad de animales (llamas, alpacas y ovinos), bajos ingresos por ganadería y gran porcentaje de ellos cuentan con servicios básicos; 2) Con regulares extensiones de terreno (comunales), buena cantidad de alpacas, regular cantidad de llamas y ovinos, buenos ingresos por ganadería y gran porcentaje de ellos carecen de servicios básicos y 3) Con grandes extensiones de terreno (comunales y propios), regular cantidad de alpacas y buena cantidad de llamas, ovinos y vacunos. Presenta similitud con el grupo 2 en el alto porcentaje de ingresos que proviene de la ganadería y en la baja disponibilidad de servicios básicos.

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN ZOOMÉTRICA DE LLAMAS DE LA REGIÓN DE HUANCVELICA DEL PERÚ

2.1. Introducción

La crianza de camélidos sudamericanos, desde la época prehispánica, ha sido de vital importancia para los pobladores altoandinos (Wheeler, 1995), los cuales se encuentran distribuidos en las regiones de Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cusco, Huancavelica, Junín y Puno del Perú. La llama (*Lama glama*) es el camélido doméstico más desarrollado y mejor adaptado a las difíciles condiciones ambientales de las zonas altoandinas. En la actualidad, la llama constituye un recurso zoogenético de gran importancia social y económica para aproximadamente 356.827 pequeños criadores (Caballero y Flores, 2006). Pese a la importancia económica que tiene este recurso zoogenético para una buena cantidad de personas, en Perú, específicamente en la región de Huancavelica, no se ha realizado estudios para una buena gestión de dicho recurso, mucho menos teniendo en cuenta las directrices establecidas por la FAO, las cuales indican que la gestión de los recursos zoogenéticos debe centrarse en el mantenimiento de la diversidad genética. Para ello se debe desarrollar todas las operaciones de orden técnico, político y logístico implicadas en comprender (caracterización), usar y desarrollar (utilización), mantener (conservación), acceder y compartir los beneficios de los recursos zoogenéticos (FAO, 2010). En ese contexto, la caracterización constituye un paso importante para una adecuada gestión y conservación de los recursos zoogenéticos. La caracterización racial de cualquier especie requiere que se realicen estudios de forma (morfológicos), de estructura y color del pelo y la piel (fanerópticos), de estructura ósea (morfoestructurales), funcionales (productivos), de comportamiento (etológicos) y de la estructura del ADN (nuclear y mitocondrial) (Luque, 2011). La caracterización morfológica se basa en la obtención de los valores promedio poblacionales para una serie de caracteres externos de naturaleza cuantitativa como peso, alzas, perímetros y diámetros (Delgado *et al.*, 2001), que son importantes para describir, diferenciar e identificar a individuos de un grupo poblacional definido. Desde un punto de vista práctico relacionado a otras áreas del conocimiento como la genética, fisiología, reproducción y producción animal, permite una mejor valoración productiva del individuo o de una raza. Por todo lo mencionado, el

objetivo del presente capítulo fue realizar una caracterización zoométrica de las llamas de la región de Huancavelica del Perú.

2.2. Materiales y métodos

Ámbito de estudio y tamaño muestral

Se trabajó con 442 llamas de la raza K'ara (314 hembras y 128 machos), 93 de dientes de leche - DL (de 0 a 22 meses), 75 de dos dientes – 2D (de 2 a 3 años), 89 de cuatro dientes – 4D (de 3 a 4 años) y 185 de boca llena - BLL (mayor de 4 años), las cuales fueron elegidas al azar de siete provincias (Acobamba, Angaraes, Castrovirreyna, Churcampa, Huancavelica, Huaytara y Tayacaja) de la región Huancavelica de Perú. Los datos fueron recabados entre octubre de 2017 y abril de 2018.

Recogida de datos

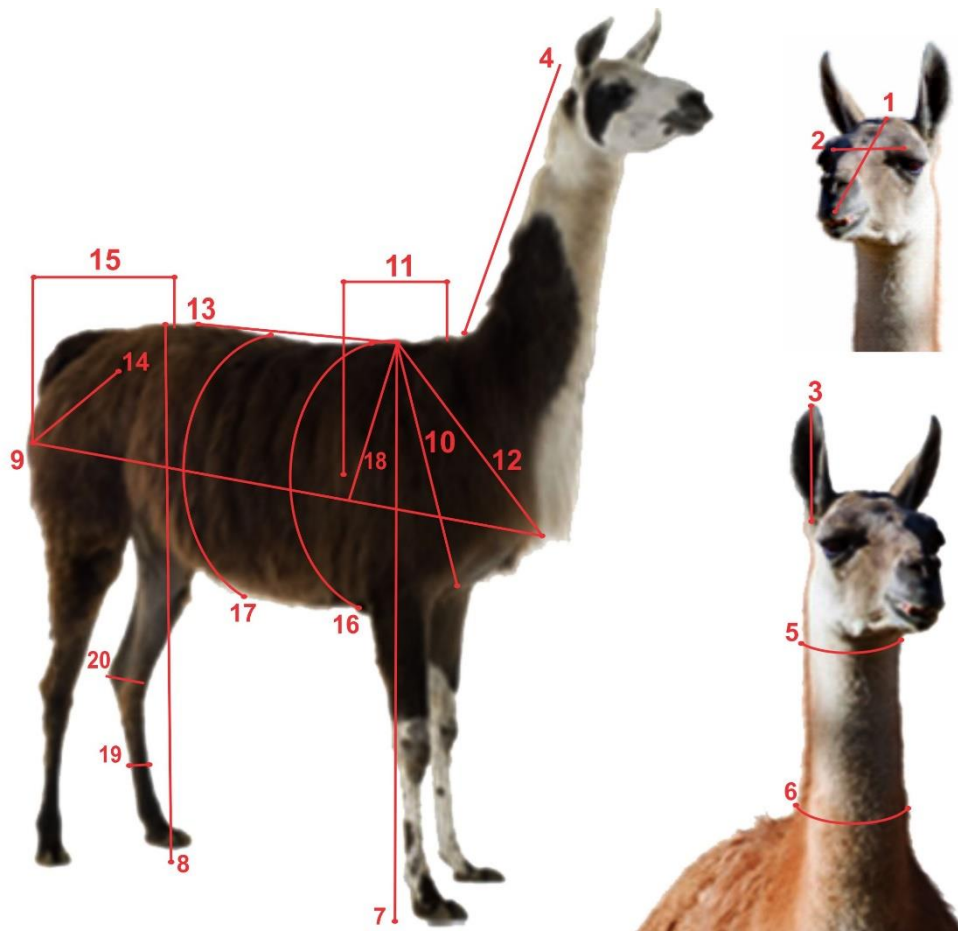
Con el fin de establecer el estándar morfológico cuantitativo de la llama, el primer paso que se realizó fue la elección de las variables morfológicas. Tras consultar referencias bibliográficas (Cano *et al.*, 2012; García y Franco, 2002; Quina, 2015; Quispe *et al.*, 2016) se escogió un total de 20 variables (Figura 5), que dependiendo de la región corporal se agruparon en tres categorías según fueran medidas cefálicas, del tronco o de las extremidades. A continuación, se definen las medidas zoométricas:

- Medidas cefálicas
 - Longitud de la cabeza (Long_Cabeza): Distancia entre la protuberancia del occipital (región de la nuca) hasta el labio superior del animal.
 - Anchura de la cabeza (Anch_Cabeza): Distancia entre las arcadas cigomáticas.
 - Largo de las orejas (Larg_Orejas): Longitud entre la base a la punta de las orejas.
 - Longitud del cuello (Long_Cuello): Distancia entre la articulación atlanto-occipital hasta la última vértebra cervical.
 - Perímetro superior del cuello (Per_Sup_Cuello): Medida tomada alrededor del cuello, primera vértebra cervical.
 - Perímetro inferior del cuello (Per_Inf_Cuello): Medida tomada alrededor de la séptima vértebra cervical.
- Medidas del tronco
 - Alzada a la cruz (Alz_Cruz): Distancia entre la parte más alta de la cruz y el suelo.

- Alzada a la grupa (Alz_Grupa): Distancia desde el suelo hasta el punto de unión de la región del lomo con la grupa.
- Diámetro longitudinal (Dia_Long): Distancia entre la punta del encuentro y la punta del isquion.
- Diámetro dorso-esternal (Dia_Dor_Ester): Distancia entre el punto de mayor declive de la cruz y el punto de mayor curvatura del esternón.
- Diámetro bicostal (Dia_Bicost): Distancia entre ambos planos costales, tomando como referencia los límites de la región costal con los del miembro anterior (en las proximidades del codo).
- Longitud de espalda (Long_Espalda): Distancia entre el punto más alto de la cruz y la punta del encuentro.
- Longitud dorso-lomo (Long_Dorso_Lomo): Distancia entre el punto más declive de la cruz, hasta el punto de unión de la región de los lomos con la de la grupa.
- Longitud de grupa (Long_Grupa): Distancia entre la punta del anca (tuberosidad iliaca externa) y la punta del isquion.
- Anchura de grupa (Anch_Grupa): Es la distancia interiliaca.
- Perímetro torácico (Per_Toracico): Es la medida del contorno del tórax. Se mide con cinta rodeando totalmente el tórax: desde la parte más declive de la cruz, planos costales, región de la cinchera, hasta llegar nuevamente, al punto de origen.
- Perímetro Abdominal (Per_Abdominal).
- Medidas de las extremidades
 - Distancia codo-cruz (Dist_Codo_Cruz): Distancia entre el punto más alto de la cruz y la punta del codo.
 - Perímetro de la caña (Per_Caña): Longitud del círculo recto que se forma en el tercio superior de la caña (inmediatamente por debajo del carpo).
 - Perímetro del carpo o la rodilla (Per_Car_Rod): Longitud del círculo recto que se forma alrededor del carpo (por su parte más ancha).

Las medidas fueron obtenidas con la ayuda de un bastón zoométrico, compás de brocas y una cinta métrica. La unidad de medida utilizada fue el centímetro.

Figura 5. Medidas biométricas analizadas en llamas de la región de Huancavelica.



- | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Longitud de cabeza | 11 Diámetro bicostal |
| 2 Anchura de cabeza | 12 Longitud de espalda |
| 3 Largo de las orejas | 13 Longitud dorso-lomo |
| 4 Longitud del cuello | 14 Longitud de grupa |
| 5 Perímetro superior del cuello | 15 Anchura de grupa |
| 6 Perímetro inferior del cuello | 16 Perímetro torácico |
| 7 Alzada a la cruz | 17 Perímetro abdominal |
| 8 Alzada a la grupa | 18 Distancia codo-cruz |
| 9 Diámetro longitudinal | 19 Perímetro de la caña |
| 10 Diámetro dorso-esternal | 20 Perímetro del carpo o la rodilla |

Cálculos de índices zoométricos

Según Parés (2009) los índices zoométricos aportan información para la diagnosis racial, para la determinación de estados somáticos predispositivos a determinadas funcionalidades y para determinar el dimorfismo sexual en los animales. Estos índices surgieron y son utilizados de forma especial en el ganado bovino, pero se puede hacer extensivo a otras especies según Aparicio (1960). También varios trabajos de caracterización realizados en diferentes especies (vacunos, equinos, caprinos, ovinos,

etc.) utilizando estos índices, ratifican su aplicabilidad. Por ello después de consultar diversas fuentes (Aparicio, 1960; Gómez, 2013; Quina, 2015; Sañudo, 2009) se calcularon los siguientes índices:

▪ Índices etnológicos

- Índice corporal (ICO) = $\frac{\text{Diámetro longitudinal}}{\text{Perímetro recto del pecho}} \times 100$. Este índice nos da una estimación sobre las proporciones de los animales. Permite clasificar de acuerdo con la sistemática baroniana, en brevis (≤ 85), meso (entre 86 y 88) o longilíneos (≥ 90) a los animales.
- Índice torácico (ITO) = $\frac{\text{Diámetro bicostal}}{\text{Diámetro dorso-esternal}} \times 100$. El índice torácico refleja las variaciones en la forma de la sección torácica, siendo mayor (más circular) en el ganado de carne y menor (más elíptico) en el ganado lechero. Para las razas mediolíneas tenemos un índice entre 86 y 88, situándose el brevilíneo en 89 o más y el longilíneo en 85 o menos.
- Índice cefálico (ICE) = $\frac{\text{Anchura de cabeza}}{\text{Longitud de cabeza}} \times 100$. Este índice nos muestra si las proporciones de la cabeza son armónicas. Permite clasificar a los animales en dolico, braqui o mesocéfalos, es decir, animales con cabeza alargada, ancha o proporcionada, respectivamente.
- Índice pelviano (IPE) = $\frac{\text{Anchura de grupa}}{\text{Longitud de grupa}} \times 100$. Este índice indica la relación entre anchura y longitud de pelvis, lo que refleja una pelvis proporcionalmente más ancha que larga o al revés.
- Índice de proporcionalidad (IPRO) = $\frac{\text{Diámetro longitudinal}}{\text{Alzada a la cruz}} \times 100$. La interpretación de este índice resulta sin duda más intuitiva que el tradicional índice corporal o torácico, ya que señala que a menor valor el animal se aproxima más a un rectángulo, forma predominante en los animales de aptitud carnífera.

▪ Índices funcionales

De aptitud cárnica

- Índice de profundidad relativa de tórax (IPRT) = $\frac{\text{Diámetro dorso-esternal}}{\text{Alzada a la cruz}} \times 100$.
Corresponde al “índice de profundidad” de Alderson. Se considera mejor cuanto más exceda de 50.

- Índice pelviano transversal (IPET) = $\frac{\text{Anchura de grupa}}{\text{Alzada a la cruz}} \times 100$. Con este índice se pretende obtener una cifra indicadora de la amplitud de la grupa, rica en masas musculares, con relación a la alzada o corpulencia del animal. Se considera mejor cuanto más ascienda sobre la cifra aproximada de 33.
- Índice pelviano longitudinal (IPEL) = $\frac{\text{Longitud de grupa}}{\text{Alzada a la cruz}} \times 100$. Este índice es sencillamente complemento del anterior, queriendo expresar con él la misma finalidad. Se recomienda que no pase mucho de 37 en animales de producción cárnica, ya que ello indicaría encontrarnos ante un animal excesivamente longilíneo.
- Índice de compacidad (ICOMP) = $\frac{\text{Peso}}{\text{Alzada a la cruz}}$. Otro de los índices con que expresamos la proporcionalidad general del organismo, especialmente en cuanto a robustez y alzada se refiere. Con él se trata de consignar numéricamente la relación existente entre el peso y la altura o alzada a la cruz, será de tanto más valor, cuanto numéricamente se aproxime más a 100.

De aptitud lechera

- Índice metacarpotorácico o dácilo torácico (IMETO) = $\frac{\text{Perímetro de la caña}}{\text{Perímetro recto del pecho}} \times 100$. Un índice menor indica un tipo más alto de patas y más liviano, tendente a un tipo de velocidad; un aumento en este índice indica una tendencia hacia un tipo de fuerza. El índice dácilo-torácico proporciona igualmente una idea del grado de finura del esqueleto, siendo su valor mayor en los animales carniceros que en los lecheros.
- Índice metacarpocostal o dácilo costal (IMCOS) = $\frac{\text{Perímetro de la caña}}{\text{Diámetro bicostal}} \times 100$. Tiene parecido fundamento al índice dácilo torácico, solo que en este sustituimos el perímetro recto del tórax por el diámetro bicostal.

De aptitud motriz

- Índice de cortedad relativa (ICOREL) = $\frac{\text{Alzada a la cruz}}{\text{Diámetro longitudinal}} \times 100$. Señala que a menor valor el animal se aproxima más a un rectángulo, forma predominante en los animales de aptitud carnífera.

- Índice de carga de la caña (ICC) = $\frac{\text{Perímetro de la caña}}{\text{Peso}} \times 100$. Su fundamento práctico es poner en evidencia la armonicidad que siempre debe existir entre la masa total del cuerpo y la conformación de las extremidades

Análisis estadístico

Todas las medidas zoométricas e índices fueron analizados mediante estadística descriptiva, calculándose su media y error estándar, y asimismo teniendo en cuenta las agrupaciones por sexo, edad (dentición) y provincia.

Se evaluó la influencia del efecto sexo (posible existencia de dimorfismo sexual), edad (dentición) y provincia sobre las medidas e índices zoométricos a través del análisis de la varianza (ANOVA), utilizando la opción *lm* (*linear model*) del programa estadístico R. Las variables (anchura de cabeza, longitud de cabeza, longitud del cuello, longitud dorso-lomo, longitud de espalda, longitud de grupa, perímetro inferior del cuello y perímetro superior del cuello) que no cumplían los supuestos del análisis de la varianza (normalidad de los residuos y homocedasticidad), fueron procesados utilizando pruebas no paramétricas y robustas (Package: WRS2). En los casos que se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre las medias, se compararon dos a dos mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey.

El modelo aditivo lineal que explica la respuesta de estas variables correspondería a:

$$Y_{ijkl} = \mu + p_i + e_j + s_k + \varepsilon_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = variables respuesta (medidas zoométricas e índices).

μ = media general de la población.

p_i = efecto de la provincia (Acobamba, Angaraes, Castrovirreyna, Churcampa, Huancavelica, Huaytara y Tayacaja)

e_j = efecto de la edad (DL, 2D, 4D y BLL).

s_k = efecto del sexo (hembra y macho).

ε_{ijkl} = error experimental.

Posteriormente, para evaluar la posible asociación entre las medidas zoométricas se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. Asimismo, se utilizó el análisis de componentes principales (ACP) para relacionar y agrupar las variables cuantitativas en un número de componentes no directamente observables que las expliquen suficientemente perdiendo el mínimo de información, con el objeto de simplificar su

interpretación. Previo a ello se determinó el índice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) para justificar la utilización del ACP.

Se utilizó la regresión lineal múltiple para predecir el peso a través de las 20 medidas zoométricas correspondiente a la cabeza, tronco y extremidades. Utilizando diferentes metodologías (*Stepwise* y *C_p* de Mallows) se seleccionó las mejores ecuaciones de predicción, teniendo como referencia el coeficiente de determinación (R^2), el criterio de información de Akaike (AIC) y el criterio de información bayesiano (BIC). Para evaluar la capacidad de predicción de las ecuaciones de predicción seleccionadas se utilizó la validación cruzada (*K-Fold Cross-Validation*). Esta técnica consiste en tomar los datos originales y crear a partir de ellos dos conjuntos separados: un primer conjunto de entrenamiento y un segundo conjunto de validación. Luego, el conjunto de entrenamiento se va a dividir en k subconjuntos y, al momento de realizar el entrenamiento, se va a tomar cada k subconjunto como conjunto de prueba del modelo, mientras que el resto de los datos se tomará como conjunto de entrenamiento. Este proceso se repetirá k veces, y en cada iteración se seleccionará un conjunto de prueba diferente, mientras los datos restantes se emplearán, como se mencionó, como conjunto de entrenamiento. Una vez finalizadas las iteraciones se obtiene la raíz del error cuadrático medio (*Root Mean Squared Error* - RMSE), el error absoluto medio (*Mean Absolute Error* - MAE) y el coeficiente de determinación (*Coefficient of Determination* - R^2) en promedio de los k modelos entrenados. Estas medidas nos indican la precisión de las ecuaciones de predicción.

2.3. Resultados y Discusión

Se encontraron en media general para las medidas biométricas más importantes los siguientes valores: longitud de cabeza = 29,9 cm, longitud del cuello = 70,2 cm, diámetro longitudinal = 95,3 cm, alzada a la cruz = 98,8 cm, alzada a la grupa = 102,7 cm, perímetro torácico = 110,1 cm, perímetro abdominal = 124 cm y perímetro de la caña = 16,9 cm. De acuerdo a estas medidas se puede apreciar que las llamas son animales grandes en comparación con las alpacas (otro camélido sudamericano doméstico).

De las 20 medidas biométricas se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre sexos en ocho de ellas; de las ocho en cinco fueron superiores en promedio los machos que las hembras: perímetro superior del cuello (35,4 cm vs 33,4 cm), perímetro inferior del cuello (49,6 cm vs 48,5 cm), longitud de la espalda (29,8 cm vs 28,9 cm),

perímetro de la caña (17,5 cm vs 16,6 cm) y perímetro del carpo o la rodilla (20,6 cm vs 18,3 cm). Por el contrario, en tres fueron superiores las hembras: longitud de cuello (71,8 cm vs 66,5 cm), alzada a la grupa (103 cm vs 101,9 cm) y perímetro abdominal (126,4 cm vs 121,5 cm). La superioridad mostrada en promedio para longitud de cuello y alzada a la grupa por las hembras respecto a los machos, probablemente estaría relacionada con la mayor cantidad de hembras adultas (71%) respecto a la cantidad de machos adultos (29%) en el presente estudio. Por otro lado, en la medida del perímetro abdominal es lógico que las hembras tengan mayores valores en promedio que los machos, debido al proceso fisiológico de gestación que se da en las hembras. En resumen, los resultados encontrados en el presente trabajo muestran la existencia de dimorfismo sexual en algunas medidas biométricas en llamas (Tablas 16, 17 y 18).

La edad es un factor que influye en las veinte medidas biométricas analizadas, evidenciando que según avanza la edad los valores de estas variables se incrementan. En la transición de la dentición de dos dientes (2D) a cuatro dientes (4D) para algunas medidas biométricas (longitud de cabeza, perímetro superior del cuello, alzada a la cruz, alzada a la grupa, diámetro longitudinal, longitud de espalda, longitud dorso-lomo, distancia codo-cruz, perímetro de la caña y perímetro del carpo) el incremento es pequeño y no se encuentran diferencias estadísticamente significativas; incluso en algunas medidas (anchura de cabeza, largo de las orejas, longitud del cuello y perímetro inferior del cuello) las llamas de dos dientes son superiores en promedio a las de cuatro dientes. Estos resultados deben tomarse con cautela ya que la dentición no es una técnica objetiva para determinar la edad, pero en lugares donde no se maneja registros y se desconoce la fecha de nacimiento de los animales es la única forma de estimarla (Tablas 16, 17 y 18).

Se puede apreciar que existen diferencias estadísticamente significativas entre provincias para todas las medidas biométricas analizadas. Las llamas de la provincia de Huancavelica son las que presentan mayores valores en 17 medidas biométricas (longitud de cabeza, anchura de cabeza, largo de las orejas, longitud del cuello, perímetro superior del cuello, perímetro inferior del cuello, alzada a la cruz, alzada a la grupa, diámetro longitudinal, diámetro dorso-esternal, diámetro bicostal, longitud dorso-lomo, anchura de grupa, perímetro torácico, perímetro abdominal, distancia codo-cruz y perímetro de la caña). En cambio, las llamas de la provincia de Acobamba son las que presentan menores valores también en 17 medidas biométricas (longitud de cabeza, anchura de cabeza, largo de las orejas, perímetro superior del cuello, alzada a la cruz, alzada a la grupa, diámetro

longitudinal, diámetro dorso-esternal, diámetro bicostal, longitud de espalda, longitud dorso-lomo, longitud de grupa, perímetro torácico, perímetro abdominal, distancia codocruz, perímetro de la caña y perímetro del carpo). Por otro lado, las llamas de las demás provincias presentan valores intermedios en las medidas biométricas estudiadas (Tablas 16, 17 y 18). Estos valores muestran que existe cierta heterogeneidad, que podría atribuirse a la variabilidad genética y ambiental existente en las poblaciones de llamas. La condición de los pastos naturales (mala, regular, buena y excelente) sería un factor ambiental causante de la heterogeneidad observada, ya que es diferente en cada explotación. También otro factor ambiental causante de la heterogeneidad sería la cantidad de vacunos en las explotaciones de llamas, porque con esta especie compite por el mismo tipo de pastos para su alimentación (Arana *et al.*, 2013). Por otro parte, también se debería a la selección fenotípica que realizan algunos criadores, ya que en el capítulo anterior de la presente tesis se observó que un porcentaje considerable (48,3%) de criadores de la provincia de Huancavelica realizaban selección fenotípica de sus llamas, teniendo como criterio de selección el tamaño. Como se sabe las heredabilidades para características morfológicas son altas y probablemente por ello la selección basada en el tamaño estaría dando resultados favorables en la provincia mencionada.

En la Tabla 18, se puede observar que la edad y la provincia influyen significativamente sobre el peso, pero no se observan diferencias estadísticamente significativas entre llamas hembras y machos. También se puede apreciar que las llamas de la provincia de Huancavelica tienen mayores pesos en comparación a las llamas de las demás provincias; asimismo cabe mencionar que las llamas de la provincia de Acobamba son las que presentan los menores pesos, similar a lo que ocurría con las variables biométricas. Por otro lado, se evidencia que según avanza la edad los pesos de las llamas se incrementan de forma significativa. De igual manera también podemos apreciar que las llamas machos presentan mayores pesos respecto a las hembras, aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas.

Los valores encontrados en el presente estudio para longitud de oreja, longitud de cabeza, longitud de cuello y perímetro superior del cuello son similares a los reportados por Mendoza (2015), Espinoza (2018), Cano *et al.* (2012) y Mendoza (2015) respectivamente. Por otra parte, los valores encontrados para longitud de oreja y longitud de cuello son superiores en promedio a los indicados por Espinoza (2018) y Quina (2015)

respectivamente. Además, los valores encontrados para perímetro superior e inferior del cuello son inferiores a los publicados por Cano *et al.* (2012).

Comparando nuestros resultados de perímetro torácico, alzada a la cruz y alzada a la grupa con los reportados por Ibañez y Zea (2013) y Quispe *et al.* (2015) no encontramos ninguna diferencia apreciable. Sin embargo, cotejando nuestros resultados con los publicados por Mendoza (2015), Quina (2015) y Cano *et al.* (2012), vemos que obtuvieron valores promedios superiores a los nuestros. No obstante nuestros resultados fueron superiores en promedio a lo reportado por Espinoza (2018). Por otro lado, las medidas encontradas para longitud de grupa y ancho de grupa son inferiores a lo reportado por Espinoza (2018), Ibañez y Zea (2013) y Quispe *et al.* (2015).

Los valores encontrados para perímetro de la caña en el presente estudio son superiores a lo reportado por Quispe *et al.* (2015), Mendoza (2015) e Ibañez y Zea (2013). Por otro lado, los resultados encontrados para peso en el presente estudio son superiores a los publicados por Quispe *et al.* (2015) e Ibañez y Zea (2013), sin embargo, son inferiores a los indicados por Mendoza (2015), Quina (2015) y Cano *et al.* (2012).

En resumen, podemos decir que la variabilidad encontrada para las diferentes medidas biométricas y el peso en el presente trabajo y de igual forma respecto a otros autores, puede indicarnos que existe un elevado grado de variabilidad morfológica en las poblaciones de llamas del Perú, lo cual probablemente se deba a la variabilidad genética y ambiental existente en las poblaciones. Los principales factores causantes de la variabilidad ambiental observada sería la ubicación geográfica (diferentes altitudes, temperaturas, humedad y precipitación pluvial) de los animales (lo cual condiciona el tipo y condición de los pastos naturales), la cantidad de vacunos presentes en las explotaciones (ya que compiten por el mismo tipo de pastos con las llamas) y el manejo que se le da a las llamas (algunos criadores realizan selección y otros no).

Tabla 16. Medias y error estándar (E.E.) de medidas cefálicas de llamas de la región de Huancavelica.

FACTORES	VARIABLES (cm)											
	Long_Cabeza		Anch_Cabeza		Larg_Orejas		Long_Cuello		Per_Sup_Cuello		Per_Inf_Cuello	
	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.
Sexo												
Hembra (n=314)	29,88 ^a	0,18	13,88 ^a	0,06	18,86 ^a	0,10	71,76 ^a	0,63	33,38 ^b	0,20	48,54 ^b	0,41
Macho (n=128)	30,04 ^a	0,33	13,96 ^a	0,10	18,61 ^a	0,16	66,48 ^b	0,83	35,38 ^a	0,44	49,61 ^a	0,75
Dentición												
DL (n=93)	27,09 ^c	0,28	13,18 ^c	0,12	18,01 ^c	0,16	65,17 ^c	1,06	31,20 ^c	0,30	44,16 ^c	0,61
2D (n=75)	29,14 ^b	0,30	13,71 ^b	0,10	18,65 ^b	0,18	69,49 ^b	1,19	32,84 ^b	0,33	47,72 ^b	0,84
4D (n=89)	29,57 ^b	0,27	13,69 ^b	0,10	18,35 ^{bc}	0,19	66,39 ^c	0,99	33,25 ^b	0,41	47,54 ^b	0,75
BLL (n=185)	31,84 ^a	0,22	14,45 ^a	0,06	19,45 ^a	0,14	74,92 ^a	0,78	36,14 ^a	0,30	52,30 ^a	0,53
Provincias												
Acobamba (n=21)	27,33 ^c	0,28	13,10 ^c	0,14	17,17 ^c	0,26	65,62 ^b	0,64	30,05 ^c	0,42	42,86 ^{cd}	0,85
Angaraes (n=51)	27,61 ^c	0,35	13,40 ^c	0,13	17,39 ^c	0,20	61,00 ^c	0,83	30,61 ^{bc}	0,39	40,76 ^d	0,58
Castrovirreyna (n=41)	28,59 ^{bc}	0,46	13,17 ^c	0,12	17,67 ^{bc}	0,19	62,68 ^{bc}	1,01	32,12 ^b	0,37	46,93 ^b	0,91
Churcampa (n=43)	29,29 ^b	0,47	14,08 ^b	0,13	18,28 ^b	0,23	61,63 ^{bc}	0,95	35,40 ^a	0,52	45,51 ^{bc}	0,75
Huancavelica (n=206)	31,85 ^a	0,19	14,48 ^a	0,06	20,02 ^a	0,10	79,46 ^a	0,55	36,32 ^a	0,26	53,91 ^a	0,45
Huaytara (n=40)	27,81 ^c	0,58	13,26 ^c	0,20	17,43 ^c	0,19	61,25 ^c	0,95	30,65 ^{bc}	0,52	44,40 ^{bc}	1,02
Tayacaja (n=40)	28,50 ^{bc}	0,27	13,19 ^c	0,15	18,14 ^{bc}	0,19	62,85 ^{bc}	0,62	31,75 ^{bc}	0,37	46,25 ^{bc}	0,78

Medias con letras diferentes dentro de columnas y factor denotan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Long_Cabeza: longitud de cabeza; Anch_Cabeza: anchura de cabeza; Larg_Orejas: largo de las orejas, Long_Cuello: longitud del cuello; Per_Sup_Cuello: perímetro superior del cuello; Per_Inf_Cuello: perímetro inferior del cuello.

Tabla 17. Medias y error estándar (E.E.) de medidas del tronco de llamas de la región de Huancavelica.

FACTORES	VARIABLES (cm)																					
	Alz_Cruz		Alz_Grupa		Dia_Long		Dia_Dor_Ester		Dia_Bicost		Long_Espalda		Long_Dorso_Lomo		Long_Grupa		Anch_Grupa		Per_Torácico		Per_Abdominal	
	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.
Sexo																						
Hembra (n=314)	98,77 ^a	0,45	102,97 ^a	0,46	95,22 ^a	0,55	41,03 ^a	0,31	26,47 ^a	0,23	28,86 ^b	0,21	54,29 ^a	0,38	24,19 ^a	0,18	21,58 ^a	0,14	110,27 ^a	0,60	126,39 ^a	0,79
Macho (n=128)	98,99 ^a	0,83	101,87 ^b	0,80	95,62 ^a	0,97	40,40 ^a	0,48	26,24 ^a	0,38	29,80 ^a	0,38	53,77 ^a	0,67	24,47 ^a	0,24	21,46 ^a	0,26	109,77 ^a	1,16	121,54 ^b	1,38
Dentición																						
DL (n=93)	92,16 ^c	0,73	96,28 ^c	0,71	85,97 ^c	0,96	36,24 ^d	0,42	22,67 ^d	0,30	26,25 ^c	0,34	48,85 ^c	0,63	21,95 ^d	0,18	18,98 ^d	0,22	97,80 ^d	0,87	109,45 ^d	1,09
2D (n=75)	96,57 ^b	0,96	101,22 ^b	0,97	92,76 ^b	1,01	38,97 ^c	0,45	24,91 ^c	0,32	28,37 ^b	0,40	52,83 ^b	0,63	23,05 ^c	0,24	20,74 ^c	0,23	106,09 ^c	1,01	119,39 ^c	1,38
4D (n=89)	98,29 ^b	0,72	101,52 ^b	0,79	94,89 ^b	0,80	40,56 ^b	0,49	26,33 ^b	0,37	29,15 ^b	0,40	53,73 ^b	0,75	24,66 ^b	0,35	21,63 ^b	0,19	109,99 ^b	0,97	124,60 ^b	1,26
BLL (n=185)	103,37 ^a	0,52	106,98 ^a	0,53	101,30 ^a	0,56	44,06 ^a	0,35	28,91 ^a	0,26	30,88 ^a	0,26	57,51 ^a	0,44	25,75 ^a	0,20	23,12 ^a	0,15	118,03 ^a	0,58	135,24 ^a	0,71
Provincias																						
Acobamba (n=21)	89,62 ^c	0,96	93,26 ^c	0,95	86,66 ^d	0,85	35,10 ^d	1,00	21,98 ^d	0,54	25,88 ^d	0,92	47,43 ^d	1,06	21,32 ^b	0,31	20,52 ^{bc}	0,49	97,33 ^d	1,75	109,67 ^e	2,45
Angaraes (n=51)	93,15 ^{bc}	0,89	97,83 ^b	0,94	90,90 ^{cd}	1,19	38,55 ^{bc}	0,51	24,14 ^c	0,49	28,86 ^{abc}	0,55	49,45 ^{cd}	0,75	24,74 ^a	0,60	21,42 ^{ab}	0,35	102,67 ^c	1,21	116,29 ^d	1,97
Castrovirreyna (n=41)	94,73 ^b	0,94	98,51 ^b	1,05	91,49 ^{bc}	1,31	39,84 ^b	0,66	25,54 ^{bc}	0,62	27,99 ^{bcd}	0,52	52,36 ^{bc}	0,80	24,61 ^a	0,37	21,57 ^{ab}	0,44	109,17 ^b	1,50	123,73 ^{bc}	2,32
Churcampa (n=43)	95,47 ^b	0,91	99,93 ^b	0,93	94,60 ^b	1,11	39,86 ^b	0,66	26,27 ^b	0,48	30,27 ^a	0,60	52,57 ^{bc}	1,15	25,37 ^a	0,47	21,86 ^{ab}	0,32	112,98 ^{ab}	1,64	127,63 ^{ab}	1,91
Huancavelica (n=206)	104,30 ^a	0,49	108,13 ^a	0,50	100,93 ^a	0,60	43,48 ^a	0,37	28,14 ^a	0,28	29,64 ^{ab}	0,25	57,49 ^a	0,45	24,75 ^a	0,19	22,02 ^a	0,18	115,27 ^a	0,73	131,21 ^a	0,92
Huaytara (n=40)	95,49 ^b	1,14	97,95 ^b	1,11	89,06 ^{cd}	1,57	37,23 ^{cd}	0,72	25,04 ^{bc}	0,59	30,13 ^{ab}	0,71	50,96 ^{bcd}	1,02	22,89 ^b	0,37	20,79 ^{bc}	0,42	104,03 ^c	1,69	116,48 ^d	1,83
Tayacaja (n=40)	93,94 ^b	0,89	97,39 ^{bc}	0,82	87,74 ^{cd}	1,36	38,95 ^{bc}	0,61	25,06 ^{bc}	0,48	27,53 ^{cd}	0,59	53,03 ^b	0,83	22,59 ^b	0,38	20,20 ^c	0,35	103,88 ^c	1,21	118,98 ^{cd}	1,65

Medias con letras diferentes dentro de columnas y factor denotan diferencias estadísticamente significativas (p<0,05)

Alz_Cruz: alzada a la cruz; Alz_Grupa: alzada a la grupa; Dia_Long: diámetro longitudinal; Dia_Dor_Ester: diámetro dorso-esternal; Dia_Bicost: diámetro bicostal; Long_Espalda: longitud de espalda; Long_Dorso_Lomo: longitud dorso-lomo; Long_Grupa: longitud de grupa; Anch_Grupa: anchura de grupa; Per_Torácico: perímetro torácico; Per_Abdominal: perímetro abdominal.

Tabla 18. Medias y error estándar (E.E.) de medidas de las extremidades y peso de llamas de la región de Huancavelica.

FACTORES	VARIABLES							
	Dist_Codo_Cruz (cm)		Per_Caña (cm)		Per_Car_Rod (cm)		Peso (kg)	
	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.
Sexo								
Hembra (n=314)	37,46 ^a	0,23	16,64 ^b	0,10	18,34 ^b	0,07	92,64 ^a	1,52
Macho (n=128)	37,75 ^a	0,45	17,53 ^a	0,18	20,59 ^a	0,20	93,16 ^a	2,67
Dentición								
DL (n=93)	33,88 ^c	0,36	16,35 ^b	0,17	18,26 ^c	0,16	67,72 ^d	1,81
2D (n=75)	36,44 ^b	0,44	16,51 ^b	0,21	18,64 ^{bc}	0,18	82,88 ^c	2,42
4D (n=89)	37,28 ^b	0,38	16,64 ^b	0,19	18,75 ^b	0,17	89,68 ^b	2,49
BLL (n=185)	39,97 ^a	0,28	17,45 ^a	0,14	19,62 ^a	0,16	111,78 ^a	1,69
Provincias								
Acobamba (n=21)	33,64 ^d	0,64	15,62 ^c	0,33	17,00 ^d	0,29	68,11 ^c	2,45
Angaraes (n=51)	35,88 ^{bcd}	0,56	15,88 ^c	0,26	18,25 ^c	0,22	72,70 ^c	2,43
Castrovirreyna (n=41)	36,15 ^{bcd}	0,57	17,09 ^{ab}	0,24	18,50 ^c	0,18	78,54 ^{bc}	3,03
Churcampa (n=43)	37,56 ^b	0,63	16,19 ^{bc}	0,27	20,26 ^a	0,20	88,01 ^b	2,49
Huancavelica (n=206)	39,23 ^a	0,30	17,76 ^a	0,11	19,58 ^b	0,14	110,19 ^a	1,76
Huaytara (n=40)	36,75 ^{bc}	0,67	15,98 ^c	0,28	18,28 ^c	0,22	72,32 ^c	3,16
Tayacaja (n=40)	35,25 ^{cd}	0,53	15,89 ^c	0,27	17,85 ^{cd}	0,17	76,31 ^c	2,36

Medias con letras diferentes dentro de columnas y factor denotan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Dist_Codo_Cruz: distancia codo-cruz; Per_Caña: perímetro de la caña; Per_Car_Rod: perímetro del carpo.

Correlaciones

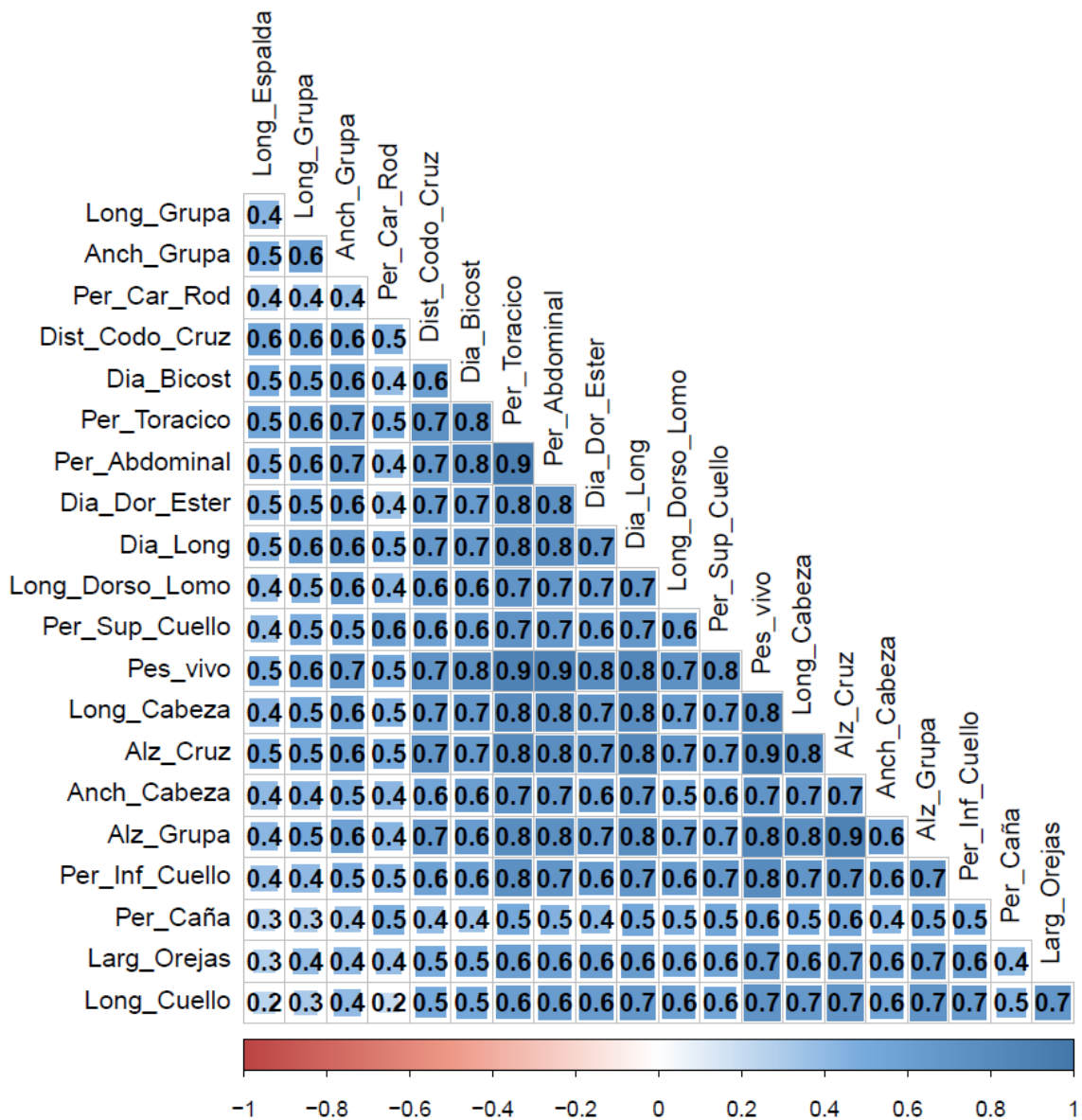
En el Gráfico 11 se expresan los coeficientes de correlación de Pearson obtenidos entre las diferentes medidas biométricas, donde se puede apreciar que existe correlación positiva significativa entre todas ellas. La significación de estas correlaciones hay que tomarla con cautela, ya que el tamaño muestral utilizado en la presente tesis es grande, lo cual puede condicionar las significancias de las correlaciones, aunque estas sean bajas. Según estos resultados, las llamas de la región de Huancavelica presentan un modelo morfoestructural de alta armonía, de acuerdo al criterio establecido por Herrera (2000) y Luque (2011), pues de las 210 posibles combinaciones entre variables, todos los coeficientes de correlación resultaron estadísticamente significativos ($p < 0,01$). Estos resultados muestran que todas las alzadas están correlacionadas entre sí y en bloque con las longitudes, diámetros y perímetros corporales. Una mayor altura de la llama implica, no sólo una mayor longitud corporal, sino también una mayor anchura de pecho, un mayor engrosamiento de las extremidades, un mayor perímetro torácico, y una mayor longitud y anchura de grupa. A nivel cefálico lo más evidente es una mayor longitud de la cabeza y cuello.

Las correlaciones entre las medidas cefálicas van de moderada a alta ($r = 0,56 - 0,70$), donde destacan las correlaciones entre las siguientes medidas: perímetro inferior del cuello y longitud de cabeza ($r = 0,7$), longitud del cuello y largo de las orejas ($r = 0,69$), anchura de cabeza y longitud de cabeza ($r = 0,68$) y perímetro superior del cuello y perímetro inferior del cuello ($r = 0,68$).

Las correlaciones entre las medidas del tronco oscilan entre moderadas y muy altas ($r = 0,41 - 0,92$), donde destacan las correlaciones entre las siguientes medidas: perímetro abdominal y perímetro torácico ($r = 0,92$), alzada a la grupa y alzada a la cruz ($r = 0,9$), alzada a la cruz y diámetro longitudinal ($r = 0,82$) y alzada a la cruz y perímetro torácico ($r = 0,81$). Los valores de las correlaciones entre las medidas del tronco, son similares a los reportados por Mendoza (2015) para alzada a la cruz y perímetro torácico y de igual manera para alzada a la grupa y perímetro torácico. Por otro lado, son inferiores a los reportados por Quispe (2015) para las correlaciones entre las siguientes medidas: perímetro abdominal, perímetro torácico, alzada a la grupa, alzada a la cruz, anchura de grupa y longitud de grupa.

Las correlaciones entre las medidas de las extremidades van de baja a moderada ($r = 0,39 - 0,49$). Se encontraron correlaciones moderadas para: perímetro de caña y perímetro del carpo ($r = 0,49$) y para perímetro del carpo y distancia codo-cruz ($r = 0,46$). Por otro lado, se encontró correlación baja entre perímetro de la caña y distancia codo-cruz ($r = 0,39$).

Gráfico 11. Correlaciones de Pearson entre medidas zoométricas de llamas de la región de Huancavelica.



Todos los coeficientes resultaron ser significativos ($P < 0.01$)

Las correlaciones entre las medidas cefálicas y las medidas del tronco van de baja a alta ($r = 0,25 - 0,80$). Las correlaciones más altas entre estas regiones se encuentran en longitud de cabeza y perímetro torácico ($r = 0,80$), alzada a la cruz y longitud de cabeza ($r = 0,80$), longitud de cabeza y perímetro abdominal ($r = 0,78$), longitud de cabeza y

diámetro longitudinal ($r = 0,77$) y alzada a la grupa y longitud de cabeza ($r = 0,77$). Por otro lado, las correlaciones más bajas se encuentran entre largo de las orejas y longitud de espalda ($r = 0,28$) y longitud del cuello y longitud de espalda ($r = 0,25$).

Las correlaciones entre las medidas cefálicas y las medidas de las extremidades van de baja a alta ($r = 0,21 - 0,67$), encontrándose los valores más altos para longitud de cabeza y distancia codo-cruz ($r = 0,67$) y para perímetro superior del cuello y perímetro del carpo ($r = 0,62$). Por otro lado, se encontraron los valores más bajos para largo de las orejas y perímetro del carpo ($r = 0,38$) y longitud del cuello y perímetro del carpo ($r = 0,21$).

Las correlaciones entre las medidas del tronco y las medidas de las extremidades van de baja a alta ($r = 0,26 - 0,74$). Se encontraron las correlaciones más altas para perímetro torácico y distancia codo-cruz ($r = 0,74$) y alzada a la cruz y distancia codo-cruz ($r = 0,72$). Por otro lado, las correlaciones más bajas fueron las de perímetro de la caña y longitud de grupa ($r = 0,3$) y perímetro de la caña y longitud de espalda ($r = 0,26$).

Los coeficientes de correlación para las medidas zoométricas de la cabeza con el peso van desde positiva moderada (largo de las orejas $r = 0,7$) hasta positiva alta (longitud de cabeza $r = 0,83$), para las medidas zoométricas del tronco van desde positiva baja (longitud de espalda $r = 0,49$) hasta positiva alta (perímetro torácico $r = 0,9$) y para las medidas zoométricas de las extremidades están en el rango de positiva moderada, no encontrándose ninguna correlación negativa (Gráfico 11 y Anexo 2).

El coeficiente de correlación para peso y perímetro torácico encontrados se clasifica como correlación positiva alta, similar a lo indicado por Llacsa *et al.* (2007), quienes reportaron un coeficiente de 0,81. Por otra parte, es superior al publicado por Mendoza (2015), 0,58 e inferior a lo publicado por Quispe *et al.* (2015), quienes reportaron un coeficiente de 0,96. Por otro lado, la correlación entre peso y perímetro abdominal es inferior al valor de 0,95 publicado por Quispe *et al.* (2015).

Las correlaciones del peso con la alzada a la cruz y alzada a la grupa son superiores a lo publicado por Mendoza (2015), quien reportó correlaciones positivas moderadas de 0,63 y 0,59 respectivamente, mientras que son inferiores a 0,96 y 0,94 respectivamente reportado por Quispe *et al.* (2015). Las correlaciones del peso con la longitud y ancho de grupa son inferiores a lo publicado por Quispe *et al.* (2015), quienes reportaron coeficientes de correlación positivas muy altas de 0,9 y 0,88 respectivamente.

En resumen, podemos decir que las correlaciones entre las 20 medidas biométricas de la población de llamas de la región de Huancavelica, pueden considerarse en general elevadas ($r = 0,2 - 0,9$) y con valores de coeficientes de correlación positivos. Ello sugiere la posibilidad de simplificar el control morfológico ya que un mínimo de mediciones (perímetro torácico, alzada a la cruz, diámetro longitudinal, longitud de cuello, longitud de grupa, ancho de grupa, perímetro de capo y de rodilla) permitiría definir correctamente el animal. Por otro lado, si nos centramos en las distintas regiones corporales, podemos ver con claridad que en la región del tronco las correlaciones son más elevadas tanto a nivel intra-regional como inter-regional.

Análisis de componentes principales (ACP)

Como punto de partida se determinó las correlaciones entre las medidas zoométricas (Gráfico 11). Posterior a ello, y previo a la utilización del ACP, se determinó el índice de Kaiser-Meyer-Olkin (0,97 en promedio), valor que avala la pertinencia de aplicar el análisis de componentes principales.

En el ACP encontramos tres componentes que explican el 72,7% de la variación total de la población. De estos tres componentes, el primer componente explica el 62,9%, el segundo 5,9% y el tercero 4,7% (Gráfico 12).

En el Gráfico 13, se aprecia que muchas de las medidas biométricas contribuyen al componente 1, cuyas aportaciones en general son pequeñas. Las que destacan ligeramente son el peso (6,9%), el perímetro torácico (6,5%), la alzada a la cruz (6,3%), el perímetro abdominal (6,1%) y la alzada a la grupa (5,8%). Este resultado es esperable una vez visto que existe un alto grado de armonía de las correlaciones y que las correlaciones son positivas. Sería un componente que describiría el desarrollo general del animal.

Al componente 2 contribuyen más la longitud de espalda (23,4%), la longitud de cuello (17,7%), la longitud de grupa (15,4%), la anchura de grupa (11%) y el largo de orejas (9,6%). Podríamos asignarle el nombre de componente de “longitudes”.

Al componente 3 contribuyen más el perímetro del carpo o la rodilla (47,6%), el perímetro de la caña (25,6%) y el perímetro superior del cuello (8,8%), por lo que sería el componente de los perímetros.

En resumen, se observa que en el componente 1 predomina casi todas las medidas biométricas y se podría considerar como un componente de crecimiento general, en el

componente 2 predomina las medidas de longitudes horizontales y en el componente 3 predomina las medidas de perímetros de las extremidades.

Gráfico 12. Porcentaje de varianzas explicada por los diferentes componentes principales.

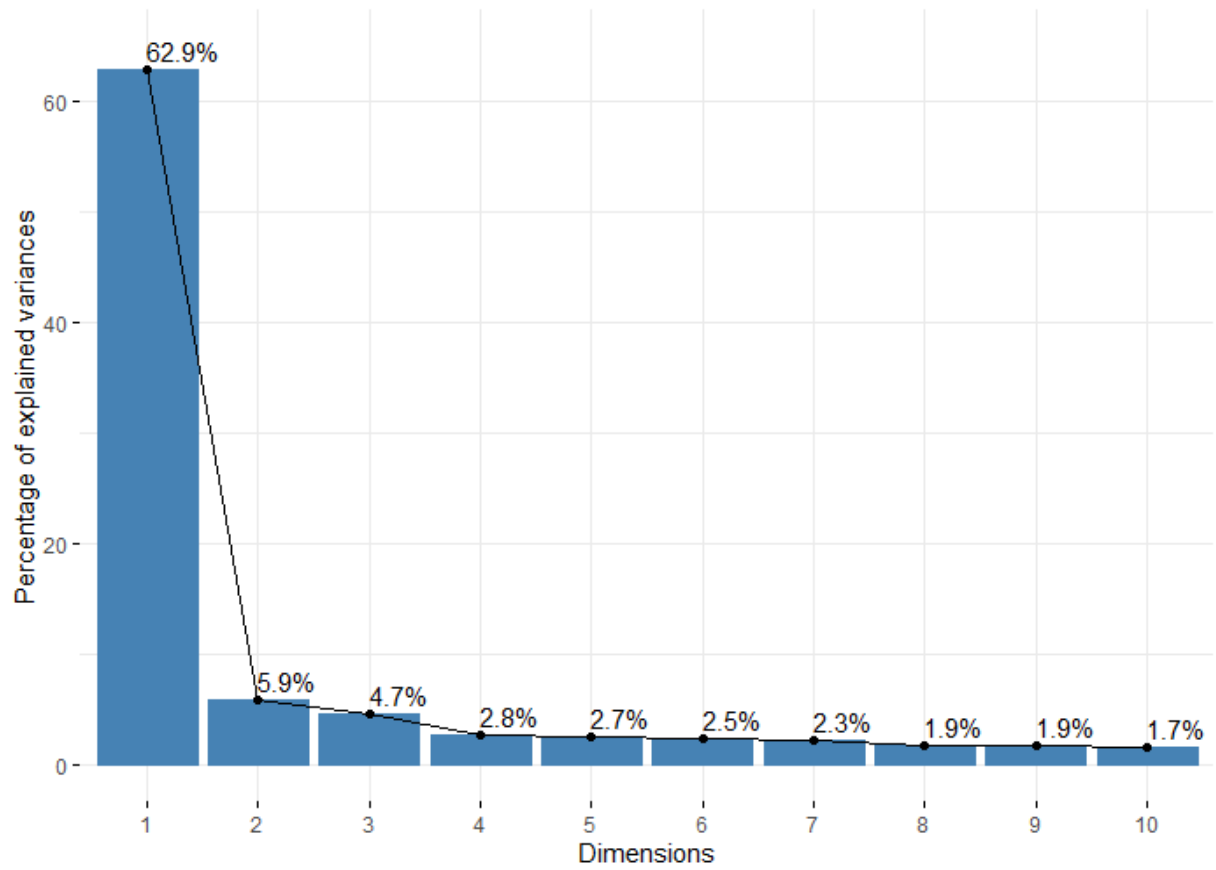
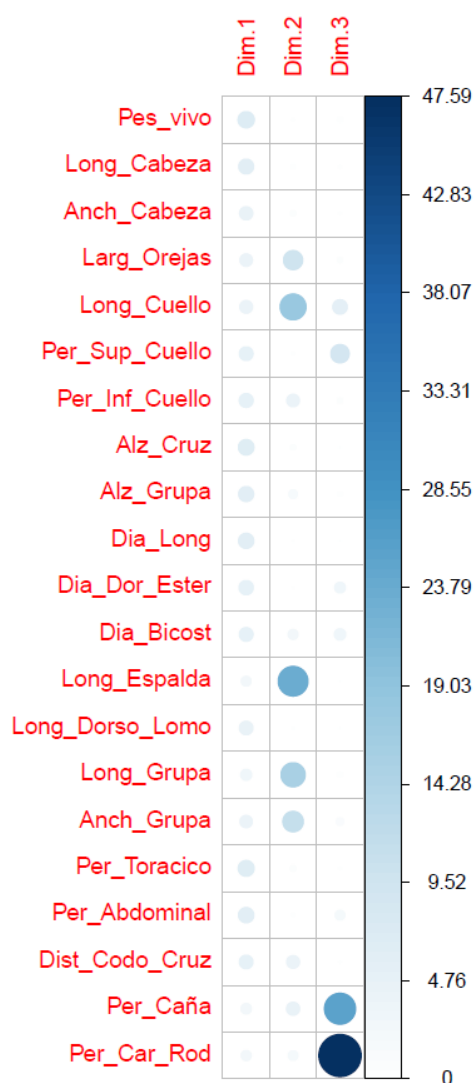


Gráfico 13. Contribuciones de las variables a los tres primeros componentes principales.



Se puede observar que todas las medidas biométricas están relacionadas de forma positiva, cuyas correlaciones oscilan desde baja hasta muy alta (Gráficos 14 y 15). Estos resultados indicarían una buena proporcionalidad de las llamas de la región de Huancavelica. Por otro lado, de acuerdo a los resultados del ACP no se observa agrupaciones de individuos de acuerdo a la provincia de procedencia, pero teniendo en cuenta el grado de contribución de las variables a los componentes principales y la distribución de los individuos (Gráficos 14 y 15), podemos agrupar las llamas de la región de Huancavelica en cuatro tipos de animales:

Tipo 1 (cuadrante 1, arriba derecha): llamas con buenos pesos, alzadas, perímetros (torácico y abdominal), diámetros, longitudes (espalda y grupa) y ancho de grupa. También tienen orejas cortas y pequeñas longitudes de cuello (Gráfico 14). De igual manera presentan buenos perímetros de carpo y caña (Gráfico 15).

Tipo 2 (cuadrante 2, arriba izquierda): llamas con bajos pesos, alzadas, perímetros (torácico y abdominal) y diámetros. Pero con buenas longitudes (espalda y grupa) y ancho de grupa. También tienen orejas cortas y pequeñas longitudes de cuello (Gráfico 14). De igual manera presentan buenos perímetros de carpo y caña (Gráfico 15).

Tipo 3 (cuadrante 3, abajo izquierda): llamas con bajos pesos, alzadas, perímetros (torácico y abdominal), diámetros, longitudes (espalda y grupa) y ancho de grupa. También tienen orejas largas y buenas longitudes de cuello (Gráfico 14). De igual manera presentan bajos perímetros de carpo y caña (Gráfico 15).

Tipo 4 (cuadrante 4, abajo derecha): llamas con buenos pesos, alzadas, perímetros (torácico y abdominal) y diámetros. Por otra parte, presentan bajas longitudes (espalda y grupa) y ancho de grupa. También tienen orejas largas y buenas longitudes de cuello (Gráfico 14). De igual manera presentan bajos perímetros de carpo y caña (Gráfico 15).

En la provincia de Huancavelica se observa mayor variedad de llamas, ya que en esta provincia existen llamas que pertenecen a los tipos 1, 3 y 4 descritos líneas arriba. Por otro lado, las llamas de la provincia de Angaraes en su mayoría pertenecen al tipo 2. En cambio, las llamas de la provincia de Churcampa en su mayoría pertenecen a los grupos 1 y 2. Finalmente las llamas de las provincias de Acobamba, Castrovirreyna, Huaytara y Tayacaja pertenecen en su mayoría al grupo 2 y 3.

En los Gráficos 14 y 15 las flechas y sus longitudes correspondientes a cada una de las medidas zoométricas indican el grado de contribución que tienen a los componentes principales.

Un ángulo agudo entre las flechas correspondientes a dos de las variables indica una fuerte relación entre ellas, mientras que si el ángulo es recto, nos indica su independencia. De acuerdo con este criterio, en el Gráfico 14 se puede apreciar que hay una relación positiva entre todas las variables. Dentro de ellas podemos apreciar correlaciones altas en cuatro grupos de variables: longitudes del cuerpo (longitud de espalda y grupa), alzadas (alzada a la cruz y a la grupa), perímetros del cuerpo (perímetro torácico y abdominal) y longitudes de la cabeza (largo de orejas y longitud de cuello). Por otro lado, en el Gráfico 15 se puede observar una alta correlación entre los perímetros de las extremidades (perímetro carpo o la rodilla y de la caña).

Gráfico 14. Gráfico de los dos primeros componentes principales que incluyen variables e individuos.



Gráfico 15. Gráfico del componente 1 y el componente 3 que incluyen variables e individuos.



Índices zoométricos

En las Tablas 19 y 20 se muestran los estadísticos descriptivos de 13 índices zoométricos, tanto etnológicos como funcionales, obtenidos a partir de las 21 variables corporales anteriormente analizadas. Dichos índices han sido calculados por sexo, edad (dentición) y provincia, para dilucidar con mayor precisión las proporciones corporales que a su vez indiquen sus aptitudes.

El índice corporal da una estimación de la proporcionalidad, permitiendo su clasificación según si es longilíneo (esbelta y alargada, con $ICO \geq 90$), mesolíneo (ICO entre 86 y 88) o brevilíneo (compacta, con $ICO \leq 85$). Los valores obtenidos en machos ($ICO = 87,37$) y hembras ($ICO = 86,51$) indican la clasificación de los animales como mesolíneos.

El índice torácico da una idea de la compacidad de la caja torácica y es complementario con el índice corporal aunque se utilice menos que éste, refiriéndose ambos a la proporcionalidad de los animales. En este caso, también se clasifican los animales como longilíneos ($ITO \leq 85$), mesolíneos ($ITO \geq 86$ y ≤ 88) y brevilíneos ($ITO \geq 89$). Para este índice los valores de los machos ($ITO = 65,26$) y de las hembras ($ITO = 64,75$) indican que los animales son longilíneos.

Se puede apreciar en estos dos índices (ICO e ITO), destinados a dar una estimación sobre la proporcionalidad, es decir, relacionando el grado de compactación del cuerpo con el perímetro torácico, que pueden llegar a ser contradictorios. Así observamos que, las llamas según el ICO serían mesolíneos mientras que según el ITO serían longilíneos. También reportaron estas contradicciones otros autores en ovinos y asnos (Avellanet, 2006; García, 2006).

El índice cefálico se refiere a la armonía en las proporciones de la cabeza, clasificándola como braquicéfala o dolicocefala. Los resultados indican que las llamas de la región de Huancavelica son claramente dolicocefalas, ya que predomina la longitud (29,9 cm) de la cabeza en relación a su anchura (13,9 cm).

El índice pelviano da una idea de la estructura de la grupa. Después de los índices corporal, torácico y cefálico es el más importantes en cuanto a diagnóstico racial. Así pues, se puede clasificar la grupa como convexilínea ($IPE < 100$), horizontal ($IPE = 100$) o concavilínea ($IPE > 100$). Los resultados en machos ($IPE = 88,6$) y en hembras ($IPE =$

89,5) muestran que las llamas presentan una grupa convexilínea, predominando la longitud de la grupa con relación a su anchura.

La interpretación del índice de proporcionalidad (IPRO) resulta sin duda más intuitiva que el tradicional índice corporal o torácico, ya que señala que a menor valor el animal se aproxima más a un rectángulo, forma predominante en los animales de aptitud carnicera. Los resultados en machos (IPRO = 96,5) y en hembras (IPRO = 96,4) muestran que las llamas se aproximan a un rectángulo.

En resumen, las llamas de la región de Huancavelica en media general de acuerdo a los índices etnológicos son mesolíneas, con tórax elíptico, dolicocefálicas y de grupa convexilínea. Por otro lado, de acuerdo a los índices funcionales manifiestan una orientación cárnica.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre sexos en cuatro índices zoométricos; de los cuatro, en tres fueron superiores en promedio los machos: índice metacarpotorácico (16,1% vs 15,2%), índice metacarpocostal (68% vs 64%) e índice de carga de la caña (20,5% vs 19,2%). Por el contrario, en uno fueron superiores las hembras: índice de profundidad relativa de tórax (41,5% vs 40,8%). De acuerdo al índice metacarpotorácico y metacarpocostal encontrados en el presente trabajo, las llamas hembras tienden a un tipo de animal de patas altas y de contextura liviana y los machos tienden a un tipo de animal de fuerza. De igual forma los machos tienen mayor fortaleza en la caña en comparación con las hembras de acuerdo al índice de carga de la caña. Las llamas hembras tienen mayor diámetro dorso-esternal de acuerdo al índice de profundidad relativa del tórax. Estos resultados muestran la existencia de dimorfismo sexual en algunos índices zoométricos en llamas (Tablas 19 y 20).

Para todos los índices zoométricos se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre edades, evidenciando que, como cabía esperar, a mayor edad las llamas tienden a ser más grandes, más anchos y con mayor masa muscular (Tablas 19 y 20).

De los trece índices zoométricos, para doce de ellos (corporal, pelviano, cefálico, de proporcionalidad, de profundidad relativa del tórax, pelviano transversal, pelviano longitudinal, de compacidad, metacarpotorácico, metacarpocostal, de cortedad relativa y de carga de la caña) se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre provincias.

Se observa que las llamas de las provincias de Acobamba (ICO = 89,6%), Angaraes (ICO = 88,6%) y Huancavelica (ICO = 87,8%) de acuerdo al índice corporal son mesolíneos (animales de talla media y musculosos), en cambio las llamas de las provincias de Huaytara (ICO = 85,6%), Tayacaja (ICO = 84,5%), Churcampa (ICO = 84,1%) y Castrovirreyna (ICO = 84%) son brevilíneos (animales bajos y anchos). Probablemente estas diferencias se deban al factor alimentación de las llamas, ya que, como vimos en un capítulo anterior, la condición de los pastos naturales en cada provincia es diferente, aunque también podría deberse a la selección practicada por algunas explotaciones. Por otra parte, se puede apreciar que las llamas de las diferentes provincias de la región de Huancavelica respecto al índice torácico son animales longilíneos (animales con tórax elíptico). Por otro lado, las llamas de las diferentes provincias de la región de Huancavelica, de acuerdo al índice cefálico son dolicocefálicos (Tablas 19 y 20).

En estas dos tablas que acabamos de mencionar, se observa que las llamas de las diferentes provincias de la región de Huancavelica tienen una grupa horizontal, de acuerdo al índice pelviano, ya que predomina la longitud sobre la anchura. El índice pelviano transversal y el índice pelviano longitudinal son indicadores de la amplitud de la grupa (zona rica en masas musculares), y de acuerdo a estos índices, las llamas de la región de Huancavelica tienen regular amplitud de la grupa, destacando las llamas de las provincias de Angaraes (IPET = 23% e IPEL = 26,5%), Churcampa (IPET = 22,9% e IPEL = 26,6%), y Castrovirreyna (IPET = 22,7% e IPEL = 26%).

Asimismo, las llamas de la región de Huancavelica tienen una buena aptitud para la producción de carne, de acuerdo al índice de profundidad relativa del tórax y al índice de cortedad relativa, ya que los animales se aproximan más a un rectángulo (forma predominante en los animales de aptitud cárnica). Cabe mencionar que las llamas de la provincia de Churcampa son las que destacan en estos índices (IPRT = 41,7% e ICOREL = 101,2%).

El índice de compacidad expresa la proporcionalidad general del organismo, especialmente en cuanto a robustez se refiere; es mejor cuanto numéricamente se aproxime más a 100. De acuerdo a este índice las llamas de la provincia de Huancavelica (ICOMP = 104,8%) y Churcampa (ICOMP = 91,6%) serían las más robustas, seguido de las llamas de la provincia de Castrovirreyna (ICOMP = 83,6%). Por otro lado, las llamas

de la provincia de Huaytara (ICOMP = 74,8%) serían las que tienen menos robustez (Tabla 20).

Respecto al índice metacarpotorácico, un índice menor indica un tipo de animal más alto de patas y más liviano, tendente a un tipo de velocidad, mientras que un aumento en el valor de este índice indica a un animal de fuerza. De acuerdo a este índice, las llamas de las diferentes provincias de la región de Huancavelica presentan una tendencia a animales de fuerza. Por otro lado, el índice metacarpotorácico y el índice metacarpocostal están relacionados con la aptitud lechera, permitiendo determinar que las llamas presentarían una regular predisposición para esta aptitud (Tabla 20). Por último, de acuerdo al índice de carga de la caña (ICC), las llamas de la región de Huancavelica en media se considerarían animales con extremidades proporcionales a su peso corporal (Tabla 20).

Comparando nuestros resultados de índice corporal, índice de cortedad relativa e índice torácico con los reportados por Espinoza (2018) no encontramos diferencias apreciables. Sin embargo, cotejando nuestros resultados con los publicados por Quispe *et al.* (2015) en llamas y Mallma (2016) en alpacas, vemos que obtuvieron valores promedios superiores a los nuestros. Para índice pelviano también nuestros resultados son inferiores a lo publicado por Quispe *et al.* (2015), pero son superiores a lo publicado por Mallma (2016). Respecto a índice de compacidad, nuestros resultados son superiores a lo publicado por Quispe *et al.* (2015). Por otra parte, los índices encontrados para índice cefálico, índice de proporcionalidad e índice pelviano longitudinal son inferiores a los publicados por Mallma (2016) en alpacas. Finalmente nuestros resultados encontrados para índice metacarpocostal o dactilo costal son en promedio superiores a los reportados por Mallma (2016) en alpacas. Estos resultados muestran la existencia de variabilidad para los índices mencionados en las poblaciones de llamas, similar a lo que ocurría con las medidas zoométricas, lo cual es interesante para emprender programas de mejoramiento genético y conservación de esta especie.

Tabla 19. Medias y error estándar (E.E.) de índices zoométricos de llamas de la región de Huancavelica.

FACTORES	ICO		ITO		ICE		IPE		IPRO		IPRT		IPET	
	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.
Sexo														
Hembra (n=314)	86,52 ^a	0,35	64,78 ^a	0,45	46,73 ^a	0,23	89,81 ^a	0,53	96,40 ^a	0,35	41,50 ^a	0,22	21,89 ^a	0,12
Macho (n=128)	87,35 ^a	0,51	65,18 ^a	0,73	46,90 ^a	0,37	87,92 ^a	0,86	96,55 ^a	0,50	40,77 ^b	0,31	21,67 ^a	0,19
Dentición														
DL (n=93)	88,00 ^a	0,73	62,77 ^b	0,65	48,91 ^a	0,43	86,67 ^b	0,93	93,23 ^b	0,70	39,35 ^c	0,38	20,62 ^c	0,21
2D (n=75)	87,50 ^{ab}	0,60	64,12 ^{ab}	0,66	47,22 ^b	0,32	90,32 ^{ab}	1,03	96,14 ^a	0,65	40,38 ^{bc}	0,30	21,57 ^b	0,26
4D (n=89)	86,45 ^{ab}	0,56	65,29 ^{ab}	0,91	46,50 ^b	0,40	88,62 ^{ab}	0,99	96,61 ^a	0,58	41,26 ^b	0,41	22,05 ^{ab}	0,19
BLL (n=185)	85,99 ^b	0,44	66,09 ^a	0,67	45,67 ^c	0,31	90,46 ^a	0,73	98,10 ^a	0,39	42,65 ^a	0,28	22,42 ^a	0,15
Provincias														
Acobamba (n=21)	89,57 ^a	1,76	63,20 ^a	1,62	47,98 ^{abc}	0,58	96,47 ^a	2,33	96,91 ^{ab}	1,39	39,22 ^{bc}	1,17	22,93 ^{ab}	0,54
Angaraes (n=51)	88,63 ^a	0,81	62,59 ^a	0,91	48,74 ^a	0,47	87,85 ^b	1,64	97,56 ^a	0,86	41,38 ^{ab}	0,38	22,98 ^a	0,29
Castrovirreyna (n=41)	84,01 ^b	0,96	64,52 ^a	1,74	46,43 ^{abc}	0,63	87,67 ^b	1,32	96,51 ^{ab}	0,89	42,06 ^a	0,57	22,73 ^{ab}	0,36
Churcampa (n=43)	84,10 ^b	0,93	66,51 ^a	1,57	48,54 ^{ab}	0,82	86,74 ^b	1,25	99,14 ^a	0,82	41,72 ^{ab}	0,52	22,91 ^{ab}	0,27
Huancavelica (n=206)	87,78 ^a	0,39	64,97 ^a	0,52	45,70 ^c	0,25	89,25 ^b	0,59	96,79 ^{ab}	0,38	41,65 ^{ab}	0,27	21,10 ^c	0,13
Huaytara (n=40)	85,63 ^{ab}	0,72	67,48 ^a	1,29	48,12 ^{ab}	0,81	90,95 ^{ab}	1,46	93,10 ^b	0,87	38,97 ^c	0,54	21,72 ^{bc}	0,28
Tayacaja (n=40)	84,46 ^b	0,88	64,42 ^a	0,91	46,36 ^{bc}	0,53	90,06 ^{ab}	1,82	93,38 ^b	1,17	41,50 ^{ab}	0,62	21,49 ^{bc}	0,28

Medias con letras diferentes dentro de columnas y factor denotan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

ICO: índice corporal; ITO: índice torácico; ICE: índice cefálico; IPE: índice pelviano; IPRO: índice de proporcionalidad; IPRT: índice de profundidad relativa de tórax; IPET: índice pelviano transversal.

Tabla 20. Medias y error estándar (E.E.) de índices zoométricos de llamas de la región de Huancavelica.

FACTORES	IPEL		ICOMP		IMETO		IMCOS		ICOREL		ICC	
	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.
Sexo												
Hembra (n=314)	24,53 ^a	0,16	92,54 ^a	1,19	15,16 ^b	0,09	63,98 ^b	0,56	104,16 ^a	0,38	19,18 ^b	0,30
Macho (n=128)	24,77 ^a	0,19	92,40 ^a	2,02	16,08 ^a	0,15	67,99 ^a	0,89	103,94 ^a	0,55	20,52 ^a	0,53
Dentición												
DL (n=93)	23,90 ^b	0,22	72,74 ^d	1,53	16,77 ^a	0,16	72,97 ^a	1,02	107,82 ^a	0,81	25,50 ^a	0,63
2D (n=75)	23,95 ^b	0,25	84,98 ^c	1,81	15,59 ^b	0,18	66,82 ^b	1,00	104,37 ^b	0,71	20,81 ^b	0,50
4D (n=89)	25,10 ^a	0,33	90,59 ^b	1,94	15,17 ^{bc}	0,16	63,98 ^{bc}	0,97	103,84 ^b	0,62	19,30 ^c	0,43
BLL (n=185)	24,97 ^a	0,20	107,07 ^a	1,27	14,80 ^c	0,11	61,09 ^c	0,66	102,24 ^b	0,41	16,05 ^d	0,20
Provincias												
Acobamba (n=21)	23,82 ^b	0,35	75,86 ^{cd}	2,41	16,10 ^a	0,34	71,66 ^a	1,82	103,61 ^b	1,50	23,42 ^a	0,82
Angaraes (n=51)	26,54 ^a	0,55	77,67 ^{cd}	2,18	15,54 ^a	0,27	66,97 ^{abc}	1,58	102,91 ^b	0,91	22,94 ^a	0,81
Castrovirreyna (n=41)	25,99 ^a	0,31	83,56 ^{bc}	2,62	15,76 ^a	0,30	68,40 ^{ab}	1,85	103,98 ^{ab}	0,98	22,69 ^a	1,29
Churcampa (n=43)	26,58 ^a	0,42	91,61 ^b	2,02	14,41 ^b	0,26	62,39 ^c	1,46	101,16 ^b	0,83	19,03 ^b	0,69
Huancavelica (n=206)	23,73 ^b	0,14	104,80 ^a	1,37	15,48 ^a	0,11	64,19 ^{bc}	0,66	103,65 ^b	0,41	16,92 ^c	0,27
Huaytara (n=40)	24,00 ^b	0,33	74,84 ^d	2,56	15,41 ^a	0,23	64,71 ^{abc}	1,48	107,80 ^a	1,06	23,41 ^a	0,92
Tayacaja (n=40)	24,05 ^b	0,34	80,96 ^{cd}	2,19	15,35 ^a	0,28	64,32 ^{bc}	1,64	107,76 ^a	1,39	21,65 ^a	0,83

Medias con letras diferentes dentro de columnas y factor denotan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

IPEL: índice pelviano longitudinal; ICOMP: índice de compacidad; IMETO: índice metacarpotorácico o dácilo torácico; IMCOS: índice metacarpocostal o dácilo costal; ICOREL: índice de cortedad relativa; ICC: índice de carga de la caña.

Predicción del peso corporal

El producto que más se aprovecha de la llama en las explotaciones es la carne (87,6% de las mismas), como se apreció en el capítulo anterior de la presente tesis. En la actualidad, la selección que se practica en llamas con miras al mejoramiento genético es muy limitada, teniendo como único criterio de selección el tamaño y el peso. Las explotaciones de llamas de la región de Huancavelica carecen de básculas para hacer determinaciones de peso con exactitud. Bajo estas condiciones, una ecuación de predicción del peso a partir de unas pocas medidas corporales, podría representar una alternativa de solución para el problema mencionado que tienen las explotaciones. Por ello, se estimaron diversas ecuaciones de regresión predictoras del peso a través de 20 medidas zoométricas (correspondiente a la cabeza, tronco y extremidades). De igual forma, utilizando diferentes metodologías (*Stepwise* y *Cp* de Mallows) se seleccionó las mejores ecuaciones de predicción, quedándonos con el modelo que incluye el perímetro torácico y la alzada a la cruz, debido a que tienen una alta correlación con el peso (Gráfico 16 y 17), un elevado Coeficiente de Determinación ($R^2 = 86,01\%$), un menor valor del Criterio de Información de Akaike – AIC (2973,9) y un menor valor del Criterio de Información Bayesiano – BIC (2989,9). Cabe destacar también que los modelos de regresión que incluyen solo perímetro torácico o alzada a la cruz, tienen destacables valores de R^2 , AIC y BIC (Tabla 21).

Gráfico 16. Relación del peso vivo con el perímetro torácico.

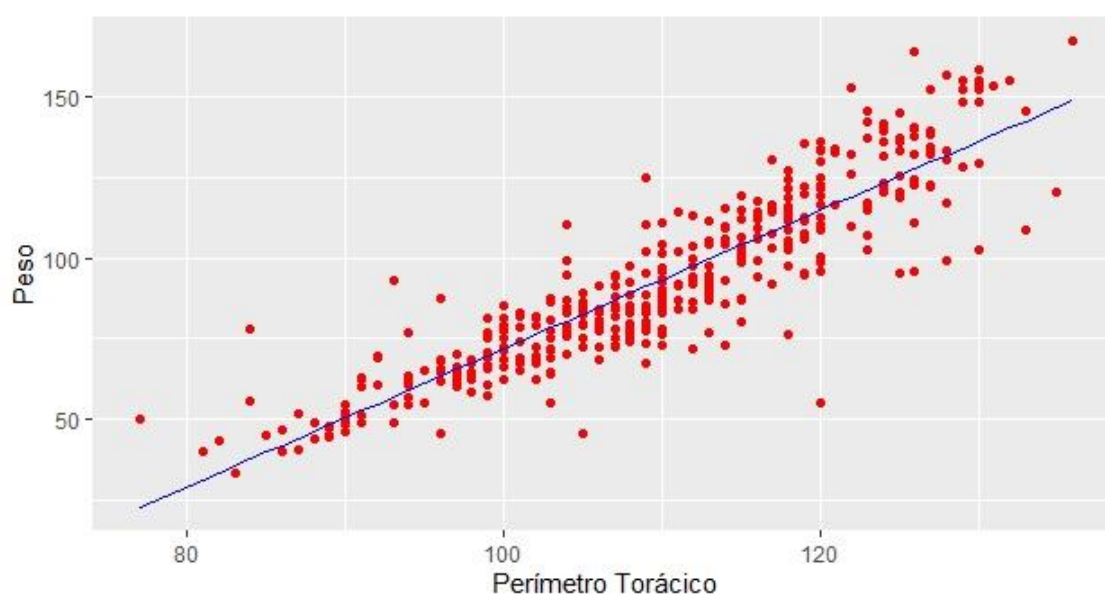


Gráfico 17. Relación del peso vivo con la alzada a la cruz.

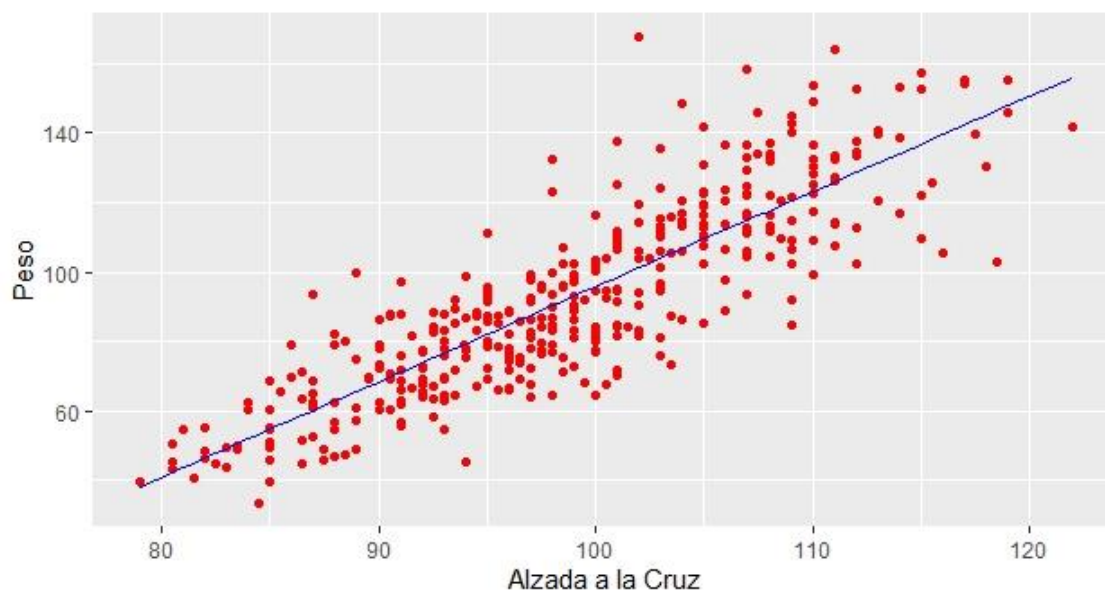


Tabla 21. Ecuaciones de regresión predictoras del peso según las distintas variables estudiadas.

Variables	Ecuaciones de predicción	R ² (%)	AIC	BIC	Orden
Per_Torácico y Alz_Cruz	$PV = -182,4 + 1,4 \times PT + 1,2 \times AC$	86,01	2973,9	2989,9	1
Per_Torácico	$PV = -142,3 + 2,1 \times PT$	80,65	3149,6	3161,6	2
Alz_Cruz	$PV = -177,9 + 2,7 \times AC$	73,07	3282,4	3294,4	3

Para validar las ecuaciones de regresiones predictoras del peso (Tabla 21) se utilizó la validación cruzada (*K-Fold Cross-Validation*), obteniéndose la raíz del error cuadrático medio (RMSE), el error absoluto medio (MAE) y el coeficiente de determinación (R²), estas medidas indican la precisión y bondad de ajuste de los modelos predictivos (Tabla 22). El modelo predictivo que incluye perímetro torácico y alzada a la cruz tiene menores valores de RMSE y MAE, lo que indica mayor precisión en sus predicciones. De igual forma tiene el mayor valor de R², lo que indica que tiene mejor bondad de ajuste que los demás modelos de predicción.

Tabla 22. Raíz del error cuadrático medio (RMSE), error absoluto medio (MAE) y coeficiente de determinación (R^2) según ecuaciones de regresión.

ECUACIONES	RMSE	MAE	R^2	Orden
$PV = -182,4 + 1,4 \times PT + 1,2 \times AC$	10,5	8	0,86	1
$PV = -142,3 + 2,1 \times PT$	11,9	9	0,81	2
$PV = -177,9 + 2,7 \times AC$	14,4	11,2	0,73	3

Para la predicción del peso en llamas otros autores han utilizado diferentes medidas biométricas como el perímetro torácico, volumen del muslo, área de la grupa, altura a la cabeza, altura a la cruz, longitud de cuerpo, longitud de cuello y volumen muscular (Llacsá *et al.*, 2007; Mendoza, 2015). Mendoza (2015) reportó una ecuación de predicción con un $R^2 = 0,68$ donde incluía como variables predictivas altura a la cabeza, perímetro torácico, perímetro superior del cuello, ancho de pecho y volumen muscular. Se puede apreciar que nuestro modelo obtuvo un R^2 superior; por otro lado, nuestros modelos predictivos tienen menos variables predictoras con una alta bondad de ajuste, lo cual le hace más sencilla su aplicación. Finalmente, cabe mencionar que los modelos de predicción reportados para el peso de llamas por otros estudios no han sido validados, cosa que si se ha realizado en el presente estudio a través de la técnica validación cruzada.

2.4. Conclusiones

- Las llamas de la región de Huancavelica, de acuerdo a los índices zoométricos son animales mesolíneos, con tórax elíptico, dolicocefalos y de grupa convéxilinea. De acuerdo a los índices zoométricos funcionales las llamas de la región Huancavelica tienen orientación cárnica.
- Las medidas zoométricas de las llamas en las diferentes provincias son diferentes, probablemente esté atribuido a factores ambientales y genéticos. Las medidas zoométricas tienden a aumentar con la edad evaluada a través de la dentición. El sexo influye solo en algunas medidas zoométricas, evidenciando aparentemente que existe dimorfismo sexual de grado menor en llamas.
- Las llamas de la región de Huancavelica presentan un modelo morfoestructural de alta armonía, ya que existe correlación positiva significativa entre todas las medidas biométricas.

- Existe correlaciones altas entre el peso y las medidas zoométricas (cefálicas, del tronco y de las extremidades), lo cual es útil para plantear modelos predictivos del peso. La ecuación de regresión que tiene como variables predictivas el perímetro torácico y la alzada a la cruz, permite predecir con buena precisión y exactitud el peso de las llamas.

CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA DE LLAMAS DE LA REGIÓN DE HUANCVELICA DEL PERÚ

3.1. Introducción

La llama (*Lama glama*) es una de las especies de los camélidos sudamericanos domésticos que se ha adaptado perfectamente a las condiciones ambientales de las zonas altoandinas y altiplánicas del Perú. También constituye un recurso de gran importancia económica para las poblaciones de los Andes, por sus múltiples posibilidades de uso (Quispe *et al.*, 2009; Stemmer *et al.*, 2005). Pese a la importancia económica que tiene este recurso zoogenético para una buena cantidad de personas, en Perú, específicamente en la región de Huancavelica, no se ha realizado estudios para una buena gestión de dicho recurso, mucho menos teniendo en cuenta las directrices establecidas por la FAO, las cuales indican que la gestión de los recursos zoogenéticos debe centrarse en el mantenimiento de la diversidad genética. Para ello se debe desarrollar actividades para comprender (caracterización), utilizar, mantener (conservación), acceder y compartir los beneficios de los recursos zoogenéticos (FAO, 2010). En ese contexto, la caracterización constituye el primer paso para una adecuada gestión y conservación de los recursos zoogenéticos. La caracterización racial de cualquier especie requiere que se realicen estudios de estructura ósea (morfoestructurales), ya realizados en un capítulo anterior, funcionales (productivos) y de la estructura del ADN (Luque, 2011).

La caracterización productiva se basa en la obtención de los valores promedio poblacionales para caracteres ligados a la producción de leche, carne, lana y otros caracteres que son importantes para describir, diferenciar e identificar un grupo poblacional. Desde un punto de vista práctico es importante porque permite conocer las potencialidades y limitaciones que tiene un grupo poblacional en el aspecto productivo. Conocer dichos caracteres nos dará una idea también de la orientación productiva que tienen, a partir de la cual podemos diseñar mejores estrategias para gestionar correctamente estos recursos.

Actualmente la orientación productiva de las llamas no está definida claramente, debido a la escasez de estudios de caracterización productiva teniendo en cuenta las directrices establecidas por la FAO; por ello el objetivo del presente capítulo fue realizar una

caracterización productiva (características textiles de la fibra y de la canal) de las llamas de la región de Huancavelica. Ello permitirá conocer las características productivas de las llamas, lo cual constituirá un punto de partida para mejorar su producción, que deberá traducirse en mejores ingresos y por ende permitirá contribuir a mejorar la calidad de vida de los criadores.

3.2. Materiales y métodos

Ámbito de estudio y tamaño muestral

Características textiles de la fibra

Se trabajó con muestras de fibras provenientes de 437 llamas (310 hembras y 127 machos), 91 de dientes de leche – DL (De 0 a 22 meses), 75 de dos dientes – 2D (De 2 a 3 años), 88 de cuatro dientes – 4D (de 3 a 4 años) y 183 de boca llena – BLL (mayor de 4 años), las cuales fueron elegidas al azar de siete provincias (Acobamba, Angaraes, Castrovirreyna, Churcampa, Huancavelica, Huaytara y Tayacaja) de la región Huancavelica de Perú.

Características cárnicas

Para obtener algunas características productivas cárnicas (peso y talla al nacimiento) de las llamas, se utilizaron los registros productivos del Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos – Lachocc (CIDCS - Lachocc) de la Universidad Nacional de Huancavelica (UNH). Por otro lado, se obtuvieron medidas de canal (peso de canal caliente - PC, longitud de canal - LC, profundidad de pecho – PP, longitud de pierna - LP, perímetro de la nalga - PN y profundidad del flanco - PF) de 45 llamas adultas en el matadero de la provincia de Huancavelica.

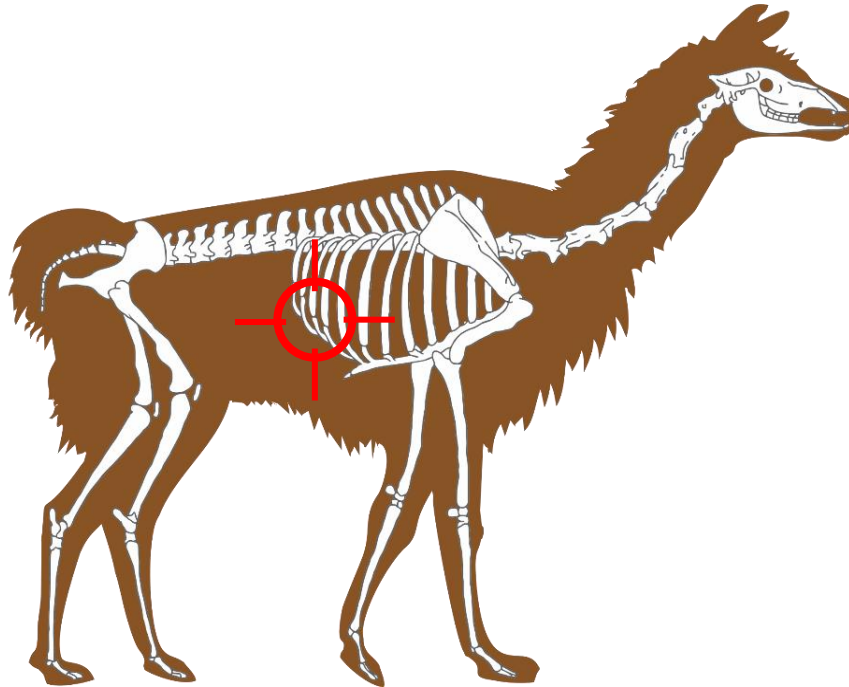
Recogida de datos

Características textiles de la fibra

Las muestras de fibra de las llamas se obtuvieron de la zona lateral central entre la línea superior e inferior del animal, a la altura de la décima costilla o "costillar medio" (Aylan-Parker y McGregor, 2002) como se observa en la Figura 6, las cuales fueron rotuladas de forma individual, con datos que incluyeron: procedencia (provincia), sexo y dentición. Posteriormente se trasladaron al área de fibras textiles del Laboratorio de Mejoramiento

Genético (LAMG), de la Universidad Nacional de Huancavelica (UNH) para su respectivo análisis.

Figura 6. Lugar de donde se obtuvo la muestra de fibra.



Las muestras fueron descordadas manualmente, de acuerdo al procedimiento descrito por Frank *et al.* (2012). Para facilitar el trabajo de descordado se utilizó dos fondos como contraste, el blanco para ubicar las cerdas oscuras y el fondo negro para ubicar cerdas blancas.

Las muestras de fibras descordadas fueron analizadas en el área de fibras textiles (la cual tiene las siguientes condiciones ambientales: 20 °C y 65% de humedad relativa) del Laboratorio de Mejoramiento Genético (LAMG) de la UNH, con el equipo OFDA 2000 (*Optical Fibre Diameter Analyser*), de acuerdo al procedimiento descrito por Brims *et al.* (1999). Las características textiles obtenidas fueron:

- Diámetro medio de la fibra (DMF)
- Coeficiente de variación del diámetro medio de la fibra (CVDMF)
- Factor de confort (FC)
- Índice de curvatura (IC)
- Finura al hilado (FH)
- Longitud de fibra (LF)

Características productivas cárnicas

Para obtener algunas características productivas cárnicas como el peso (peso del animal inmediatamente después de su nacimiento) y la talla (se refiere a la talla del animal inmediatamente después del nacimiento y es la distancia entre la parte más alta de la cruz y el suelo) al nacimiento, se utilizaron los registros productivos del Centro de Investigación y Desarrollo de Camélidos Sudamericanos – Lachocc de la Universidad Nacional de Huancavelica. Por otra parte, las medidas de canal (Figura 7) se obtuvieron en el matadero de la provincia de Huancavelica utilizando una balanza y una cinta métrica.

Análisis estadístico

Todas las características textiles fueron analizadas mediante estadística descriptiva, calculándose su media y error estándar. También se evaluó la influencia del sexo, edad (dentición) y provincia sobre las características textiles a través del análisis de la varianza (ANOVA), utilizando la opción *lm* (*linear model*) del programa estadístico R. Las variables (CVDMF, FC, IC, FH y LF) que no cumplían los supuestos del análisis de la varianza (normalidad de los residuos y homocedasticidad), fueron procesados utilizando pruebas no paramétricas y robustas (Package: WRS2). En los casos que se detectaron diferencias estadísticas significativas entre las medias, se compararon dos a dos mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey.

El modelo aditivo lineal que explica la respuesta de estas variables correspondería a:

$$Y_{ijkl} = \mu + p_i + e_j + s_k + \varepsilon_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = variables respuesta (características textiles).

μ = media general de la población.

p_i = efecto de la provincia (Acobamba, Angaraes, Castrovirreyna, Churcampa, Huancavelica, Huaytara y Tayacaja)

e_j = efecto de la edad (DL, 2D, 4D y BLL).

s_k = efecto del sexo (hembra y macho).

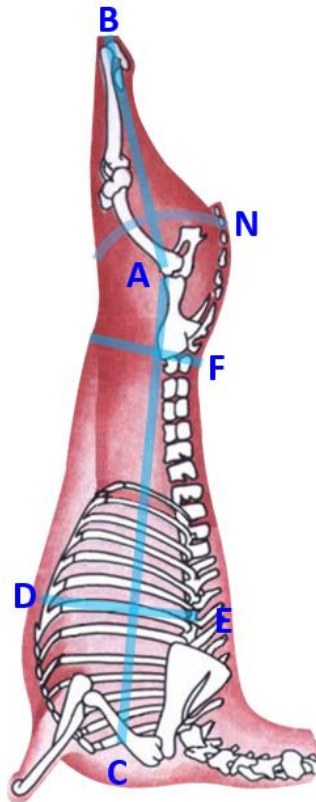
ε_{ijkl} = error experimental.

Para contrastar el efecto del descordado sobre las características textiles de las llamas, se utilizó la prueba de T de Student para muestras relacionadas. Posteriormente, para evaluar

la posible correlación entre las características textiles se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson.

Por otro lado, las características productivas cárnicas fueron analizadas mediante estadística descriptiva (media y error estándar), teniendo en cuenta el sexo cuyo efecto fue contrastado a través de la prueba de T de Student para muestras independientes.

Figura 7. Medidas de canal tomadas en las llamas.



- A – C Longitud de la canal: Distancia máxima entre el borde anterior de la sínfisis isquiopubiana y el borde anterior de la primera costilla en su punto medio.
- A – B Longitud de la pierna: Distancia más corta entre el periné y el borde anterior de la superficie articular tarso-metatarsiana.
- D – E Profundidad del pecho: distancia máxima entre el esternón y el dorso de la canal a nivel de la sexta vértebra torácica.
- N Perímetro de la nalga: Se mide desde la articulación femoro-tibio-rotuliana (rodilla), perfilando el contorno de la nalga, pasando por la parte media del músculo semitendinoso y regresando hasta la articulación.
- F Profundidad del flanco: Distancia entre la última vértebra lumbar y la parte posterior del flanco.

3.3. Resultados y discusión

Características productivas textiles

En las Tablas 24 y 25 se presenta las siguientes características textiles (sin descerदार y tras el descerदार): diámetro medio de la fibra – DMF: 38,1 μm y 23,7 μm ; coeficiente de variación del diámetro medio de la fibra – CVDMF: 31,7% y 20%; factor de confort – FC: 54,9% y 88,4%; índice de curvatura – IC: 30 $^{\circ}/\text{mm}$ y 41,6 $^{\circ}/\text{mm}$; finura al hilado – FH: 34,7 μm y 23 μm ; y longitud de fibra – LF: 59,8 mm y 80,6 mm. Nuestros resultados en general son similares a lo publicado por Mancilla (2017).

En Huancavelica es común escuchar a los criadores decir que los vellones de las llamas son gruesos y que por eso no se aprovecha (no se esquilan estos animales). Esta afirmación no es del todo cierta ya que la llama tiene dos tipos de fibra: las cerdas (fibra gruesa o pelo) y la fibra fina; al separarlas (descerदार), esta última, la fibra fina, tiene buena calidad. Nuestros resultados ratifican esa afirmación, ya que el descerदार tuvo un efecto significativo sobre todas las características textiles en estudio (Tabla 23), lo cual demuestra que el descerदार mejora la calidad de la fibra de las llamas. Esto ha sido reportado también por otros trabajos (Cochi, 1999; Frank *et al.*, 2011; Laime *et al.*, 2016; Quispe, 2014). El descerदार permitió obtener fibras más finas y homogéneas, con mayor factor de confort (menor factor de picazón) y mayor índice de curvatura. Este último es de interés para la industria textil, ya que según Fish *et al.* (1999) confiere mayor densidad a los productos textiles. Las características mencionadas son consideradas y valoradas en la confección de prendas de vestir (Mcgregor, 2012).

Tabla 23. Efecto del descerदार sobre las características textiles de la fibra de llama.

	DMF (μm)		CVDMF (%)		FC (%)		FH (μm)		IC ($^{\circ}/\text{mm}$)		LF (mm)	
	D ¹	Sig. ²	D	Sig.	D	Sig.	D	Sig.	D	Sig.	D	Sig.
Descerदार	14,4	***	11,7	***	33,5	***	11,7	***	11,6	***	20,8	***

DMF; diámetro medio de la fibra; CVDMF: coeficiente de variación del DMF; FC: factor de confort; FH: finura al hilado; IC: índice de curvatura; LF: longitud de fibra

¹ Diferencia de medias antes y después de descerदार y ² Nivel de significancia estadística (*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001; n.s.: no significativo)

Por otro lado, se puede observar en la Tabla 25 que las características textiles de las fibras de llamas después de descerदार son comparables a las características textiles de las fibras

de alpacas reportadas por varios autores (Lupton *et al.*, 2006; Montes *et al.*, 2008; Vásquez *et al.*, 2015).

Se puede apreciar que existen diferencias estadísticamente significativas entre provincias y de igual forma entre edades (dentición) para todas las características textiles analizadas después de descender. De las seis características textiles analizadas no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre sexo para coeficiente de variación del diámetro medio de la fibra y factor de confort (Tabla 25).

Se observa que las llamas de las provincias de Castrovirreyna y Huaytara son las que presentan fibras de mayor calidad, ya que en media tienen un DMF = 21,6 μm (buena finura), un CVDMF = 18,9% (buena homogeneidad de fibras), un FC = 95% (menor factor de picazón), una FH = 20,7 μm (buena finura al hilado) y un IC = 43,8 $^{\circ}/\text{mm}$ (mayor número de rizos). También se puede observar que las llamas de las provincias de Huancavelica y Churcampa presentan fibras de menor calidad (DMF = 24,6 μm , CVDMF = 19,9%, FC = 86%, FH = 23,8 μm e IC = 38,4 $^{\circ}/\text{mm}$). De igual manera se aprecia que las llamas de las provincias de Acobamba, Angaraes y Tayacaja presentan fibras de calidades intermedias (DMF = 22,7 μm , CVDMF = 19,7%, FC = 91,6%, FH = 21,9 μm e IC = 41,1 $^{\circ}/\text{mm}$).

En la comercialización de las fibras textiles se paga de acuerdo a la categoría donde estas se ubican. Las categorías se han elaborado de acuerdo a las características requeridas por la industria textil y está plasmado en la norma técnica peruana 231.302. Desde este punto de vista las diferencias encontradas entre provincias son importantes, ya que las fibras de las provincias de Castrovirreyna y Huaytara estarían ubicadas en la categoría de extrafina, las fibras de las provincias de Acobamba, Angaraes y Tayacaja estarían ubicadas en la categoría de fina y las fibras de las provincias de Huancavelica y Churcampa estarían ubicadas en la categoría de semi fina, y los precios estaría condicionados a estas categorías. Las diferencias encontradas en las características textiles entre provincias se podrían atribuir a factores genéticos y ambientales. El principal factor ambiental sería la localización geográfica, ya que las explotaciones de llamas de las provincias de Castrovirreyna y Huaytara se encuentran a mayor altitud, donde las temperaturas son más bajas y por ello las llamas, como respuesta a dichas condiciones, presentarían fibras más finas en comparación con las llamas de las explotaciones de las demás provincias que se encuentran a menor altitud. Por otro lado, se puede observar que la característica longitud

de fibra también varía de acuerdo a la procedencia (provincias), pero ello hay que interpretarlo con cautela ya que las llamas utilizadas en el presente trabajo nunca han sido esquiladas, y las longitudes encontradas estarían influidas por la edad de los animales, pues animales de mayor edad tendrían mayor longitud de fibra (Tabla 25).

Los animales jóvenes presentan fibras de mayor calidad (mayor finura, factor de confort, uniformidad e índice de curvatura). Se puede ver que la edad es un factor que influye en las seis características textiles analizadas, evidenciando que según avanza la edad de la llama, la calidad de la fibra disminuye (Tabla 25). Esto probablemente se deba a los cambios fisiológicos que ocurren a nivel folicular (Chaparro, 2013; Mamani *et al.*, 2012; Montes *et al.*, 2008). Por otro lado, los resultados del presente estudio, corroboran las conclusiones de diversos investigadores que han trabajado con fibras de camélidos sudamericanos, quienes indican que el diámetro medio de la fibra, finura al hilado y el factor de confort disminuyen progresivamente a medida que aumenta la edad del animal (Cancino *et al.*, 2006; Frank *et al.*, 2011; Lupton *et al.*, 2006; McGregor y Butler, 2004; Sunari, 1986; Wang *et al.*, 2003).

En la Tabla 25, se puede observar que las llamas hembras presentan fibras de mayor calidad (mayor finura, factor de confort e índice de curvatura) en comparación con los machos. Siguyro (2009) menciona que las llamas hembras muestran fibras más finas, lo cual puede deberse al grado de relación de folículos primarios y secundarios, puesto que se encontró mayor porcentaje de folículos primarios (estos folículos dan origen a las fibras más gruesas) en machos.

Los valores del diámetro medio de la fibra encontrados resultaron ligeramente inferiores a lo reportado por Mancilla (2017). No obstante, fueron superiores a los publicados en otros estudios (Cancino *et al.*, 2006; Hick *et al.*, 2009; Quispe, 2014; Stemmer y Valle, 2005). Por otro lado, Martínez *et al.* (1997) y Cochi (1999) indican valores más altos del diámetro medio de la fibra. Estas variaciones podrían atribuirse a la localización geográfica de las explotaciones, la cual condiciona el clima y esta a su vez el tipo y condición de los pastos naturales que tienen como alimento las llamas. Por otro parte, también estas diferencias pueden atribuirse a la diferente constitución genética de los animales ya que los resultados sugieren una considerable variabilidad de las características mencionadas en llamas.

El coeficiente de variación del diámetro medio de la fibra (CVDMF) es una medida de heterogeneidad del diámetro de las fibras dentro de un vellón, la cual es muy apreciada por la industria textil. Lupton *et al.* (2006) indican que es conveniente un valor menor a 24%, pues a partir de este valor, la finura al hilado disminuye 1 μm por cada 5% de disminución del coeficiente de variación del diámetro medio de la fibra. Por ello el CVDMF (20%) encontrado en el presente trabajo resulta adecuado para las exigencias de la industria textil, siendo incluso inferior a valores de 23,48 a 28,10% reportados en alpacas (Lupton *et al.*, 2006; McGregor, 2002; McGregor y Butler, 2004; Wang *et al.*, Wang y Liu, 2003).

Tabla 24. Medias y error (E.E.) estándar de características textiles de la fibra sin descender de llamas de la región de Huancavelica.

FACTORES	DMF (μm)		CVDMF (%)		FC (%)		FH (μm)		IC ($^{\circ}/\text{mm}$)		LF (mm)	
	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.
Provincias												
Acobamba (n=21)	35,65	0,75	30,72	0,68	56,73	1,50	32,28	0,78	26,77	0,68	72,50	4,11
Angaraes (n=50)	37,63	0,61	30,21	0,41	53,04	1,21	33,76	0,60	29,93	0,81	61,10	3,56
Castrovirreyna (n=40)	34,69	0,69	30,11	0,52	56,44	1,21	31,21	0,70	29,55	1,15	68,50	4,37
Churcampa (n=43)	38,96	0,71	30,00	0,34	51,70	1,63	35,14	0,67	29,71	2,38	97,79	5,98
Huancavelica (n=203)	39,86	0,32	32,94	0,24	54,26	0,74	36,77	0,34	30,68	0,43	47,76	1,41
Huaytara (n=40)	35,12	0,46	29,95	0,45	58,61	1,10	31,44	0,47	29,80	0,75	74,31	3,85
Tayacaja (n=40)	36,05	0,47	32,55	0,38	57,22	1,03	33,45	0,59	28,59	0,92	48,06	2,52
Dentición												
DL (n=91)	36,43	0,40	31,18	0,35	56,56	0,98	32,95	0,41	31,14	0,72	57,39	2,80
2D (n=75)	36,73	0,51	31,07	0,41	56,41	0,98	33,31	0,53	29,90	0,68	58,77	3,05
4D (n=88)	37,12	0,42	31,12	0,30	55,67	0,91	33,80	0,43	29,79	0,82	64,66	3,03
BLL (n=183)	39,86	0,36	32,41	0,26	52,98	0,74	36,68	0,38	29,42	0,60	58,97	2,26
Sexo												
Hembra (n=310)	37,75	0,26	31,73	0,19	55,58	0,54	34,48	0,27	29,86	0,33	57,89	1,49
Macho (n=127)	38,81	0,43	31,51	0,31	53,08	0,82	35,39	0,43	30,13	0,92	64,31	2,99

DMF: diámetro medio de la fibra; CVDMF: coeficiente de variación del DMF; FC: factor de confort; FH: finura al hilado; IC: índice de curvatura; LF: longitud de fibra

Tabla 25. Medias y error estándar (E.E.) de características textiles de la fibra descordada de llamas de la región de Huancavelica.

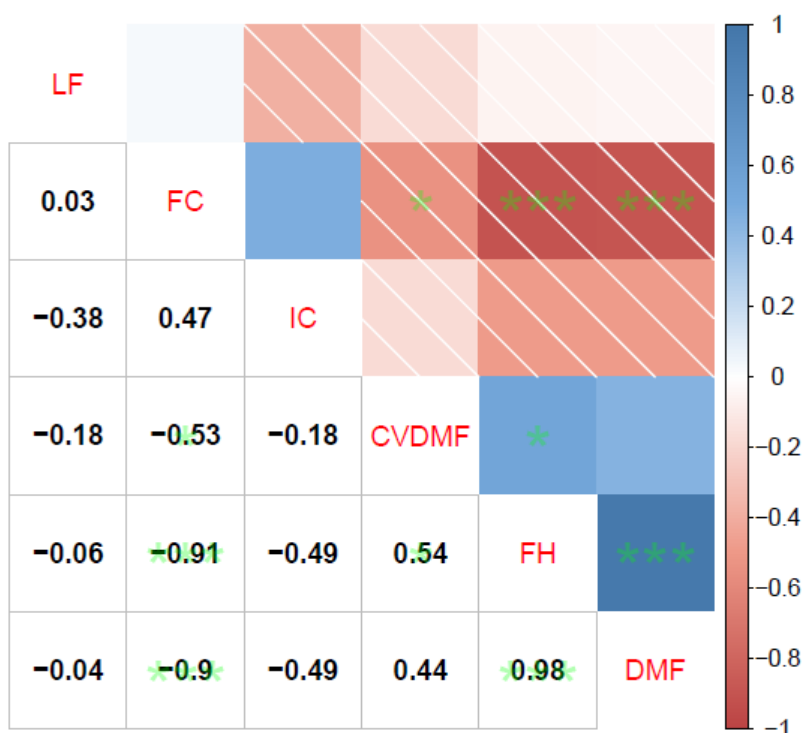
FACTORES	DMF (µm)		CVDMF (%)		FC (%)		FH (µm)		IC (°/mm)		LF (mm)	
	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.
Provincias												
Acobamba (n=21)	22,19 ^{cd}	0,50	19,46 ^{ab}	0,43	93,97 ^{ab}	1,53	21,35 ^{bc}	0,52	39,35 ^{bcd}	1,05	114,29 ^{ab}	5,81
Angaraes (n=50)	23,31 ^{bc}	0,4	19,10 ^b	0,27	89,61 ^{abc}	1,95	22,32 ^{bc}	0,40	45,13 ^a	1,33	55,50 ^e	2,44
Castrovirreyna (n=40)	21,50 ^d	0,45	19,02 ^b	0,33	94,39 ^{ab}	1,35	20,63 ^c	0,47	44,04 ^{ab}	1,65	90,62 ^c	4,91
Churcampa (n=43)	24,28 ^{ab}	0,46	19,00 ^b	0,23	87,29 ^{bc}	2,07	23,24 ^{ab}	0,44	34,73 ^d	1,13	120,58 ^a	4,96
Huancavelica (n=203)	24,95 ^a	0,21	20,81 ^a	0,16	84,64 ^c	0,88	24,33 ^a	0,22	42,06 ^{abc}	0,51	70,36 ^d	1,72
Huaytara (n=40)	21,72 ^{cd}	0,30	18,84 ^b	0,29	95,62 ^a	0,57	20,77 ^c	0,32	43,48 ^{abc}	0,93	94,62 ^{bc}	4,39
Tayacaja (n=40)	22,45 ^{cd}	0,32	20,59 ^a	0,26	91,09 ^{ab}	1,31	22,13 ^{bc}	0,40	38,88 ^{cd}	1,08	79,38 ^{cd}	4,65
Dentición												
DL (n=91)	22,63 ^b	0,26	19,70 ^b	0,23	91,61 ^a	1,14	21,79 ^b	0,27	44,37 ^a	0,78	66,54 ^c	2,32
2D (n=75)	22,84 ^b	0,34	19,63 ^b	0,27	91,38 ^a	1,16	22,03 ^b	0,35	42,41 ^{ab}	0,91	75,53 ^{bc}	2,90
4D (n=88)	23,09 ^b	0,27	19,66 ^b	0,19	91,02 ^a	1,03	22,35 ^b	0,28	41,65 ^{ab}	0,94	85,57 ^{ab}	3,22
BLL (n=183)	24,93 ^a	0,23	20,48 ^a	0,17	84,34 ^b	0,98	24,27 ^a	0,25	39,81 ^b	0,58	87,32 ^a	2,75
Sexo												
Hembra (n=310)	23,53 ^b	0,17	20,04 ^a	0,12	88,94 ^a	0,68	22,81 ^b	0,18	42,48 ^a	0,45	78,06 ^b	1,71
Macho (n=127)	24,20 ^a	0,28	19,94 ^a	0,20	87,10 ^a	1,09	23,41 ^a	0,29	39,37 ^b	0,72	86,85 ^a	3,22

Medias con letras diferentes dentro de columnas y factor denotan diferencias estadísticamente significativas (p<0,05)

DMF; diámetro medio de la fibra; CVDMF: coeficiente de variación del DMF; FC: factor de confort; FH: finura al hilado; IC: índice de curvatura; LF: longitud de fibra

En el Gráfico 18, se puede apreciar una correlación negativa ($r = -0,9$) muy alta entre el diámetro medio de la fibra y el factor de confort, indicando que a menor diámetro medio de la fibra (más finura) mayor será el factor de confort, siendo estos resultados similares a los expuestos por Lupton *et al.* (2006), Cervantes *et al.* (2010) y Vásquez (2015) en alpacas. El diámetro medio de la fibra presenta asimismo una correlación positiva muy alta ($r = 0,98$) con la finura al hilado. También se puede apreciar una correlación negativa ($-0,91$) muy alta entre el factor de confort y la finura al hilado. Por otro lado, se aprecia una correlación negativa ($-0,53$) moderada entre el factor de confort y el coeficiente de variación del diámetro medio de la fibra, indicando que a mayor uniformidad (menor coeficiente de variación del diámetro medio de la fibra) de las fibras estas tendrían mayor factor de confort. Las correlaciones encontradas son interesantes, ya que a través del valor de una de las características textiles se podría predecir el valor de otra característica.

Gráfico 18. Correlaciones de Pearson entre características textiles de llamas de la región de Huancavelica.



DMF; diámetro medio de la fibra; CVDMF: coeficiente de variación del DMF; FC: factor de confort; FH: finura al hilado; IC: índice de curvatura; LF: longitud de fibra

Características productivas cárnicas

En la Tabla 26, se puede apreciar que el sexo no ejerce ninguna influencia sobre el peso y la talla al nacimiento de las llamas del CIDCS – Lachocc, siendo los pesos al nacimiento

ligeramente superiores a 12 kg y la talla al nacimiento próxima a los 70 cm. Cabe resaltar, que reportes respecto a peso y talla al nacimiento de llamas son escasos; el único trabajo que reporta valores respecto a estas variables hasta la fecha es el de Jara y Apaza (2016), con los cuales nuestros resultados son similares.

Tabla 26. Medias y error estándar de peso y talla al nacimiento de llamas.

SEXO	PESO AL NACIMIENTO (kg)		TALLA AL NACIMIENTO (cm)	
	Media	E.E.	Media	E.E.
Hembra (n=56)	12,066 ^a	0,219	69,875 ^a	0,921
Macho (n=68)	12,300 ^a	0,211	69,882 ^a	0,619

Medias con letras iguales dentro de columnas denotan que no existe diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$)

Tabla 27. Medias y error estándar de medidas de canal de llamas.

SEXO	PC		LC		PP		LP		PN		PF	
	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.
Hembra (n=24)	60,4 ^b	1,0	91,9 ^b	0,6	36,5 ^a	0,6	47,1 ^b	0,5	92,6 ^a	0,9	20,8 ^a	0,3
Macho (n=21)	70,2 ^a	0,9	98,6 ^a	0,3	36,3 ^a	0,4	48,6 ^a	0,3	93,5 ^a	0,5	20,7 ^a	0,2

Medias con letras diferentes dentro de columnas denotan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

PC; peso de canal caliente; LC: longitud de canal; LP: longitud de pierna; PP: profundidad de pecho; PN: perímetro de la nalga; PF: profundidad del flanco

Estudios respecto a medidas de canal en llamas no han sido reportadas hasta la fecha, de igual forma para otros camélidos sudamericanos como la alpaca y el guanaco. Por ello no ha sido posible comparar nuestros resultados. Pero se puede apreciar en la Tabla 27 que las llamas tienen un buen potencial como animal cárnico. Ello todavía adquiere más valor si mencionamos que la carne de la llama tiene alto porcentaje (23,9%) de proteína y bajo porcentaje (29,3%) de colesterol (Mamani-Linares y Gallo, 2011; Vilca, 1991).

De las seis medidas de canal, se encontraron diferencias significativas entre sexos para tres de ellas (peso de canal caliente – PC, longitud de canal – LC y longitud de pierna – LP). Por otra parte, no se encontraron diferencias estadísticas significativas para profundidad de pecho – PP, perímetro de nalga – PN y profundidad de flanco – PF (Tabla 27).

3.4. Conclusiones

- Las características textiles de la fibra de las llamas en las diferentes provincias son diferentes, probablemente debido a factores ambientales (alimentación, localización geográfica, etc.) y genéticos.
- El descordado mejora las características textiles de la fibra de llamas (diámetro medio de la fibra, coeficiente de variación del DMF, factor de confort y finura al hilado), lo cual demuestra que de este recurso zoogenético también se puede aprovechar su fibra para prendas de vestir.
- La edad es un factor que influye en las características textiles de la fibra de las llamas, evidenciando que según avanza la edad la calidad de la fibra disminuye. Las llamas hembras presentan fibras de mayor calidad (mayor finura, factor de confort e índice de curvatura) en comparación de los machos.
- En la región de Huancavelica existen provincias que tienen llamas con fibras de mayor calidad (mayor finura, factor de confort, uniformidad e índice de curvatura) y se ubican en la categoría extra fina. También hay provincias con llamas con fibras de menor calidad (menor finura, factor de confort, uniformidad e índice de curvatura) y se ubican en la categoría de semi fina.
- Existe correlaciones muy altas entre las características textiles diámetro de fibra, finura al hilado y factor de confort.
- El sexo no ejerce influencia sobre el peso y la talla al nacimiento de las llamas.
- Las llamas de la región de Huancavelica de acuerdo a sus medidas de canal tienen buen potencial como animal cárnico.

CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN GENÉTICA DE LA POBLACIÓN DE LLAMAS DE LA REGIÓN DE HUANCVELICA DEL PERÚ

4.1. Introducción

El estudio de los camélidos sudamericanos es de gran interés para el Perú, debido a su importancia en el mantenimiento y desarrollo de las poblaciones humanas altoandinas. En Perú se encuentra el mayor número de alpacas del mundo y la segunda población más grande de llamas.

En los últimos años se ha considerado de gran importancia la documentación de los recursos genéticos existentes en distintas especies, incluyendo la descripción de las características fenotípicas, de rendimiento, importancia cultural y la singularidad genética de la población, como una de las tareas principales de las actividades ganaderas de conservación. También la descripción de la diversidad genética es de gran utilidad para orientar el aprovechamiento sostenible y la intensificación de la producción animal y mantener o mejorar la capacidad para recuperar especies amenazadas (Barreta, 2012).

En Perú, y específicamente en la región de Huancavelica, los estudios genéticos sobre la llama son escasos y se limitan básicamente al análisis parcial de los parámetros cuantitativos de los rasgos relacionados con el crecimiento y la fibra (Stemmer *et al.*, 2005; Wurzinger *et al.*, 2005). El desconocimiento de la variabilidad genética de la población de llamas en la región de Huancavelica, no permite tomar decisiones acertadas en la gestión de estos recursos. Por otro lado, en los últimos años, los marcadores microsatélites han demostrado ser marcadores polimórficos útiles para el análisis de la variabilidad genética dentro y entre las poblaciones de animales.

Por todo lo mencionado, y dada la falta de estudios genéticos centrados en las poblaciones de llamas de la región de Huancavelica y la necesidad de conocer la variabilidad genética de estas poblaciones, con la finalidad de gestionarlas adecuadamente, el presente trabajo ha abordado el estudio genético de las poblaciones de llamas de la región de Huancavelica, realizando una valoración de la diversidad y estructura genética a nivel del ADN nuclear, utilizando marcadores tipo microsatélite.

4.2. Materiales y métodos

Material biológico

Para el análisis molecular de ADN, se obtuvo aleatoriamente, 109 muestras de sangre de llamas, mediante punción en la vena yugular de cada animal con agujas al vacío y colectadas en tubos al vacío con solución anticoagulante (EDTA 2,5 %). Las muestras fueron tomadas en 5 provincias de la región de Huancavelica: Angaraes (20), Huancavelica (24), Castrovirreyna (19), Churcampa (23) y Huaytara (23).

Extracción de ADN

La extracción del ADN genómico se realizó a partir de los glóbulos blancos de las 109 muestras sanguíneas indicadas en el apartado anterior. La extracción se realizó por lisis celular con detergente (TE) y Proteinasa K, liberando así el ADN. Luego se desproteinizó con solvente orgánico (cloroformo: alcohol isoamílico) y se precipitó con etanol, según el método descrito por Sambrook *et al.* (1989). El ADN extraído se cuantificó por espectrofotometría. Por otro lado, para verificar la calidad del ADN, se realizó una electroforesis en geles de agarosa al 1%. Finalmente se conservó a -20 °C hasta su utilización.

Marcadores moleculares de tipo microsatélite

Para el análisis se utilizaron 22 marcadores microsatélites (Tabla 28) reportados en trabajos anteriores (teniendo en cuenta que hubieran amplificado correctamente) y recomendados por la ISAG (*International Society for Animal Genetics*). Los 22 microsatélites que finalmente se escogieron fueron los siguientes: LCA05, LCA08, LCA19, LCA24, LCA37, LCA56, LCA65, LCA66, LCA94, LCA99, LGU49, YWLL29, YWLL40, YWLL46, LCA90, VOLP04, VOLP72, VOLP77, YWLL08, YWLL36, YWLL43, YWLL44.

Tabla 28. Secuencias *forward* (F) y *reverse* (R) de los *primers* de los 22 loci de microsatélites utilizados en este estudio.

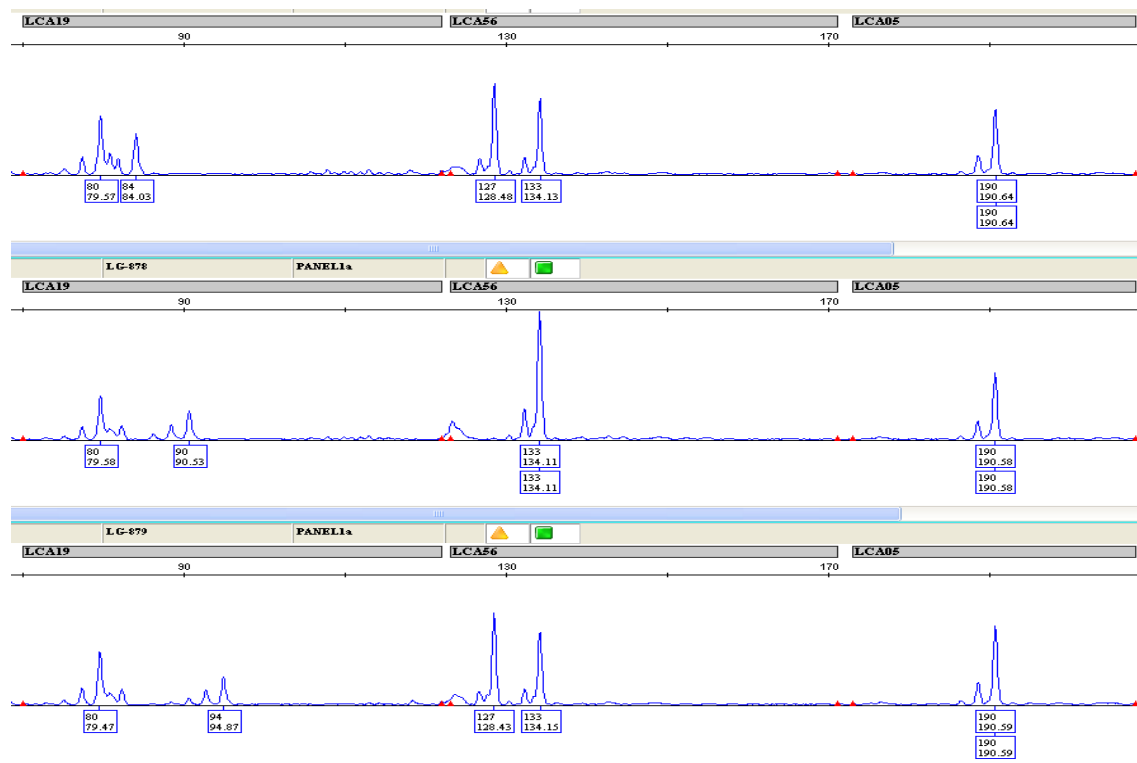
Microsatélites	Secuencia de los primers (5' → 3')	Accesión/Referencia
LCA05	F: GTGGTTTTTGCCCAAGCTC R: ACCTCCAGTCTGGGGATTTT	Penedo <i>et al.</i> , 1998
LCA08	F: GCTGAACCACAATGCAAAGA R: AATGCAGATGTGCCTCAGTT	Penedo <i>et al.</i> , 1998
LCA19	F: TAAGTCCAGCCCCACACTCA R: GGTGAAGGGGCTTGA TCT TC	Penedo <i>et al.</i> , 1998
LCA24	F: ACTCACGGGTGACATACAGTG R: GAGCAGTGTGGTTGTCATT	AF060101
LCA37	F: AAACCTAATTACCTCCCCCA R: CCATGTAGTTGCAGGACACG	Penedo <i>et al.</i> , 1998
LCA56	F: ATGGTGTTCACAGGGCGTTG R: GCATTACTGAAAAGCCCAGG	AF091122
LCA65	F: TTTTCCCCTGTGGTTGAAT R: AACTCAGCTGTTGTCAGGGG	AF091124
LCA66	F: GTGCAGCGTCCAAATAGTCA R: CCAGCATCGTCCAGTATTCA	Penedo <i>et al.</i> , 1998
LCA94	F: GTCCATTTCATCCAGCACAGG R: ACATTTGGCAATCTCTGGAGAA	Penedo <i>et al.</i> , 1999
LCA99	F: TTTTCCCCTGTGGTTGA R: AACTCAGCTGTTGTCAGGGG	Penedo <i>et al.</i> , 1999
LGU49	F: TCTAGGTCCATCCCCTGTTGC R: GTGCTGGAATAGTGCCCGT	Sarno <i>et al.</i> , 2000
YWLL29	F: GAAGGCAGGAGAAAAGGTAG R: CAGAGGCTTAATAACTTGACAG	Lang <i>et al.</i> , 1996
YWLL40	F: CACATGACCATGTCCCCTTAT R: CCAGTGACAGTGTGACTAAGA	Lang <i>et al.</i> , 1996
YWLL46	F: AAGCAGAGTGATTTAACCGTG R: GGATGACTAAGACTGCTCTGA	Lang <i>et al.</i> , 1996
LCA90	F: TATAACCCTGGTCTCGCCAA R: CCAAGTAGTATTCCATTATGCG	Penedo <i>et al.</i> 1999
VOLP04	F: GCATTTCTCCGTAATCATTG R: TGACACCTTTTGTTCATT	Obreque <i>et al.</i> , 1999
VOLP72	F: ACCAGGAAACCCAACTACTCTT R: GTCAAGGGGCAGGATGT	Obreque <i>et al.</i> , 1999
VOLP77	F: TATTGGTGGTGACATT R: CATCACTGTACATATGAAGG	Obreque <i>et al.</i> , 1999
YWLL08	F: ATCAAGTTGAGGTGCTTTCC R: CCATGGCATTGTGTTGAAGAC	Lang <i>et al.</i> , 1996
YWLL36	F: AGTCTTGGTGTGGTGGTAGAA R: TGCCAGGATACTGACATTCAT	Lang <i>et al.</i> , 1996
YWLL43	F: ATACCTCTCTTGCTCTCTCTC R: CCTCTACAACCATGTTAGCCA	Lang <i>et al.</i> , 1996
YWLL44	F: CTCAACAATGCTAGACCTTGG R: GAGAACACAGGCTGGTGAATA	Lang <i>et al.</i> , 1996

Genotipado de microsatélites

La amplificación se realizó mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Las reacciones de amplificación por PCR se prepararon en un volumen final de 10 µl, considerando las siguientes concentraciones finales (Mullis, 1990): 1× tampón de PCR, MgCl₂ 2,0 mM, dNTP 0,25 mM, cebador 0,2 µM, 0,05 U de Taq Polimerasa, y 2 µl de

ADN 25 ng/μl. Se utilizó el siguiente programa de temperaturas: una fase de desnaturalización a 95 °C durante 5 min, seguida de 25 ciclos con una primera fase de desnaturalización a 95 °C durante 30 s, hibridación o anillamiento del iniciador a 58 °C por 90 s y una de fase extensión a 72 °C por 1 min; y una extensión final a 72 °C por 30 min. Los productos amplificados fueron separados mediante electroforesis capilar (Figura 8) utilizando el Analizador Genético ABI3130 XL (*Applied Biosystems*).

Figura 8. Ejemplo de electroferograma de microsatélites en llamas.



Análisis estadístico

Diversidad genética

Para analizar la diversidad genética, se calcularon las frecuencias alélicas, número de alelos por locus (N_a), número de alelos efectivos (N_e) y las heterocigosis observada (H_o) y esperada (H_e) con el programa informático GenAlEx (Peakall y Smouse, 2012). Por otra parte, las desviaciones del equilibrio Hardy-Weinberg (HWE) por locus y subpoblación fueron estimadas mediante el programa Genepop (Raymond y Rousset, 1996), que aplica el test exacto de Fisher para la obtención de las significaciones estadísticas utilizando el método de Monte Carlo con cadenas Markov. Adicionalmente, se calculó el contenido de información polimórfica – PIC (Botstein *et al.*, 1980) de cada microsatélite mediante el programa Cervus (Kalinowski *et al.*, 2007).

Estructura genética y sus relaciones

Para el análisis de la estructura de la población se estimaron los F-estadísticos (F_{IT} , F_{IS} y F_{ST}) de Wright (1978) utilizando el programa Genetix (Belkhir *et al.*, 2004)

Para determinar las distancias genéticas entre subpoblaciones se ha calculado la matriz de distancia genética de Nei y también se hallaron los valores de la distancia genética ponderada de Reynolds, estos cálculos se realizaron utilizando el paquete informático Populations v.1.2.32 (Langella, 2007).

Análisis Factorial de Correspondencias

Se efectuó el análisis factorial de correspondencias (AFC) de las frecuencias alélicas por locus e individuo con el programa Genetix (Belkhir *et al.*, 2004), para obtener un gráfico tridimensional de datos multivariados y confirmar la separación o proximidad entre las subpoblaciones de llamas de la región de Huancavelica.

Estructura de poblaciones

Con el programa Structure (Pritchard *et al.*, 2000) se ha realizado el análisis de la estructura genética de las poblaciones de llamas de la región de Huancavelica. Este programa asigna individuos a clusters relacionando a los más parecidos genéticamente, por medio de un algoritmo bayesiano que emplea un modelo basado en el método de Monte Carlo con cadenas de Markov, que estima la distribución a posteriori de cada coeficiente de mezcla de cada individuo (q). Se ha utilizado un periodo de burn-in de 10.000 repeticiones y 100.000 iteraciones.

4.3. Resultados y discusión

Polimorfismo de los marcadores microsatélite analizados

Los 22 loci analizados han sido polimórficos y útiles para determinar la diversidad genética de la llama de la región de Huancavelica, dado que 21 loci fueron muy informativos y solamente un locus medianamente informativo (Tabla 29, 30 y Anexo 3).

Tabla 29. Clasificación de microsatélites respecto a su contenido de información polimórfica (PIC).

Muy informativos (PIC > 0,5)	Medianamente informativo (PIC 0,25 a 0,5)
LCA05, LCA08, LCA24, LCA37, LCA56, LCA65, LCA66, LCA94, LCA99, LGU49, YWLL29, YWLL40, YWLL46, LCA90, VOLP04, VOLP72, VOLP77, YWLL08, YWLL36, YWLL43, YWLL44	LCA19

Variabilidad genética

Un total de 218 alelos fueron identificados. El número de alelos por locus osciló entre 4 en el locus YWLL40 y 17 en el locus YWLL08. En las provincias estas cifras variaron entre 2, en los loci YWLL40 y LCA94 en las provincias de Churcampa y Huaytara, y 11 en los loci LCA37, LCA66 y YWLL08 en las provincias de Huancavelica y Churcampa.

El número medio de alelos por locus fue de 6, mientras que en las subpoblaciones osciló entre 5,1 en la provincia de Huaytara y 6,9 en la provincia de Huancavelica. El número de alelos no toma en cuenta la frecuencia relativa de los alelos, es decir los alelos raros y comunes se cuantifican y contribuyen de igual forma. Para poder controlar estos efectos también se calculó el número medio de alelos efectivos (se define como la probabilidad de que dos alelos de un locus elegido al azar en la población sean idénticos por descendencia) que fue de 3,5, mientras que en las subpoblaciones osciló entre 2,97 en la provincia de Huaytara y 3,9 en la provincia de Churcampa.

En el conjunto de la población la heterocigosis media observada fue de $0,68 \pm 0,018$, mientras que en las subpoblaciones varió entre 0,63 (Huaytara) y 0,72 (Churcampa). Estos valores están dentro del intervalo reportado para diferentes poblaciones de llamas, que van desde 0,60 (Bustamante *et al.*, 2006) hasta 0,75 (Díaz *et al.*, 2015). Para el total de la población la heterocigosis media esperada fue de $0,68 \pm 0,014$, mientras que en las

subpoblaciones estuvo entre 0,64 (Huaytara) y 0,71 (Huancavelica). El número medio de alelos por locus y la heterocigosis media observada y esperada indican que las llamas de la región de Huancavelica presentan una variabilidad genética alta (Tablas 30 y 31), pero también se debe tener en cuenta que los microsatélites son muy variables y se han elegido aquellos que presentan variabilidad y por ello pueden tender a un sesgo al alza respecto a la variabilidad genética.

En el conjunto de la población, la heterocigosis esperada y la observada tuvieron el mismo valor numérico y puede considerarse que las llamas de la región de Huancavelica se encuentran en equilibrio HW. Nuestro resultado respecto al equilibrio HW que presenta la población de llamas de la región de Huancavelica, es diferente a los reportados por varios autores (Barreta *et al.*, 2012; Bustamante *et al.*, 2006; Diaz *et al.*, 2015), ya que en sus resultados mostraron que las poblaciones de llamas que estudiaron, no se encontraban en equilibrio HW. Ello probablemente se deba, como indicaron los mencionados autores, a la selección que realizan los criadores de llamas en las poblaciones que estudiaron y de igual manera al constante flujo genético (compra de reproductores) que se da en las mencionadas poblaciones.

La población de llamas de la región de Huancavelica se desvía del equilibrio HW de forma significativa solo en tres loci (LCA66, LGU49 y YWLL43) de los 22 loci analizados. De igual forma se desvía del equilibrio HW en forma significativa en solo dos provincias (Huancavelica y Castrovirreyna) de las cinco analizadas, lo cual puede atribuirse a la consanguinidad debido al tipo de manejo reproductivo de las zonas estudiadas, caracterizado por ser no planificado y mantener una ratio macho/hembra bajo. De igual manera los desvíos también pueden atribuirse a la selección que practican algunos criadores de las provincias de Huancavelica y Castrovirreyna. Aunque no se puede descartar otros determinantes de la deficiencia de heterocigotos, como el efecto Wahlund, la presencia de alelos nulos, la existencia de desequilibrio de ligamiento con algún gen de interés sometido a selección y un posible sesgo en el genotipado (Maudet *et al.*, 2002; Wahlund, 1928; Wigginton *et al.*, 2005).

Tabla 30. Microsatélites analizados, número medio de alelos (Na), número de alelos efectivos (Ne), contenido de información polimórfica (PIC), heterocigosis observada (Ho) y esperada (He) y desviación del equilibrio de Hardy-Weinberg (HW).

Locus	Na	Ne	PIC	Ho	He	HW^a
LCA05	4,6	2,383	0,561	0,558	0,539	n.s.
LCA08	6,8	4,092	0,829	0,810	0,767	n.s.
LCA19	4,0	1,646	0,390	0,376	0,383	n.s.
LCA24	5,6	3,157	0,680	0,661	0,684	n.s.
LCA37	8,0	4,578	0,826	0,790	0,784	n.s.
LCA56	4,8	3,354	0,724	0,677	0,679	n.s.
LCA65	6,6	3,960	0,774	0,778	0,736	n.s.
LCA66	7,6	3,888	0,786	0,679	0,730	**
LCA94	4,0	2,164	0,518	0,575	0,500	n.s.
LCA99	5,6	2,814	0,676	0,689	0,647	n.s.
LGU49	6,4	3,827	0,772	0,694	0,742	*
YWLL29	5,8	3,879	0,738	0,745	0,747	n.s.
YWLL40	3,0	2,282	0,528	0,583	0,551	n.s.
YWLL46	4,4	3,425	0,733	0,735	0,712	n.s.
LCA90	5,4	2,529	0,636	0,605	0,598	n.s.
VOLP04	8,2	4,542	0,814	0,807	0,773	n.s.
VOLP72	5,2	3,353	0,703	0,736	0,709	n.s.
VOLP77	6,6	3,415	0,723	0,698	0,702	n.s.
YWLL08	8,6	5,318	0,853	0,811	0,803	n.s.
YWLL36	6,2	4,382	0,804	0,812	0,785	n.s.
YWLL43	7,4	3,615	0,828	0,414	0,712	***
YWLL44	6,6	4,060	0,773	0,764	0,731	n.s.
Promedio	5,97	3,485	0,712	0,682	0,682	

^a Significancia estadística del valor de probabilidad obtenido en la prueba de HWE: n.s. (no significativo);

* P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001

Tabla 31. Parámetros de diversidad genética en las subpoblaciones de llamas de la región Huancavelica de Perú: número medio de alelos por locus (Na), número de alelos efectivos (Ne), heterocigosis observada (Ho) y esperada (He).

Subpoblación	Na	Ne	Ho	He	HW ^a
Angaraes	6,318	3,388	0,661	0,672	n.s.
Huancavelica	6,864	3,694	0,703	0,712	**
Castrovirreyna	5,364	3,485	0,699	0,690	*
Churcampa	6,182	3,888	0,721	0,701	n.s.
Huaytara	5,136	2,968	0,625	0,637	n.s.
Promedio	5,973	3,485	0,682	0,682	

^a Significancia estadística del valor de probabilidad obtenido en la prueba de HWE: n.s. (no significativo);

* P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001

Estructura genética

La proporción de la variabilidad genética explicada por las diferencias entre las subpoblaciones de llamas de la región de Huancavelica es moderada ($F_{ST} = 0,1$), de acuerdo con el criterio de diferenciación genética establecido por Balloux y Lugon-Moulin (2002). Según este parámetro el 90% de la varianza en las frecuencias alélicas se expresa dentro de cada provincia y el 10% de la varianza se atribuye a diferencias entre provincias (Tabla 32). La moderada diferenciación entre provincias, probablemente se deba a la reducida migración (flujo de genes) que ocurre entre estas provincias, ya que la mayoría de los criadores no realizan intercambio y tampoco compra de reproductores. El valor F_{ST} encontrado en el presente trabajo es superior al estimado en otras poblaciones como llamas argentinas (0,07; Bustamante *et al.*, 2006), llamas bolivianas (0,03; Barreta *et al.*, 2012) y llamas suri (0,07; Díaz *et al.*, 2015). Esta inferioridad podría atribuirse al flujo genético que ocurre en dichas poblaciones de llamas (argentinas, bolivianas y suri), ya que los criadores realizan frecuentemente actividades de compra e intercambio de reproductores (Bustamante *et al.*, 2006; Barreta *et al.*, 2012; Díaz *et al.*, 2015).

El valor F_{IS} promedio indica que las provincias tienen un 0,1% de déficit de heterocigotos, aunque este valor no es significativamente distinto de 0, y el F_{IT} , que muestra la población como un conjunto, presenta un 10% de déficit de heterocigotos. El F_{IS} también es considerado como una medida de la consanguinidad, por lo que el valor encontrado en el presente trabajo indicaría bajos o nulos niveles de consanguinidad en las subpoblaciones (provincias) estudiadas, lo cual se explicaría por los apareamientos aleatorios que se dan

en estas explotaciones, ya que solo un porcentaje mínimo de explotaciones realiza la selección basado en el fenotipo (animales grandes). Por otro lado, los valores encontrados de F_{IS} y F_{IT} en el presente trabajo son inferiores a los reportados por Bustamante *et al.* (2006) y Barreta *et al.* (2012) en llamas argentinas y bolivianas respectivamente.

Tabla 32. Estadísticos F de Wright.

Locus	F_{IS}	F_{IT}	F_{ST}
LCA05	0,00272	0,10215	0,09970
LCA08	0,00459	0,10328	0,09915
LCA19	0,00101	0,10262	0,10172
LCA24	-0,00024	0,10252	0,10274
LCA37	0,00183	0,10270	0,10106
LCA56	0,00136	0,10060	0,09937
LCA65	0,00445	0,10442	0,10042
LCA66	-0,0017	0,09851	0,10004
LCA94	0,00684	0,10609	0,09993
LCA99	0,00416	0,10421	0,10047
LGU49	-0,00124	0,10021	0,10133
YWLL29	0,00156	0,10426	0,10286
YWLL40	0,0032	0,10212	0,09923
YWLL46	0,00306	0,10324	0,10049
LCA90	0,00213	0,09950	0,09758
VOLP04	0,0036	0,10379	0,10055
VOLP72	0,00342	0,10515	0,10208
VOLP77	0,00129	0,10254	0,10138
YWLL08	0,00189	0,10239	0,10068
YWLL36	0,00391	0,10569	0,10218
YWLL43	-0,01997	0,07773	0,09579
YWLL44	0,00369	0,10346	0,10014
Promedio	0,00143	0,10169	0,10040
Intervalo de confianza (95%)	-0,032 – 0,051	0,066 – 0,155	0,087 – 0,114

Distancias genéticas

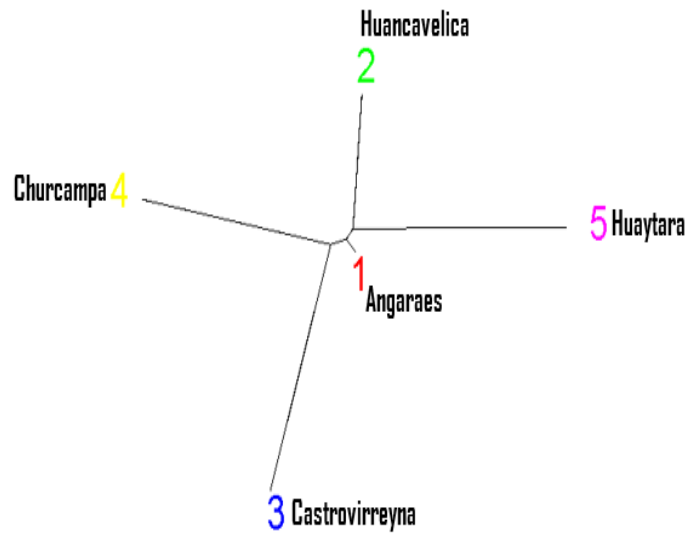
Para estudiar la diferenciación genética entre las subpoblaciones de llamas se ha utilizado las distancias de Nei (Nei, 1973) y de Reynolds (Reynolds *et al.*, 1983), las cuales son una estimación de la separación entre poblaciones, de tal forma que cuanto menor es la distancia entre poblaciones, más próximas se encuentran estas genéticamente. En nuestro caso, los valores de la distancia de Nei oscilaron entre 0,175 y 0,384, lo cual indica que existe una moderada diferenciación genética entre las subpoblaciones de llamas de acuerdo al criterio indicado por Hedrick (2010). Concretamente las provincias más cercanas son Angaraes, Huancavelica, Huaytara y Churcampa. Por otra parte, la provincia que más se aleja de las demás es la de Castrovirreyna (Tabla 33). A partir de las distancias de Nei se construyó un dendrograma mediante el algoritmo Neighbour-Joining (Gráfico 19).

Por otro lado, los valores de la distancia genética ponderada de Reynolds oscilaron entre 0,070 y 0,194, ratificando que existe una moderada diferenciación genética entre las subpoblaciones. Es así, que la mayor medida de diferencia genética también se observa entre la provincia de Castrovirreyna y Huaytara, y la menor medida de diferencia genética también se observa entre la provincia de Huancavelica y Churcampa similar a la observado según la distancia de Nei (Tabla 33).

Tabla 33. Valores de la distancia genética de Nei (debajo de la diagonal) y de la distancia genética ponderada de Reynolds (encima de la diagonal) en las subpoblaciones de llamas de la región de Huancavelica.

	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
Angaraes	-	0,085	0,150	0,138	0,149
Huancavelica	0,183	-	0,136	0,070	0,104
Castrovirreyna	0,300	0,337	-	0,145	0,194
Churcampa	0,292	0,175	0,349	-	0,141
Huaytara	0,264	0,204	0,384	0,279	-

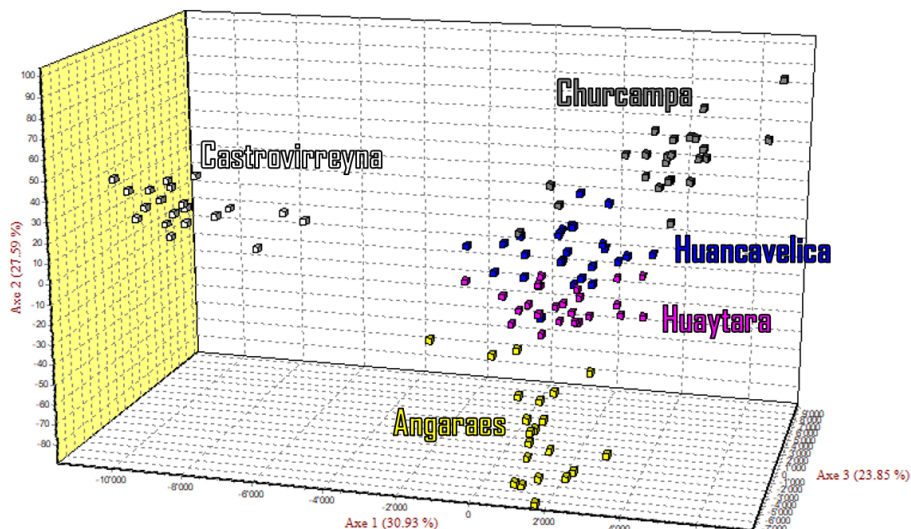
Gráfico 19. Dendograma utilizando la distancia de Nei que muestra las relaciones genéticas entre las llamas de las 5 provincias de la región de Huancavelica.



Análisis factorial de correspondencias

Se realizó el Análisis Factorial de Correspondencias (AFC) para interpretar de manera más clara la información brindada en el dendograma anterior. El AFC muestra que las subpoblaciones de llamas de la provincia de Huancavelica, Churcampa y Huaytara están más relacionadas genéticamente. Asimismo, nos indica que la subpoblación de llamas de la provincia de Angaraes, muestran un cierto grado de separación de las subpoblaciones mencionadas. Por otro lado, las llamas de la provincia de Castrovirreyna son las que más se alejan de las demás provincias (Gráfico 20).

Gráfico 20. Representación espacial tridimensional del análisis factorial de correspondencias (AFC) respecto a la diferenciación genética entre las llamas de las cinco provincias de la región de Huancavelica.



Estructura de las poblaciones

Mediante el programa *Structure* (Pritchard *et al.*, 2000), utilizando un algoritmo bayesiano se ha determinado el modelo de agrupamiento de las subpoblaciones. El algoritmo asigna cada individuo a una subpoblación independientemente de la subpoblación de donde procede. Cada individuo está representado por una barra vertical. Cuando la barra vertical es de un solo color significa que el 100 % del genoma de ese individuo pertenece a ese clúster (K), mientras que si tiene dos o más colores significa que comparte el genoma con otros clústers (K). En el Gráfico 22 se puede observar que la población de llamas de la provincia de Castrovirreyna es la más diferenciada.

Para encontrar el K óptimo (Gráfico 21), se utilizó el programa en línea StructureSelector (Li y Liu, 2018), el cual indica que el valor de K óptimo es 5. Cuando se asume la existencia de dos poblaciones ancestrales (K=2), se diferencian las llamas de las provincias de Angaraes y Huaytara (rojo) de las llamas de las provincias de Huancavelica, Castrovirreyna y Churcampa (verde). Cuando se asume que existen tres poblaciones ancestrales (K=3), las llamas de las provincias de Angaraes y Huaytara (azul) se asemejan, de igual manera que lo hacen las llamas de las provincias de Huancavelica y Churcampa (verde), y las que se diferencian son las llamas de la provincia de Castrovirreyna (rojo). Cuando se asume que existen cuatro poblaciones ancestrales (K=4) las llamas de las provincias de Angaraes y Huaytara (verde) se asemejan; en cambio las llamas de las provincias de Huancavelica, Castrovirreyna y Churcampa se empiezan a diferenciar. Cuando se asume que existe cinco poblaciones (K=5) se separan las cinco poblaciones en clústeres independientes. Este resultado hace notar que las poblaciones de llamas de las diferentes provincias mantienen su estructura genética con un bajo nivel de mezcla de individuos entre ellas, pero cabe destacar que comparten genes algunos individuos de las provincias de Huancavelica, Angaraes y Churcampa, de igual manera se puede observar también que comparten genes algunos individuos de las provincias de Castrovirreyna y Huaytara, esto podría atribuirse a la relativa cercanía geográfica que existe entre las explotaciones de las provincias de Huancavelica, Angaraes y Churcampa y de igual manera entre las explotaciones de las provincias de Castrovirreyna y Huaytara.

Gráfico 21. Curva del mejor K.

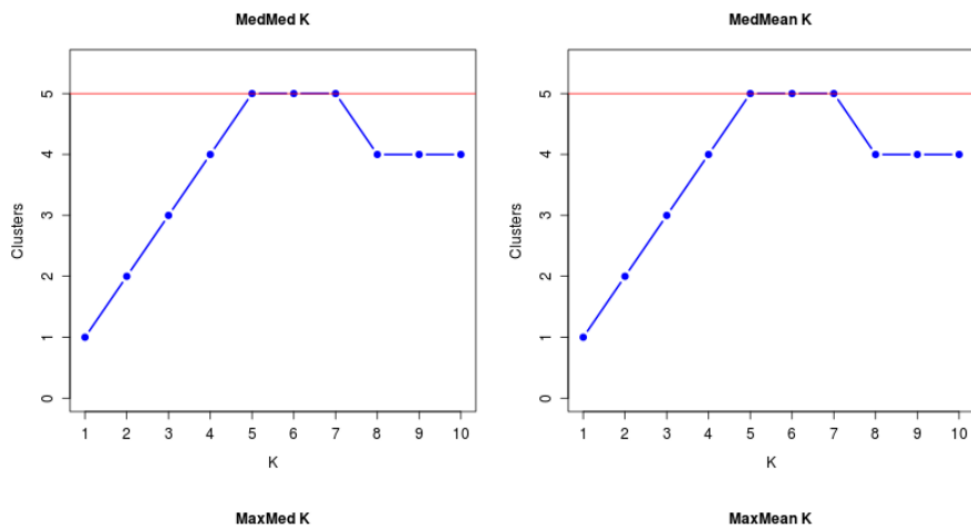
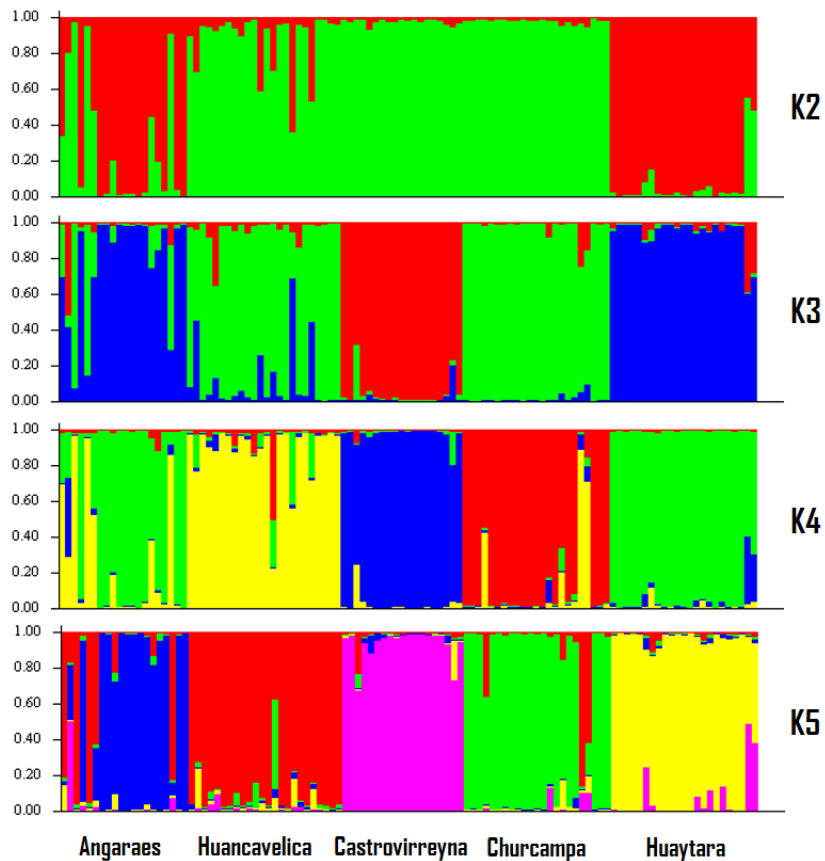


Gráfico 22. Análisis de la estructura de las subpoblaciones de llamas de la región de Huancavelica.



Relaciones genéticas de las llamas de la región de Huancavelica con una población de alpacas de la misma región

A efectos de posicionar las poblaciones de llamas de la región de Huancavelica en relación con otra especie próxima, se ha incluido una población de alpacas procedente de

la misma región, representada en 27 individuos que han sido genotipados respecto a 14 microsatélites.

Los diferentes clústeres ($k = 2, 3, 4, 5$ y 6) muestran que la población de llamas de la región de Huancavelica muestra claras diferencias y un buen grado de separación respecto a la población de alpacas (Gráfico 23). Cabe mencionar también que la subpoblación de llamas de la provincia de Castrovirreyna se diferencia de las llamas de las demás provincias. Por otro lado, al comparar con el gráfico de estructura de las subpoblaciones de llamas únicamente (Gráfico 22), se aprecia similar diferenciación entre las subpoblaciones de llamas. Finalmente, se puede apreciar que el AFC (Gráfico 24) ratifica lo mencionado anteriormente.

Gráfico 23. Análisis de la estructura de las subpoblaciones de llamas de la región de Huancavelica y una población de alpacas.

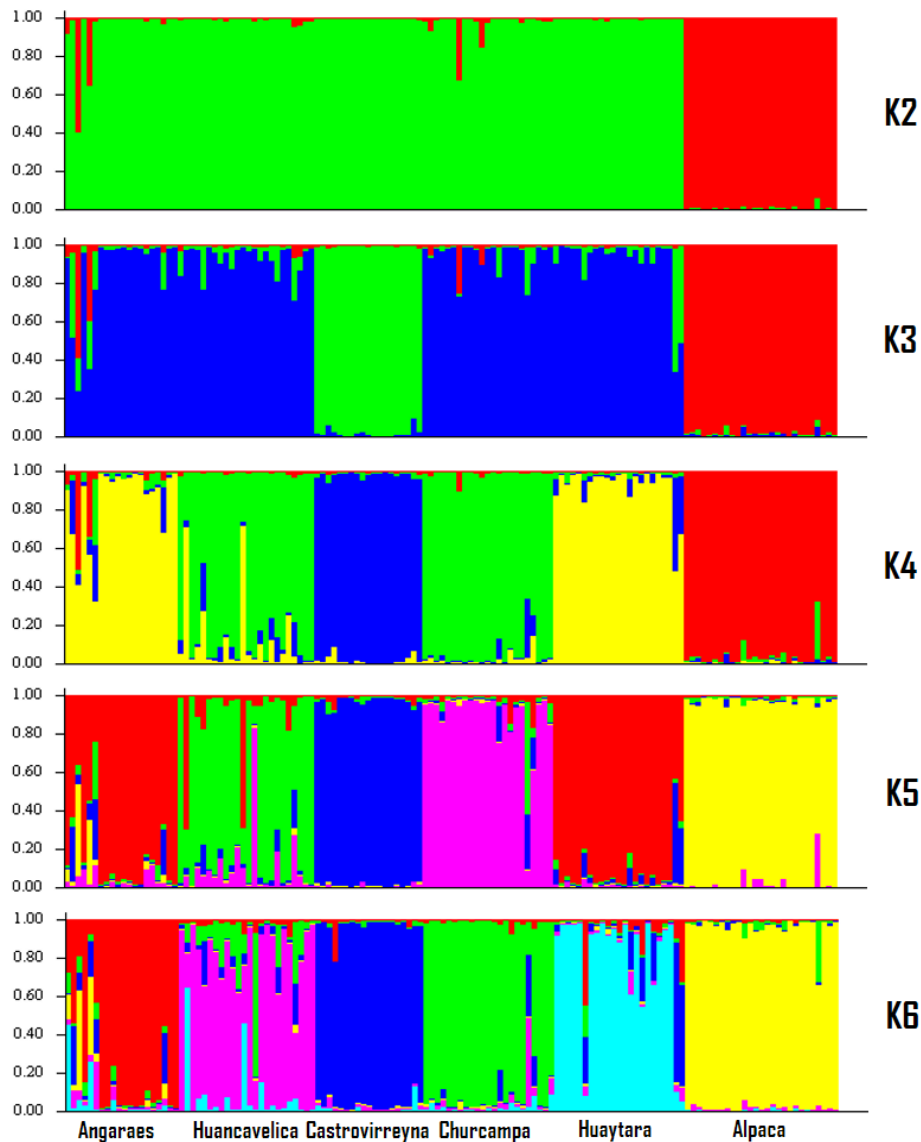
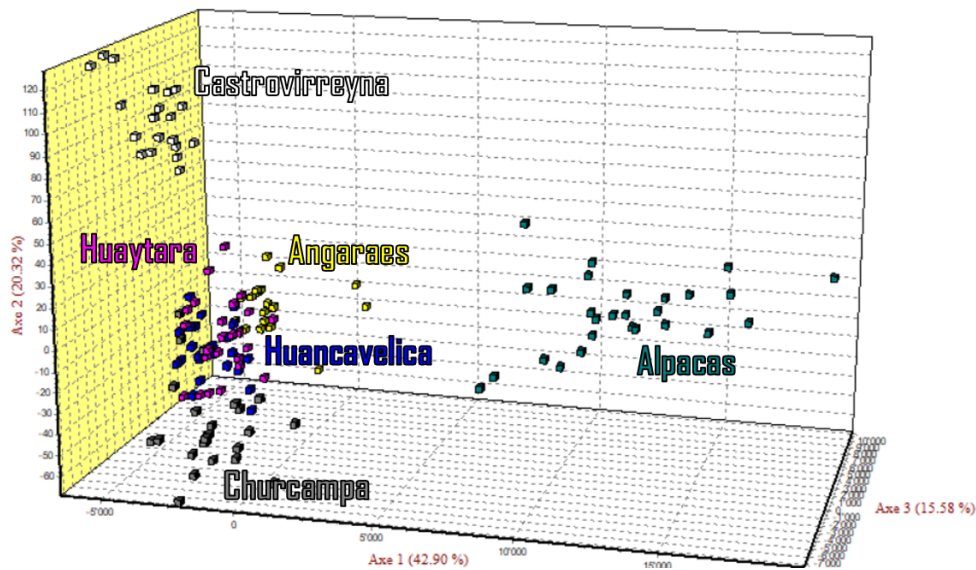


Gráfico 24. Representación espacial tridimensional del análisis factorial de correspondencias (AFC) respecto a la diferenciación genética entre las cinco subpoblaciones analizadas y una población de alpacas.



4.4. Conclusiones

- Los 22 microsatélites analizados han sido muy polimórficos e informativos, por lo cual podríamos indicar que son útiles para determinar la diversidad genética en poblaciones de llamas.
- El presente estudio revela que la llama de la región de Huancavelica muestra una variabilidad genética alta, según el número de alelos por locus, próximo a 10, y elevadas heterocigosis (68%).
- La población de llamas de la región de Huancavelica se encuentra en equilibrio HW, esto se atribuiría a los apareamientos aleatorios y a la reducida migración y selección que se da en esta población.
- El moderado índice F_{ST} , nos indica que la diversidad genética cuantificada por los marcadores microsatélites, muestra una moderada diferenciación genética entre las subpoblaciones de llamas de la región de Huancavelica.
- Las subpoblaciones de llamas de la provincia de Huancavelica, Churcampa y Huaytara están más relacionadas genéticamente. Asimismo, las llamas de la provincia de Angaraes, muestran un cierto grado de separación de las provincias

mencionadas. Pero las llamas de la provincia de Castrovirreyna son las que más se diferencian de las demás.

- La población de llamas de la región de Huancavelica muestra claras diferencias y un buen grado de separación respecto a la población de alpacas de la misma región.

DISCUSIÓN GENERAL

Los camélidos sudamericanos domésticos (alpaca y llama), constituyen el principal medio de utilización productiva de áreas de pastos naturales en las zonas altoandinas (más de 3.000 m s.n.m.) de Perú, donde no es posible la agricultura y la crianza exitosa de otras especies de animales domésticos. Estas áreas productoras de camélidos incluyen las provincias con mayor pobreza y marginalización (Quispe *et al.*, 2009). La llama es una especie muy apreciada por los ganaderos de la zona altoandina de Perú, por su gran rusticidad, máxima adaptación a las difíciles condiciones medioambientales y por ser productora de carne; pero el abandono de esta especie por parte del sector agrario, está provocando una disminución de la población (Censo Agropecuario 1994 y 2014) que pone en riesgo esta especie. Trabajos para la conservación y mantenimiento de este recurso siguiendo las directrices establecidas por la FAO, no se han desarrollado en el Perú, mucho menos en la región de Huancavelica. Los resultados de la presente tesis han permitido conocer las características estructurales de las explotaciones de llamas y de igual manera las características morfológicas, productivas y genéticas de la población de llamas de la región de Huancavelica, lo que contribuirá a sentar las bases de un posible programa de conservación y mejora genética en esta región.

Caracterización estructural de las explotaciones de llamas de la región de Huancavelica del Perú

Para la caracterización de las explotaciones de llamas de la región de Huancavelica se ha utilizado una encuesta amplia, que abordó diversos aspectos (económicas, infraestructura, mano de obra, comercialización, características de los rebaños y manejo) de las explotaciones. De igual manera, se caracterizó una cantidad representativa de explotaciones. Estos aspectos garantizan la solidez de los resultados del presente trabajo. También cabe destacar la predisposición y colaboración de todos los ganaderos al momento de realizar esta actividad.

Un gran porcentaje de los criadores de llamas de la región de Huancavelica son varones y se caracterizan por tener edad avanzada, bajo nivel educativo y se encuentran desorganizados, estos aspectos son una limitante para que se pueda emprender la crianza de llamas de forma tecnificada en esta región. Similares características reportaron en criadores de otros lugares (Laura, 2003; Quina, 2015; Wolfinger, 2012).

La mayoría de las explotaciones de llamas presentan inadecuadas y difíciles vías de acceso. De igual manera no cuentan con servicio de energía eléctrica, agua potable y desagüe. Por otro lado, los terrenos que tienen son de tipo comunal, en este tipo de tenencia de tierras, se puede apreciar que en la actividad de pastoreo prima la competencia y no el manejo racional y sostenible.

La infraestructura básica para la crianza de llamas en la región de Huancavelica es muy deficiente, ya que muy pocos criadores disponen de instalaciones como mangas de manejo, silos, cobertizos, etc. La única infraestructura básica que tiene la mayoría (95,9%) de los criadores son corrales, que están contruidos a base de material rudimentario como las piedras. Los resultados del presente trabajo coinciden con lo reportado por varios autores (Hinojosa *et al.*, 2019; Quispe *et al.*, 2009; Wurzinger *et al.*, 2008).

La crianza de llamas se desarrolla juntamente con otras actividades económicas como la agricultura, artesanía, minería y construcción. De las mencionadas actividades, se debe destacar la agricultura como la actividad complementaria de mayor importancia de la ganadería, debido a que la mayoría de las explotaciones desarrollan esta actividad, sobre todo en las provincias que están ubicadas a menos altitud. Por otro lado, la mayor parte de los ingresos económicos de las explotaciones proviene de la ganadería (75,2%), siendo el ingreso atribuido a la crianza de llamas el 16,7%. También cabe destacar que, en la mayoría de las explotaciones, las llamas se crían juntamente con otras especies de animales domésticos (ovinos, alpacas, vacunos, etc.), lo que indica que la explotación de llamas responde a un sistema extensivo mixto, coincidiendo con Quina (2015). En las explotaciones de llamas la mano de obra es asumida por los miembros de la familia, a pesar de ello la mayoría de los hijos no se quieren dedicar a la ganadería, probablemente porque no es una actividad bien remunerada en la actualidad. Ello sería una de las causas de que la gente joven migre de las zonas rurales a las zonas urbanas, favoreciendo el envejecimiento de la población de estas zonas.

Los rebaños en la región de Huancavelica, están contruidos en promedio por grupos de 27 llamas. La mayoría de los criadores aprovechan de estos animales su carne y lo utilizan también como medio de transporte, lo mismo indicaron Barreta (2012) y Mendoza (2015). Respecto a la tendencia poblacional de las llamas se puede apreciar que es descendente, esto también lo ratifica los diversos censos agropecuarios realizados por el Instituto

Nacional de Estadística e Informática de Perú. En relación al futuro, también es preocupante que solo el 42,8% de criadores encuestados se planteen aumentar la cantidad de llamas. De continuar esta tendencia de disminución de la población de llamas en la región de Huancavelica, probablemente en los próximos años estaremos frente a un riesgo de extinción de estos excepcionales animales adaptados a las zonas altoandinas.

La alimentación de las llamas en la región de Huancavelica está basada exclusivamente en los pastos naturales, el método de pastoreo que prima es el pastoreo libre, la mayoría de los criadores no cuentan con un plan de manejo y conservación de los pastos naturales y el pastoreo dura aproximadamente 9 horas al día en promedio. Estos aspectos probablemente sean algunas de las causas de que las praderas de los pastos naturales en las zonas altoandinas estén sobrepastoreados.

En la mayoría de las explotaciones las llamas no están identificadas, lo que tiene como consecuencia la ausencia de registros reproductivos, muy parecido a lo que ocurre en la crianza de alpacas (Hinojosa *et al.*, 2019). Por otro lado, la reproducción en la mayoría de los rebaños se desarrolla mediante monta libre, semejante a lo reportado por Quina (2015), Hinojosa *et al.* (2019) y Gómez (2013) en llamas, alpacas y caprinos respectivamente. Estos hechos hacen que no se pueda monitorear, ni tomar medidas para mejorar la eficiencia reproductiva de las llamas, de igual manera conducen a la ausencia de los registros genealógicos. Por otro lado, la ausencia de registros productivos y genealógicos no permite realizar evaluaciones genéticas de los animales para seleccionarlos en base a su mérito genético, obviamente ello no permite mejorar las producciones desde un enfoque genético.

Las enfermedades que traen más repercusiones en las explotaciones de llamas de la región de Huancavelica son la sarna y piojera en animales adultos, en cambio en crías son la neumonía y la diarrea. Esto coincide con lo reportado por varios autores (Hinojosa *et al.*, 2019; Laura, 2003; Mendoza, 2015).

La mayoría de las explotaciones comercializan la carne, ya sea como carne propiamente dicha o animal en pie, mientras que un número reducido de explotaciones también comercializan la fibra de las llamas. Esto probablemente se deba al desconocimiento de las características textiles de la fibra de estos animales. Casi la totalidad (95,9%) de los criadores no ha recibido ningún tipo de asistencia técnica ni ayuda de ningún tipo, lo que confirma el abandono de esta especie tanto por parte de la administración regional y

nacional. Cabe recordar que la falta de asistencia técnica, se viene arrastrando desde la reforma agraria (1980), donde se les entregó tierras y animales a los ganaderos, pero no se les brindó asistencia técnica para poder gestionarlos correctamente, por lo que hasta la fecha han gestionado estos recursos sin ningún criterio técnico, trayendo como consecuencia todos los problemas que les aqueja actualmente, lo cual se ha venido agudizando con los años.

Para revertir la situación actual que atraviesa la crianza de llamas en la región de Huancavelica, el gobierno regional y nacional debería organizar y capacitar a los criadores. Por otro lado, tendrían que implementar programas integrales (que consideren la mejora de la alimentación, sanidad, reproducción, genética, infraestructura, etc.) para mejorar la producción de estos animales y aprovechar mejor este recurso en beneficio de los criadores.

Caracterización zoométrica de llamas de la región de Huancavelica del Perú

Las características zoométricas encontradas en la presente tesis muestran la existencia de dimorfismo sexual solo en algunas medidas biométricas (longitud de cuello, perímetro superior e inferior de cuello, alzada a la grupa, longitud de espalda, perímetro abdominal, perímetro del carpo y la rodilla) en llamas.

La edad es un factor que influye en las veinte medidas biométricas analizadas, evidenciando que según avanza la edad los valores de estas variables se incrementan. En la transición de la dentición de dos dientes (2D) a cuatro dientes (4D) para algunas medidas biométricas (longitud de cabeza, perímetro superior del cuello, alzada a la cruz, alzada a la grupa, diámetro longitudinal, longitud de espalda, longitud dorso-lomo, distancia codo-cruz, perímetro de la caña y perímetro del carpo) el incremento es pequeño y no se encuentran diferencias estadísticamente significativas; incluso en algunas medidas (anchura de cabeza, largo de las orejas, longitud del cuello y perímetro inferior del cuello) las llamas de dos dientes son superiores en promedio a las de cuatro dientes. Estos resultados deben tomarse con cautela ya que la dentición no es una técnica objetiva para determinar la edad, pero en lugares donde no se maneja registros y se desconoce la fecha de nacimiento de los animales es la única forma de estimarla.

Se puede apreciar que existen diferencias estadísticamente significativas entre provincias para todas las medidas biométricas analizadas. Estos valores muestran que existe cierta heterogeneidad, que podría atribuirse a la variabilidad genética y ambiental existente en

las poblaciones de llamas. En resumen, podemos decir que la variabilidad encontrada para las diferentes medidas biométricas y el peso en el presente trabajo y de igual forma respecto a otros autores, puede indicarnos que existe un elevado grado de variabilidad morfológica en las poblaciones de llamas del Perú, lo cual probablemente se deba a la variabilidad genética y ambiental existente en las poblaciones.

Las llamas de la región de Huancavelica presentan un modelo morfoestructural de alta armonía, de acuerdo al criterio establecido por Herrera (2000) y Luque (2011), pues de las 210 posibles combinaciones entre variables, todos los coeficientes de correlación resultaron estadísticamente significativos ($P < 0,01$). Estos resultados muestran que todas las alzadas están correlacionadas entre sí y en bloque con las longitudes, diámetros y perímetros corporales. Una mayor altura de la llama implica, no sólo una mayor longitud corporal, sino también una mayor anchura de pecho, un mayor engrosamiento de las extremidades, un mayor perímetro torácico, y una mayor longitud y anchura de grupa. A nivel cefálico lo más evidente es una mayor longitud de la cabeza y cuello. Finalmente se puede apreciar que las llamas de la región de Huancavelica, de acuerdo a los índices zoométricos son animales mesolíneos, con tórax elíptico, dolicocefalos y de grupa convexilínea. También se puede apreciar que de acuerdo a los índices zoométricos funcionales tienden a una orientación cárnica.

Estudios respecto a la caracterización zoométrica de llamas son escasas, y a la vez en dichos estudios utilizaron un menor número de variables (longitud de cabeza, longitud de cuello, perímetro torácico, alzada a la cruz y alzada a la grupa) para caracterizar la llama. Los resultados encontrados en el presente estudio para dichas variables son similares a los reportados por Ibañez y Zea (2013) y Quispe *et al.* (2015). Sin embargo, cotejando nuestros resultados con los publicados por Mendoza (2015), Quina (2015) y Cano *et al.* (2012), vemos que obtuvieron valores promedios superiores a los nuestros. No obstante nuestros resultados fueron superiores en promedio a lo reportado por Espinoza (2018). En resumen, podemos decir que la variabilidad encontrada para las diferentes medidas zoométricas en el presente trabajo y de igual forma respecto a otros autores, puede indicarnos que existe un elevado grado de variabilidad morfológica en las poblaciones de llamas del Perú, lo cual probablemente se deba a la variabilidad genética existente en las poblaciones y asimismo a diferencias ambientales, aunque en menor medida.

Por otro lado, en el presente estudio se encontró un modelo predictivo del peso con un R^2 alto, con una alta bondad de ajuste y con dos variables predictoras (perímetro torácico y alzada a la cruz). La facilidad para llevar a cabo estas medidas (uso de cinta métrica) lo hacen de fácil aplicación, contrario a lo reportado por Mendoza (2015) quien planteó una ecuación de predicción con un R^2 bajo donde incluía como variables predictivas seis medidas biométricas.

Debe reconocerse, no obstante, que para tener un estudio completo de la caracterización de la llama, también debe realizarse un estudio del color del pelo y la piel, lo cual no se realizó en el presente trabajo.

Caracterización productiva de llamas de la región de Huancavelica del Perú

En Huancavelica es común escuchar a los criadores decir que los vellones de las llamas son gruesos y que por ello no se esquilan estos animales. Esta afirmación no es del todo cierta ya que la llama tiene dos tipos de fibra: las cerdas (fibra gruesa o pelo) y la fibra fina; al separarlas (descerdado) la fibra fina, tiene buena calidad. Los resultados de la presente tesis ratifican esa afirmación, ya que el descerdado tuvo un efecto significativo sobre todas las características textiles en estudio, lo cual demuestra que el descerdado mejora la calidad de la fibra de las llamas. Esto ha sido reportado también por otros trabajos (Cochi, 1999; Frank *et al.*, 2011; Laime *et al.*, 2016; Quispe, 2014). El descerdado permitió obtener fibras más finas y homogéneas, con mayor factor de confort (menor factor de picazón) y mayor índice de curvatura; estas características son consideradas y valoradas en la confección de prendas de vestir (Mcgregor, 2012). El descerdado tranquilamente lo podrían realizar los criadores, ya que se trata de un proceso sencillo y no desconocido para los ganaderos, ya que esta actividad de descerdado también se realiza en las fibras de las vicuñas por parte de algunos criadores que habitan estas zonas altoandinas. Por otro lado, se puede observar que las características textiles de las fibras de llamas después de descerdar son comparables a las características textiles de las fibras de alpacas reportadas por varios autores (Lupton *et al.*, 2006; Montes *et al.*, 2008; Vásquez *et al.*, 2015).

En la comercialización de las fibras textiles se paga de acuerdo a la categoría donde estas se ubican: estas categorías se han elaborado de acuerdo a las características textiles requeridas por la industria textil y está plasmado en la norma técnica peruana 231.302, y de acuerdo a ello las fibras descerdadas de las llamas se ubicarían en media general en la

categoría fina, lo cual podría traducirse en un ingreso económico considerable para los criadores de llamas. Por otro lado, las correlaciones fenotípicas encontradas entre las características textiles de la fibra de llamas, en general conducen a la obtención de fibras de buena calidad, lo cual es buen indicador para mejorar en su conjunto todas estas características, pero ello habría que ratificarlo determinando las correlaciones genéticas.

Las llamas tienen buenas aptitudes cárnicas de acuerdo a los índices zoométricos funcionales y a las principales características productivas cárnicas (medias de canal, peso y talla al nacimiento). Si bien es cierto que los trabajos en esta área son escasos, los resultados encontrados en la presente tesis son prometedores y si a ello sumamos que la carne de la llama tiene alto porcentaje (23,9%) de proteína y bajo porcentaje (29,3%) de colesterol (Mamani-Linares y Gallo, 2011; Vilca, 1991) ello todavía adquiere más valor. Pero debemos ser conscientes que definitivamente todavía se necesita desarrollar más estudios respecto a la carne de llama, por ejemplo: la aceptación en el mercado local y nacional, conocer sus características organolépticas, etc. para poder encaminar esta producción de manera correcta.

Caracterización genética de la población de llamas de la región de Huancavelica del Perú

El conocimiento de la diversidad genética es de gran utilidad para orientar el aprovechamiento sostenible y la intensificación de la producción animal. En Perú, y específicamente en la región de Huancavelica, los estudios genéticos sobre la llama son escasos. El desconocimiento de la variabilidad genética de la población de llamas en la región de Huancavelica, no permite tomar decisiones acertadas en la gestión de estos recursos. Dada la falta de estudios genéticos centrados en las poblaciones de llamas de la región de Huancavelica y la necesidad de conocer la variabilidad genética de estas poblaciones, con la finalidad de gestionarlas adecuadamente, el presente trabajo ha abordado el estudio genético de las poblaciones de llamas de la región de Huancavelica, realizando una valoración de la diversidad y estructura genética a nivel del ADN nuclear, utilizando marcadores tipo microsatélite.

Para el estudio genético de las poblaciones de llamas de la región de Huancavelica se utilizó 109 animales provenientes de 5 provincias (Angaraes, Huancavelica, Castrovirreyna, Churcampá y Huaytara), lo cual definitivamente no es un número muy elevado y habría que incrementar la cantidad en estudios futuros para mejorar la precisión

de los resultados. Por otro lado, los 22 marcadores microsatélites utilizados en el presente estudio, fueron elegidos teniendo en cuenta que fueran polimórficos y hubieran amplificado correctamente en estudios anteriores, lo cual podría hacer que las estimaciones de variabilidad estén sesgadas al alza.

Los 22 microsatélites analizados han sido polimórficos y útiles para determinar la diversidad genética de las llamas de la región de Huancavelica. Un total de 218 alelos fueron identificados, el número de alelos por locus osciló entre 4 (YWLL40) y 17 (YWLL08). Por otro lado, en el conjunto de la población la heterocigosis media observada fue de $0,68 \pm 0,018$, mientras que la heterocigosis media esperada fue de $0,68 \pm 0,014$. De acuerdo a la cantidad de alelos y a la heterocigosis (observada y esperada) se aprecia que las llamas de la región de Huancavelica presentan una variabilidad genética alta. De igual manera en el conjunto de la población, la heterocigosis esperada y la observada tuvieron el mismo valor numérico y puede considerarse que las llamas de la región de Huancavelica se encuentran en equilibrio HW. Nuestro resultado respecto al equilibrio HW que presenta la población de llamas de la región de Huancavelica, es diferente a los reportados por varios autores (Barreta *et al.*, 2012; Bustamante *et al.*, 2006; Díaz *et al.*, 2015), ya que en sus resultados mostraron que las poblaciones de llamas que estudiaron no se encontraban en equilibrio HW (déficit de heterocigotos). Ello probablemente se deba, como indicaron los mencionados autores, a la selección que realizan los criadores de llamas y al constante flujo genético (compra e intercambio de reproductores) que se da en las poblaciones que estudiaron.

La proporción de la variabilidad genética explicada por las diferencias entre las subpoblaciones de llamas de la región de Huancavelica es moderada ($F_{ST} = 0,1$). Según este parámetro el 90% de la varianza en las frecuencias alélicas se expresa dentro de cada provincia y el 10% de la varianza se atribuye a diferencias entre provincias. La moderada ($F_{ST} = 0,1$) diferenciación entre provincias, probablemente esté relacionada con la reducida migración (flujo de genes) que ocurre entre estas provincias, ya que la mayoría de los criadores no realizan intercambio y tampoco compra de reproductores. El valor F_{ST} encontrado en el presente trabajo es ligeramente superior al hallado en otras investigaciones (Bustamante *et al.*, 2006; Barreta *et al.*, 2012 y Díaz *et al.*, 2015). Esta superioridad podría atribuirse a la reducida migración y selección que ocurre entre las subpoblaciones de llamas de la región de Huancavelica.

El valor F_{IS} promedio indica que las provincias tienen un 0,1% (no significativo) de déficit de heterocigotos y el F_{IT} , que muestra la población como un conjunto, presenta un 10% de déficit de heterocigotos. Estos resultados indicarían bajos niveles de consanguinidad a nivel de población y subpoblaciones principalmente, lo cual podría explicarse por los apareamientos aleatorios que se da en estas explotaciones. Por otro lado, los valores encontrados de F_{IS} y F_{IT} en el presente trabajo son inferiores a los reportados por Bustamante *et al.* (2006) y Barreta *et al.* (2012) en llamas argentinas y bolivianas respectivamente.

La medida más ampliamente utilizada de distancia genética ha sido la distancia de Nei. Sin embargo, para medir el distanciamiento genético entre poblaciones que han divergido en recientes periodos evolutivos suele ser más utilizada la distancia genética ponderada de Reynolds. En el presente trabajo se calcularon ambas distancias genéticas, los cuales dieron similares resultados respecto a las distancias genéticas entre subpoblaciones. Los valores de la distancia genética de Nei y de Reynolds oscilaron entre 0,183 – 0,384 y 0,070 – 0,194 respectivamente, lo cual indica que existe una moderada diferenciación genética entre las subpoblaciones de llamas. Concretamente las provincias más cercanas son Angaraes, Huancavelica, Huaytara y Churcampa. Por otra parte, la provincia que más se aleja de las demás es la de Castrovirreyna.

Al analizar la estructura de las poblaciones, podemos notar que las poblaciones de llamas de las diferentes provincias mantienen su estructura genética con un bajo nivel de mezcla de individuos entre ellas. Por otro lado, al posicionar las poblaciones de llamas en relación a otra especie (alpaca) próxima, se observa claras diferencias y un buen grado de separación. Finalmente, el análisis factorial de correspondencias ratifica la estructuración observada de las poblaciones.

Para estudios futuros de variabilidad genética en poblaciones de llamas, se recomienda utilizar los marcadores SNP, ya que son más abundantes, estables, precisos y también podrían estar asociados a características de interés económico. Lamentablemente esta tecnología todavía no está disponible para esta especie, pero seguramente en un corto tiempo se hará realidad su aplicación.

CONCLUSIONES

1. Las explotaciones de llamas crían pequeños rebaños de unas 27 llamas en promedio, con la finalidad de aprovechar principalmente su carne y como animales de carga (transporte). La mayoría de las explotaciones exhibe una tendencia descendente del censo de llamas y están en manos de personas de avanzada edad y con limitado nivel educativo.
2. La mayoría de las explotaciones presentan inadecuadas vías de acceso, carecen de servicios básicos (energía eléctrica, agua potable y desagüe) y de infraestructura para la crianza de llamas. También en estas explotaciones prevalece el régimen de tenencia de tierra comunal y de minifundio. Por otro lado, la crianza de llamas corresponde a un sistema extensivo, constituido por rebaños mixtos, donde la mano de obra es asumida por los miembros de la familia, y es complementada con otras actividades económicas (agricultura, minería, construcción y artesanía), las cuales dependen de la altitud donde están ubicadas.
3. La alimentación de las llamas depende fundamentalmente de los pastos naturales, donde predomina el pastoreo libre. En la mayoría de las explotaciones los animales no están identificados, de igual manera no se maneja registros productivos, reproductivos y de genealogía; esto no permite monitorear ni tomar medidas para mejorar la eficiencia reproductiva y de igual manera no permite realizar evaluaciones genéticas de estos animales para seleccionar en base a su mérito genético.
4. La mayoría de las explotaciones comercializa la carne y un número reducido comercializa la fibra, si bien los precios que se les paga por estos productos son bajos. La comercialización de estos productos no se realiza directamente en el mercado, sino que se venden a intermediarios. Por otra parte, casi la totalidad de los criadores no ha recibido asistencia técnica, lo que confirma el abandono de esta especie por parte del sector agrario en la región de Huancavelica. Solo una cantidad limitada de explotaciones ve con optimismo la actividad de crianza de llamas.

5. Las medidas zoométricas de las llamas en las diferentes provincias de la región de Huancavelica son diferentes, probablemente esté atribuido a factores ambientales y genéticos. Las medidas zoométricas tienden a aumentar con la edad de acuerdo a las denticiones estudiadas. El sexo influye solo en algunas medidas zoométricas, evidenciando aparentemente que existe dimorfismo sexual en menor grado en llamas.
6. Las llamas de la región de Huancavelica, de acuerdo a los índices zoométricos son animales mesolíneos, con tórax elíptico, doliocéfalos y de grupa convexilínea. De acuerdo a los índices zoométricos funcionales tienen orientación cárnica. De igual manera presentan un modelo morfoestructural de alta armonía, ya que existe correlación positiva significativa entre todas las medidas biométricas.
7. Existe correlaciones altas entre el peso y las medidas zoométricas (cefálicas, del tronco y de las extremidades), lo cual es útil para plantear modelos predictivos del peso. La ecuación de regresión que tiene como variables predictivas el perímetro torácico yalzada a la cruz, permite predecir con buena precisión y exactitud el peso de las llamas.
8. El descordado mejora las características textiles de la fibra de llamas (diámetro medio de la fibra, coeficiente de variación del diámetro medio de la fibra, factor de confort y finura al hilado), lo cual demuestra que de este recurso zoogenético también se puede aprovechar su fibra para prendas de vestir. Por otro lado, se puede apreciar que la edad es un factor que influye en las características textiles de la fibra de las llamas, evidenciando que según avanza la edad la calidad de la fibra disminuye.
9. Las llamas de la región de Huancavelica tienen buenas aptitudes cárnicas de acuerdo a los índices zoométricos funcionales y a las principales características productivas cárnicas (medidas de canal, peso y talla al nacimiento).
10. Los 22 microsátélites analizados han sido muy polimórficos e informativos, por lo cual podríamos indicar que son útiles para determinar la diversidad genética en poblaciones de llamas.

11. El presente estudio revela que la llama de la región de Huancavelica muestra una variabilidad genética alta, según el número de alelos por locus (9,9) y las heterocigosis encontradas (H_o y $H_e = 0,682$).
12. Existe una diferenciación genética moderada entre provincias, lo cual probablemente se deba a la reducida migración que ocurre entre estas provincias.
13. Las subpoblaciones de llamas de la región de Huancavelica se diferencian moderadamente entre ellas, pero las llamas de la provincia de Castrovirreyna son las que se diferencian más respecto a las demás. De igual manera las poblaciones de llamas muestran claras diferencias y un buen grado de separación respecto a una especie próxima como es la alpaca.

BIBLIOGRAFÍA

- Albuja, G. (2010). ¿Por qué consumir carne de llama? Recuperado de <https://udet.edu.ec>
- Aliaga, J. (2012). *Producción de ovinos* (1.^a ed.). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Alvarado, R. (1958). El concepto de forma en biología. *Rev. Univ. Madrid*, 26, 201-223.
- Anderson, S. L. (1976). The measurement of fibre fineness and length: The present position. *Journal of the Textile Institute*, 67(5), 175-180.
<https://doi.org/10.1080/00405007608630562>
- Ansaloni, F., Pyszny, F., Marquina, R., Claros Liendo, Á., Claros Goitia, Á., Quispe Huanca, J. L. y Zapana Pineda, J. (2013). Income analysis in south american domestic camelid farms. *Bio-based and Applied Economics Journal*, 2(1050-2016-85748), 173-189.
- Aparicio, G. (1960). *Zootecnia especial: etnología compendiada* (1.^a ed.). Imprenta Moderna, Córdoba.
- Arana, W., Bartolomé, J., Cassinello, J., Contreras, J., Espinoza, M., Quispe, E., ... Siguas, O. (2013). Composición de la dieta de las principales especies ganaderas en pastoreo mono-específico en pajonales altoandinos. *Comparative diet composition of the main livestock species grazing in high andean grasslands*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10261/146731>
- Aranguren-Méndez, J. A., y Jordana, J. (2001). Utilización de marcadores de adn (microsatélites) en poblaciones de animales domésticos en peligro de extinción. *X Congreso Venezolano de Zootecnia*. Recuperado de <http://fao.org/dad-is>
- Avellanet, R. (2006). *Conservación de recursos genéticos ovinos en la raza Xisqueta: Caracterización estructural, racial y gestión de la diversidad en programas" in situ"* (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona.
- Aylan-Parker, J., y McGregor, B. A. (2002). Optimising sampling techniques and estimating sampling variance of fleece quality attributes in alpacas. *Small Ruminant Research*, 44(1), 53-64. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00038-X](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00038-X)
- Bailey, K. D. (2004). Typology construction: Methods and issues. En *Encyclopedia of*

Social Measurement. San Diego, CA: Academic Press.

- Balloux, F., y Lugon-Moulin, N. (2002). The estimation of population differentiation with microsatellite markers. *Molecular Ecology*, *11*, 155-165.
<https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705>
- Barker, J. S. F. (1994). A global protocol for determining genetic distances among domestic livestock breeds. *5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, *21*, 501-508. Guelph and Ontario, Canada.
- Barreta, J., Gutiérrez-Gil, B., Iñiguez, V., Romero, F., Saavedra, V., Chiri, R., ... Arranz, J. J. (2012). Analysis of genetic diversity in Bolivian llama populations using microsatellites. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, *130*(4), 321-331.
<https://doi.org/10.1111/jbg.12009>
- Barreta, J. (2012). *Estudio de la variabilidad genética en camélidos bolivianos* (Tesis Doctoral). Universidad de León, Facultad de Veterinaria, España.
- Baumung, R., Simianer, H., y Hoffmann, I. (2004). Genetic diversity studies in farm animals - A survey. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, *121*(6), 361-373.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2004.00479.x>
- Becerra, V. (2000). Uso de marcadores bioquímicos y moleculares en estudios de diversidad genética. *scielo.conicyt.cl*, *60*(3), 270-281.
- Benzécri, J. P., y Benzécri, F. (1980). *La pratique de l'analyse des données. I Analyse des correspondances. Exposé élémentaire*. Paris: Dunod.
- Blott, S. C., Williams, J. L., y Haley, C. S. (1999). Discriminating among cattle breeds using genetic markers. *Heredity*, *82*(6), 613-619. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2540.1999.00521.x>
- Bose-O'Reilly, S., McCarty, K. M., Steckling, N., y Lettmeier, B. (2010). Mercury exposure and children's health. *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*, *40*(8), 186-215. <https://doi.org/10.1016/j.cppeds.2010.07.002>
- Botstein, D., White, R. L., Skolnick, M., y Davis, R. W. (1980). Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *American journal of human genetics*, *32*, 314-331.

- Bowcock, A. M., Ruiz-Linares, A., Tomfohrde, J., Minch, E., Kidd, J. R., y Cavalli-Sforza, L. L. (1994). High resolution of human evolutionary trees with polymorphic microsatellites. *Nature*, 368(6470), 455-457.
- Bravo, W., Franco, E., y Sumar, J. (1981). Rendimiento de canal en llamas. *IV Convención Internacional sobre Camélidos Sudamericanos*.
- Brimms, M. Ai. the O.-F. rapid measurement of diameter profile on greasy wool staples, Peterson, A. D., y Gherardi, S. G. (1999). *Introducing the OFDA2000-For rapid measurement of diameter profile on greasy wool staples*. International Wool Textile Organization. Western Australia: Report N° RWG, 4.
- Brinkmann, B., Klintschar, M., Neuhuber, F., Hühne, J., y Rolf, B. (1998). Mutation rate in human microsatellites: Influence of the structure and length of the tandem repeat. *American Journal of Human Genetics*, 62(6), 1408-1415.
<https://doi.org/10.1086/301869>
- Buchanan, F. C., y Thue, T. D. (1998). Intrabreed polymorphic information content of microsatellites in cattle and sheep. *Canadian Journal of Animal Science*, 78(3), 425-428. <https://doi.org/10.4141/A98-002>
- Burt, C. (1940). *The factors of the mind: An introduction to factor analysis in psychology*. Londres: University of London.
- Bustamante, A., Maté, M., Lamas, H., Giovambattista, G., Zambelli, A., y Vidal-Rioja, L. (2006). Analisis of genetic diversity in three llama (*Lama glama*) populations from north-western Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural*, 79(2), 175-184. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2006000200004>
- Butler, K. L., y Dolling, M. (1992). Calculation of the heritability of spinning fineness from phenotypic and genetic parameters of the mean and CV of fibre diameter. *Australian Journal of Agricultural Research*, 43(6), 1441-1446.
<https://doi.org/10.1071/AR9921441>
- Butler, K. L., y Dolling, M. (1995). Spinning Fineness for Wool. *Journal of the Textile Institute*, 86(1), 164-166. <https://doi.org/10.1080/00405009508631319>
- Byerlee, D., Collinson, M. P. P., Winkelmann, D., Biggs, S., Moscardi, E. R. R., Martinez, J. C. C., ... Benjamin, A. (1988). *Planning technologies appropriate to*

farmers : concepts and procedures. México: CIMMYT, México.

Caballero, W., y Flores, A. (2006). *Pobreza y pobreza extrema rural: En la pequeña agricultura y en la agricultura de minifundio*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

Campero, J. R. (2005). Camelids in South America. Lama (Lama pacos) production systems in Bolivia. *Current Status of Genetic Resources, Recording and Production Systems in African, Asian and American Camelids*. ICAR.

Cancino, K., Rebuffi, G. E., Mueller, J., Duga, L., y Rigalt, F. (2006). Parámetros cualicuantitativos de la producción de fibra de llamas (Lama glama) machos en la puna Argentina. *IV Congreso Mundial de Camélidos. Catamarca, Argentina*, (January), 11-15.

Cano, Lady, Rosadio, R., Maturrano, L., Dávalos, R., y Wheeler, J. C. (2012). Caracterización fenotípica y análisis de ADN mitocondrial de llamas de Marcapomacocha, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 23(3), 388-398.

Cantalapiedra, J., Araújo, J. P., García, L. S., Ferreiro, J., y Iglesias, A. (2004). Aplicación de la biometría a la caracterización de las razas bovinas. *Feagas*, 26, 93-98.

Capecchi, V. (1968). On the Definition of Typology and Classification in Sociology. *Quality and Quantity*, 2, 9-30.

Capillon, A. (1985). Connaître la diversité des exploitations: Un préalable a la recherche de références techniques régionales. *Agriscopes*, 6, 31-40.

Carrera, M. P. (2005). *Variabilidade e relações genéticas entre raças caprinas nativas brasileiras, Ibéricas e Canárias* (Tesis Doctoral). Universidades Federale da Paraíba, Pernambuco y Ceará.

Castaldo, A., Acero De La Cruz, R., García, A., Martos, J., Pamio, J., y Mendoza, F. (2003). Caracterización de la invernada en el nordeste de la provincia de La Pampa (Argentina). *En XXIV Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria*.

Cervantes, I., Pérez-Cabal, M. A., Morante, R., Burgos, A., Salgado, C., Nieto, B., ...

- Gutiérrez, J. P. (2010). Genetic parameters and relationships between fibre and type traits in two breeds of Peruvian alpacas. *Small Ruminant Research*, 88(1), 6-11. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.10.016>
- Chaparro, Y. (2013). *Relación del diámetro de fibra con el número de rizos y la proporción de pelos en el vellón de alpaca (Vicugna pacos) en Huaytire de la provincia de Candarave - Tacna* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.
- Cochi, N. (1999). *Determinación del rendimiento y calidad de la fibra descordada de llamas (Lama glama)* (Tesis de Ingeniero Agrónomo). Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
- Comrey, A. L., y Lee, H. B. (1992). *A first course in factor analysis*. Hillsdale: Erlbaum.
- Cornide, M. T. (2002). *Marcadores moleculares: nuevos horizontes en la genética y la selección de las plantas*. Editorial Félix Varela. Habana, Cuba.
- Cristofanelli, S., Antonini, M., Torres, D., Polidori, P., y Renieri, C. (2004). Meat and carcass quality from Peruvian llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*). *Meat Science*, 66(3), 589-593. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00174-8)
- Crow, J. F., y Kimura, M. (1970). *An Introduction to population genetics theory*. Harper and Row Publishers Inc. New York.
- De Groot, G. J. (1995). The Effect of coefficient of Variation of Fibre diameter in Wool tops on Yarn and Fabric Properties. *agris.fao.org*, 86(1), 164-166.
- De Los Ríos, E. (2006). *Producción textil de fibras de camélidos sudamericanos en el área altoandina de Bolivia, Ecuador y Peru*. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
- Delgado, J., Barba, C., Camacho, M., Sereno, F., Martínez, A., y Vega-Pla, J. (2001). Caracterización de los animales domésticos en España. *Animal Genetic Resources Information*, 29, 7-18. <https://doi.org/10.1017/S1014233900005162>
- Díaz, E., Gallegos, R., Pezo, S., Veli, E., y Vallejo, A. (2015). Diversidad y estructura genética de poblaciones de llama Suri en las regiones de Cusco y Puno (Perú). *Journal of High Andean Research*, 17(3), 437-440.

- Dietrich, W., Katz, H., Lincoln, S. E., Shin, H. S., Friedman, J., Dracopoli, N. C., y Lander, E. S. (1992). A genetic map of the mouse suitable for typing intraspecific crosses. *Genetics*, 131(2), 423-447.
- Dodgson, J. B., Cheng, H. H., y Okimoto, R. (1997). DNA Marker technology: A revolution in animal genetics. *Poultry Science*, 76(8), 1108-1114.
<https://doi.org/10.1093/ps/76.8.1108>
- Driver, H. E., y Kroeber, A. L. (1932). Quantitative expression of cultural relationships. *American Archeology and Ethnology*, 31, 211-256.
- Escribano, A. J., Gaspar, P., Mesías, F. J., y Escribano, M. (2016). The role of the level of intensification, productive orientation and self-reliance in extensive beef cattle farms. *Livestock Science*, 193, 8-19. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.09.006>
- Espinoza Paz, J. (2018). *Determinación de las características morfológicas de llamas (Lama glama L.), alpacas (Vicugna pacos L.) e híbrido en zonas del municipio de Catacora provincia José Manuel Pando del Departamento de la Paz* (Tesis de Pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Bolivia.
- Espinoza, W. (1997). *Los incas. Economía, sociedad y estado en la era del Tahuantinsuyo* (3.^a ed.). Editorial Amaru, Perú.
- FAO. (1992). The Management of Global Animal Genetics. *Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome*.
- FAO. (2005). *Situación actual de los camélidos sudamericanos en Perú* (1.^a ed.). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2010). *La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura* (1.^a ed.). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Ferreira, M. E., y Grattapaglia, D. (1998). *Introducción al uso de marcadores moleculares en el análisis genético*. Federal District, Brazil: Embrapa.
- Flores, D. (2007). *Desarrollo económico de las familias altoandinas en base a la cadena productiva de la alpaca en las provincias de Huancavelica y Angaraes*. Huancavelica, Perú.

- Forbes, S. H., Hogg, J. T., Buchanan, F. C., Crawford, A. M., y Allendorf, F. W. (1995). Microsatellite evolution in congeneric mammals: Domestic and bighorn sheep. *Molecular Biology and Evolution*, 12(6), 1106-1113.
<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a040284>
- Fowler, M. E., y Bravo, W. P. (2010). Medicine and surgery of camelids. En *ILAR Journal* (3.^a ed., Vol. 48). <https://doi.org/10.1002/9781118785706>
- Franco, E., García, W., y Pezo, D. (1998). *Manual de crianza de llamas*. IVITA. Puno, Perú.
- Frank, E. N., Hick, M. V. H., y Adot, O. (2012). Determination of dehairing , carding , combing and spinning difference from Lama type of fleeces. *International Journal of Applied Science and Technology*, 2(1), 61-70.
- Frank, E. N., Hick, M. V. H., y Adot, O. G. (2011). Descriptive differential attributes of type of fleeces in llama fibre and its textile consequence. Part 2: Consequences of the dehairing process. *Journal of the Textile Institute*, 102(1), 41-49.
<https://doi.org/10.1080/00405000903474873>
- Franklin, W. L., Powell, K. J., y Edwards, E. H. (1994). Guard llamas: a part of integrated sheep protection. *Iowa State University*.
- García, E. (2006). *Caracterización morfológica , hematológica y bioquímica clínica en cinco razas asnales españolas para programas de conservación* (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona, Facultad de Veterinaria, España.
- García, W., y Franco, E. (2002). Estudio de las principales medidas biométricas y desarrollo de modelos de predicción de peso vivo en llamas. *IV Congreso Mundial sobre Camélidos*.
- García, W., San Martín, F., Novoa, C., y Franco, E. (2002). Engorde de llamas bajo diferentes regímenes alimenticios. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 13(2), 1-9.
- Gaspar, P., Escribano, A. J., Mesías, F. J., Escribano, M., y Pulido, A. F. (2011). Goat systems of Villuercas-Ibores area in SW Spain : Problems and perspectives of traditional farming systems. *Small Ruminant Research*, 97(1-3), 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.001>

- Goldstein, D. B., Linares, A. R., Cavalli-Sforza, L. L., y Feldman, M. W. (1995). An evaluation of genetic distances for use with microsatellite loci. *Genetics*, 139(1), 463-471.
- Gómez, N. C. (2013). *Caracterización estructural , morfológica y genética de la población de cabras autóctonas de la región Apurímac del Perú* (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona, Facultad de Veterinaria, España.
- Greeff, J. C. (2006). Coefficient of variation of wool fibre diameter in Merino breeding programs. *Department of Agricultura. Australia. Farm Note 46/98*.
- Griffin, D. R. (1968). *Estructura y función animal* (1.^a ed.). Continental S.A., México.
- Guadalupe, M. (1994). *Diagnóstico de la producción de llamas en el nivel tecnológico medio y bajo en las provincias de Pasco y Daniel Alcides Carrión* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Perú.
- Hair, J. F. (2011). *Multivariate Data Analysis*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Harrison, J. A. (1985). Giant camels from the Cenozoic of North America. *Smithsonian Contributions to Paleobiology*, 57, 1-29. <https://doi.org/10.5479/si.00810266.57.1>
- Heaton, M. P., Grosse, W. M., Kappes, S. M., Keele, J. W., Chitko-McKown, C. G., Cundiff, L. V., ... Laegreid, W. W. (2001). Estimation of DNA sequence diversity in bovine cytokine genes. *Mammalian Genome*, 12(1), 32-37. <https://doi.org/10.1007/s003350010223>
- Hedrick, P. (2010). *Genetics of populations*. Jones and Bartlett Publishers.
- Herrera, M. (2000). Un método para la valoración del modelo morfoestructural: Aplicación a las razas caninas españolas. *Reunión de Jueces Internacionales de razas caninas*. Alicante. España.
- Heyen, D. W., Beever, J. E., Da, Y., Evert, R. E., Green, C., Bates, S. R. E., ... Lewin, H. A. (1997). Exclusion probabilities of 22 bovine microsatellite markers in fluorescent multiplexes for semiautomated parentage testing. *Animal Genetics*, 28(1), 21-27. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.1997.t01-1-00057.x>
- Hick, M. V. H., Lamas, H. E., Echenique, J., Prieto, A., Castillo, M. F., y Frank, E. N.

- (2009). Estudio demográfico de los atributos morfológicos y productivos en poblaciones de llamas (*Lama glama*) de la provincia de Jujuy, Argentina. *Animal Genetic Resources Information*, 45, 71-78.
<https://doi.org/10.1017/s1014233909990368>
- Hinojosa, R. A., Yzarra, A., Ruiz, J. A. A., y Castrejón, M. (2019). Caracterización estructural del sistema de producción de alpacas (*Vicugna pacos*) en Huancavelica, Perú. *Archivos de Zootecnia*, 68(261), 100-108.
<https://doi.org/10.21071/az.v68i261.3945>
- Holt, C. L., Stauffer, C., Wallin, J. M., Lazaruk, K. D., Nguyen, T., Budowle, B., y Walsh, P. S. (2000). Practical applications of genotypic surveys for forensic STR testing. *Forensic Science International*, 112(2-3), 91-109.
[https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(00\)00169-9](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(00)00169-9)
- Hotelling, H. (1933). Analysis of a Complex of Statistical Variables Into Principal Components. *Journal of Educational Psychology*, 24, 417-441.
- Ibañez, V., y Zea, W. E. (2013). Caracterización de llamas K'ara y Ch'acu a los dos años de edad en el centro investigación y producción la raya - UNA - PUNO. *Journal of High Andean Investigation*, 15(02), 285-297.
<https://doi.org/10.18271/ria.2013.10>
- Imai, K., Matsughige, T., Watanabe, T., Sugimoto, Y., y Ihara, N. (2007). Mapping of a quantitative trait locus for beef marbling on bovine chromosome 9 in purebred Japanese black cattle. *Animal Biotechnology*, 18(2), 75-80.
<https://doi.org/10.1080/10495390601090992>
- Iñiguez, L. C., y Alem, R. (1996). Role of camelids as means of transportation and exchange in the Andean region of Bolivia. *World Animal Review*, 86, 12-21.
- Jara, J., y Apaza, E. (2016). Influencia de la edad de la madre sobre el peso al nacimiento y peso al destete en llamas de los CIPs Quimsachata y la Raya de Puno. *Revista de Ciencia Animal*, 1(2), 67-77.
- Kaiser, H. (1958). Journal of Educational Psychology. *Psychometrika*, 23, 187-200.
- Kaiser, H. F. (1974). An index of factor simplicity. *Psychometrika*, 39, 31-36.
- Kemp, S. J., Brezinsky, L., y Teale, A. J. (1993). A panel of bovine, ovine and caprine

- polymorphic microsatellites. *Animal Genetics*, 24(5), 363-365.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.1993.tb00341.x>
- Lacadena, J. R. (1981). *Genética* (3.^a ed.). A.G.E.S.A. Madrid.
- Laime, F. de M., Pinares, R., Paucara, V., Machaca, V., y Quispe, E. C. (2016). Características tecnológicas de la fibra de llama (*Lama glama*) Chaku antes y después de descender. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 27(2), 209.
<https://doi.org/10.15381/rivep.v27i2.11643>
- Lang, K. D. M., Wang, Y., y Plante, Y. (1996). Fifteen polymorphic dinucleotide microsatellites in llamas and alpacas. *Animal Genetics*, 27(4), 293-293.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.1996.tb00502.x>
- Langella, O., 2007. Populations 1.2. 30: Population genetic software (individuals or populations distances, phylogenetic trees). <http://www.bioinformatics.org/~tryphon/populations/>.
- Laura, J. L. (2003). *Caracterización de los sistemas de producción en comunidades alpaqueras de la provincia Pacajes* (Tesis de Pregrado). Universidad Mayor de San Andrés.
- Leyva, V. (1989). Sistemas de producción de alpacas. *XII Reunión de la Asociación Peruana de Producción Animal*.
- Lirón, J. P., Peral-García, P., y Giovambattista, G. (2006). Genetic characterization of Argentine and Bolivian Creole cattle breeds assessed through microsatellites. *Journal of Heredity*, 97(4), 331-339. <https://doi.org/10.1093/jhered/esl003>
- Llaca, J., Urviola, M., y Leyva, V. (2007). Evaluación de indicadores biométricos en llamas (*Lama glama*) de las variedades Ch'accu y K'ara. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 18(1), 1-10.
- López-i-Gelats, F., Paco, J. C., Huayra, R. H., Robles, O. S., Peña, E. Q., y Filella, J. B. (2015). Adaptation strategies of Andean pastoralist households to both climate and non-climate changes. *Human Ecology*, 43(2), 267-282.
- López-Roldán, P., y Fachelli, S. (2005). *Metodología de la Investigación Social Cuantitativa* (1^a edición). Universitat Autònoma de Barcelona.

- Lorr, M. A. (1968). A review and classification of typological procedures. *American Psychological Association*.
- Lupton, C. J., McColl, A., y Stobart, R. H. (2006). Fiber characteristics of the Huacaya Alpaca. *Small Ruminant Research*, 64(3), 211-224.
<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.04.023>
- Luque, M. (2011). *Caracterización y evaluación de las razas caprinas autóctonas españolas de orientación cárnica* (Tesis doctoral). Universidad de Córdoba, Departamento de Producción Animal, España.
- Mallma, Y. (2016). *Caracterización morfológica, morfoestructural y faneróptica de la alpaca (Vicugna pacas) en las provincias de Antabamba y Aymaraes* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Perú.
- Mamani-Linares, L. W., y Gallo, C. (2011). Composición química y calidad instrumental de carne de bovino, llama (*Lama glama*) y caballo bajo un sistema de crianza extensiva. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 22(4), 301-311.
- Mamani, W., Calsín, B., y Quispe, J. (2012). Diámetro de fibra y pelos de llamas K'ara y Ch'acu del CIP La Raya, UNA-Puno. *Revista ALLPAKA*, 16, 51-57.
- Mancilla, W. J. (2017). *Características textiles de la fibra de llamas (Lama glama) Q'ara y C'hacu en el CIP la Raya UNA– Puno* (Tesis para obtener título profesional). Universidad Nacional del Altiplano.
- Martín-Burriel, I., Rodellar, C., Lenstra, J. A., Sanz, A., Cons, C., Osta, R., ... Zaragoza, P. (2007). Genetic diversity and relationships of endangered Spanish cattle breeds. *Journal of Heredity*, 98(7), 687-691.
<https://doi.org/10.1093/jhered/esm096>
- Martindale, J. G. (1945). 4—A new method of measuring the irregularity of yarns with some observations on the origin of irregularities in worsted slivers and yarns. *Journal of the Textile Institute Transactions*, 36(3), T35-T47.
<https://doi.org/10.1080/19447024508659383>
- Martínez, R. (2008). *Caracterización genética y morfológica del bovino criollo*

- Argentino de origen Patagónico* (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ciencia Animal.
- Martinez, Z., Iniguez, L. C., y Rodríguez, T. (1997). Influence of effects on quality traits and relationships between traits of the llama fleece. *Small Ruminant Research*, 24(3), 203-212. [https://doi.org/10.1016/s0921-4488\(96\)00925-x](https://doi.org/10.1016/s0921-4488(96)00925-x)
- Maudet, C., Luikart, G., y Taberlet, P. (2002). Genetic diversity and assignment tests among seven French cattle breeds based on microsatellite DNA analysis. *Journal of Animal Science*, 80(4), 942-950. <https://doi.org/10.2527/2002.804942x>
- Mcgregor, B. A. (2012). *Properties, processing and performance of rare natural animal fibres: A review and interpretation of existing research results*. Ed Rural Industries Research and Development Corporation. Geelong. Australia.
- McGregor, B. A. (2002). Comparative productivity and grazing behaviour of Huacaya alpacas and Peppin Merino sheep grazed on annual pastures. *Small Ruminant Research*, 44(3), 219-232. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00050-0](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00050-0)
- McGregor, B. A., y Butler, K. L. (2004). Sources of variation in fibre diameter attributes of Australian alpacas and implications for fleece evaluation and animal selection. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55(4), 433-442.
- McLennan, N., y Lewer, R. (2005). *Wool production Coefficient of variation of fibre diameter (CVFD)*.
- McQuitty, L. L. (1961). Typal analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 21, 677-697.
- Mendoza, B. (2004). Factores que intervienen en los sistemas de producción sustentables de los pequeños rumiantes y camélidos. *III Simposio Latinoamericano sobre la Crianza en forma sustentable de pequeños rumiantes y camélidos sudamericanos*, 26-39.
- Mendoza, J. G. (2015). *Evaluación biométrica de llamas K'ara (Lama glama) como predictores de peso vivo en los distritos de Huayllay y Ticsacayan en la provincia de Pasco* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Agronomía y Zootecnia.
- Mendoza Ramírez, A. C. (2015). *Crianza y manejo genético de llamas en las provincias*

- de Pasco y Daniel Alcides Carrión en la Región Pasco* (Tesis de Maestría).
Universidad Nacional Agraria La Molina, Maestría en Producción Animal, Perú.
- Mengoni, G. L. (2008). Camelids in ancient Andean societies: A review of the zooarchaeological evidence. *Quaternary International*, 185(1), 59-68.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2007.05.022>
- Milán, M J, Arnalte, E., y Caja, G. (2003). Economic profitability and typology of Ripollesa breed sheep farms in Spain. *Small Ruminant Research*, 49, 97-105.
[https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00058-0](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00058-0)
- Milán, Maria José, Bartolomé, J., Quintanilla, R., García-Cachán, M. D., Espejo, M., Herráiz, P. L., ... Piedrafita, J. (2006). Structural characterisation and typology of beef cattle farms of Spanish wooded rangelands (dehesas). *Livestock Science*, 99(2), 197-209. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2005.06.012>
- MINAG. (2010). *Producción de cuero, menudencia, lana y fibra, por especie*. Lima, Perú.
- Moazami-Goudarzi, K., Vaiman, D., Mercier, D., Grohs, C., Furet, J. P., Levéziel, H., y Martin, P. (1994). Emploi de microsattellites pour l'analyse de la diversité génétique des races bovines françaises: premiers résultats. *Genetics Selection Evolution*, 26(1), 155-165. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-26-s1-s155>
- Montes, M., Quicaño, I., Quispe, R., Quispe, E., y Alfonso, L. (2008). Quality characteristics of Huacaya alpaca fibre produced in the Peruvian andean plateau region of Huancavelica. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(1), 33-38.
<https://doi.org/10.5424/sjar/2008061-5258>
- Moran, C. (1993). Microsatellite repeats in pig (*Sus domestica*) and chicken (*Gallus domesticus*) genomes. *Journal of Heredity*, 84(4), 274-280.
<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a111339>
- Naylor, G. R. S., y Stanton, J. (1997). Time of shearing and the diameter characteristics of fibre ends in the processed top: An opportunity for improved skin comfort in garments. *Wool Tech. Sheep Breeding*, 45(4), 243-255.
- Nei, M. (1973). Analysis of gene diversity in subdivided populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 70(12), 3321-

3323. <https://doi.org/10.1073/pnas.70.12.3321>

Nei, M. (1978). Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics*, 89(3), 583-590.

Olaizola, A. A., y Gibon, A. (1997). Bases teóricas y metodológicas para el estudio de las explotaciones ganaderas y sus relaciones con el espacio. La aportación de la escuela francesa de sistemistas. *ITEA*, 93(1), 17-39.

Oldenbroek, J. K. (1998). *Genebanks and the conservation of the farm animal genetic resources*. DLO Institute for Animal Science and Health, The Netherlands.

Ott, J. (1992). Strategies for characterizing highly polymorphic markers in human gene mapping. *American Journal of Human Genetics*, 51(2), 283-290.

Pakstis, A. (2008). Candidate SNPs for a universal individual identification panel. *Human Genetics*, 121, 305-317. <https://doi.org/10.1007/s00439-007-0342-2>

Paredes, G., Yalta-Macedo, C., Gutierrez, G., y Veli-Rivera, E. (2020). Genetic diversity and population structure of llamas (*Lama glama*) from the camelid germplasm bank—quimsachata. *Genes*, 11(5).
<https://doi.org/10.3390/genes11050541>

Parés, P. (2009). Zoometría. En *Valoración morfológica de los animales domésticos*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino Secretaría.

Pearson, K. (1901). On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *Philosophical Magazine*, 6(2), 559-572.

Penedo, M. C. T., Caetano, A. R., y Cordova, K. I. (1999). Six microsatellite markers for South American camelids. *Animal Genetics*, 30, 382±405.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2052.1999.00526.x>

Pérez, P., Maino, M., Guzmán, R., Vaquero, A., Kobrich, C., y Pokniak, J. (2000). Carcass characteristics of llamas (*Lama glama*) reared in Central Chile. *Small Ruminant Research*, 37, 93-97.

Piñero, D., Barahona, A., Eguiarte, L., Rocha, A., y Salas, R. (2008). *La variabilidad genética de las especies: aspectos conceptuales y sus aplicaciones y perspectivas en México, en capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la*

biodiversidad. CONABIO, México. 415-435.

- Pinto, C. E., Martín, C., y Cid, M. D. (2010). Camélidos sudamericanos: clasificación, origen y características. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 4(1), 23-36.
- Postigo, J. C., Young, K. R., y Crews, K. A. (2008). Change and continuity in a pastoralist community in the high Peruvian Andes. *Human Ecology*, 36(4), 535-551.
- Pritchard, J., Stephens, M., y Donnelly, P. (2000). Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, 155(2), 945-959.
- Quina, Y. (2015). *Diagnóstico de la crianza y caracterización fenotípica de las llamas k'ara (Lama glama) en Marcapomacocha, región Junín* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria la Molina, Maestría en Producción Animal, Perú.
- Quispe, E C, Rodríguez, T. C., Iñiguez, L. R., y Mueller, J. P. (2009). Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. *Animal Genetic Resources Information*, 45, 1-14. <https://doi.org/10.1017/s1014233909990277>
- Quispe, Edgar Carlos. (2010). *Estimación del progreso genético bajo un esquema de selección planteado en alpacas (Vicugna pacos) huacaya en la región alto andina de Huancavelica* (Tesis Doctoral). Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Zootecnia, Perú.
- Quispe, J., Apaza, E., Ibáñez, V., Villalta, R., Calsín, B., y Vilca, C. (2015). Caracterización morfológica e índices corporales de llamas (*Lama glama*) Ch'acu y k'ara de la puna húmeda de la Región Puno. *Journal of High Andean Investigation*, 17(2), 183. <https://doi.org/10.18271/ria.2015.111>
- Quispe, J., Belizario, C., Apaza, E., Maquera, Z., y Quisocala, V. (2016). Desempeño productivo de vacunos Brown Swiss en el altiplano peruano. *Journal of High Andean Research*, 18(4), 411-421. <https://doi.org/10.18271/ria.2016.233>
- Quispe, J. L. (2014). *Caracterización fenotípica de llamas del tipo T'amphulli conservadas en condición in situ en las regiones de Quetena Grande - Potosí y Calientes - Cochabamba* (Tesis de Magíster). Universidad Mayor de San Simón, Bolivia.

- Riedel, J. L., Casasús, I., y Bernués, A. (2007). Sheep farming intensification and utilization of natural resources in a Mediterranean pastoral agro-ecosystem. *Livestock Science*, 111(1-2), 153-163. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.12.013>
- Ruiz, F. A., Castel, J. M., Mena, Y., Camúñez, J., y González-Redondo, P. (2008). Application of the technico-economic analysis for characterizing, making diagnoses and improving pastoral dairy goat systems in Andalusia (Spain). *Small Ruminant Research*, 77(2-3), 208-220. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.03.007>
- Sachero, D. (2005). Utilización de medidas objetivas para determinar calidad de lanas. *Memorias del VII Curso: Actualización en Producción Ovinas*, 207-221. Bariloche, Argentina.
- San Martín, F. (1996). *Nutrición en alpacas y llamas*. Publicación Científica N° 27. Facultad de Medicina Veterinaria, UNMSM. Perú.
- Sañudo, C. (2009). *Valoración morfológica de los animales domésticos* (1.ª ed.). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino Secretaría.
- Sanz, C. (1922). *El ganado cabrío. Raza, explotación y enfermedades* (3.ª ed.). Espasa-Calpe S.A.
- Serrano, E., y Ruiz, Á. (2003). Bases para un desarrollo ganadero sostenible: la consideración de la producción animal desde una perspectiva sistémica y el estudio de la diversidad de las explotaciones. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 199, 159-191.
- Sierra, I. (2009). Importancia de la morfología y su valoración en los animales domésticos. En *Valoración morfológica de los animales domésticos*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Siguayro, R. (2009). *Comparación de las características físicas de las fibras de la llama ch'aku (Lama glama) y la alpaca Huacaya (Lama pacos) del centro experimental Quimsachata del INIA-Puno* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria la Molina, Maestría en Producción Animal, Perú.
- Simon, D. L. (1984). Conservation of animal genetic resources — A review. *Livestock Production Science*, 11(1), 23-36. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(84\)90004-6](https://doi.org/10.1016/0301-6226(84)90004-6)

- Sokal, R. R., y Sneath, P. H. A. (1963). *Principles of numerical taxonomy*. San Francisco, California: Freeman.
- Sotillo, J. L. (1985). *Producción Animal I - Etnología Zootécnica (Tomo 1)*. Artes Gráficas Flores, Albacete, España.
- Spearman, C. (1904). "General Intelligence", Objectively Determined and Measured. *American Journal of Psychology*, 15(2), 201-292.
- Spencer, P. B. S., Wilson, K. J., y Tinson, A. (2010). Parentage testing of racing camels (*Camelus dromedarius*) using microsatellite DNA typing. *Animal Genetics*, 41(6), 662-665. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2010.02044.x>
- Stanley, H. F., Kadwell, M., y Wheeler, J. C. (1994). Molecular evolution of the family Camelidae: A mitochondrial DNA study. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 256(1345), 1-6. <https://doi.org/10.1098/rspb.1994.0041>
- Stemmer, A., y Valle, A. (2005). *Crianza de caprinos en Bolivia: un aporte al sustento familiar de los pequeños productores*.
- Stemmer, A., Wurzinger, M., Soelkner, J., Valle Zárate, A., Nuernberg, M., y Delgado, J. (2005). La llama de Ayopaya: descripción de un recurso genético autóctono. *Archivos de zootecnia*, 54(206), 253-259.
- Sunari, E. (1986). *Biometría de la llama en la comunidad de Santa Rosa de Juli* (Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista). Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú.
- Tabachnick, B., y Fidell, L. (2007). Principal Components and Factor Analysis. En *Using Multivariate Statistics* (pp. 607-675). Boston: Pearson.
- Takezaki, N., y Masatoshi, N. (1994). Genetic distances and the setting of conservation priorities. *Conservation genetics*, 399, 227-237. https://doi.org/10.1007/978-3-0348-8510-2_18
- Tapio, I., Värvi, S., Bennewitz, J., Maleviciute, J., Finland, E., Grislis, Z., ... Kantanen, J. (2006). Prioritization for conservation of northern European cattle breeds based on analysis of microsatellite data. *Conservation Biology*, 20(6), 1768-1779. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00488.x>

- Theau, J. P., y Gibon, A. (1993). Mise au point d'une méthode pour le diagnostic des systèmes fourragers. Application aux élevages bovin-viande du Couserans. En E. Landais & G. Balent (Eds.), *Pratiques d'élevage extensif. Identifier, modéliser, évaluer. Etudes et recherches sur les SAD* (1.^a ed.). INRA.
- Thurstone, L. (1947). *Multiple-factor analysis*. Chicago: University of Chicago Press.
- Toro-mujica, P., Aguilar, C., Vera, R., Rivas, J., y García, A. (2015). Sheep production systems in the semi-arid zone : Changes and simulated bio-economic performances in a case study in Central Chile. *Livestock Science*, 180, 209-219.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.07.001>
- Tryon, R. C. (1939). *Cluster analysis: Correlation profile and orthometric (factor) analysis for the isolation of unities in mind and personality*. Ann Arbor, Michigan: Edwards Brothers.
- Valdivia, C., Gilles, J. L., y Turin, C. (2013). Andean pastoral women in a changing world: opportunities and challenges. *Rangelands*, 35(6), 75-81.
- Valerio, D, García, A., Acero, R., Perea, J., Tapia, M., y Romero, M. (2010). Caracterización estructural del sistema ovino-caprino de la región noroeste de República Dominicana. *Archivos de Zootecnia*, 59(227), 333-343.
- Valerio, Daniel, García, A., Acero, R., Castaldo, A., Perea, J. M., y Martos, J. (2004). Metodología para la caracterización y tipificación de sistemas ganaderos. *Universidad de Córdoba*, 1, 1-9.
- Vásquez, R., Gómez-Quispe, O., y Quispe, E. (2015). Características tecnológicas de la fibra blanca de alpaca Huacaya en la zona altoandina de Apurímac. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 26(2), 213.
<https://doi.org/10.15381/rivep.v26i2.11020>
- Vilca, M. (1991). Producción, tecnología e higiene de la carne. En *Avances y Perspectivas del conocimiento de los Camélidos Sudamericanos*. FAO.
- Viviani, E., Theau, J. P., Gibon, A., y Duru, M. (1992). Diagnostic des systèmes fourrages á partir d'une enquête: méthodologie et application á la constitution des stocks fourragers dans la Couserans. *Fourrages*, 130, 123-147.
- Wahlund, T. (1928). Zusammensetzung von populationen und

- korrelationserscheinungen vom standpunkt der vererbungslehre aus betrachtet. *Hereditas (Lund)*, 11, 65-106.
- Wang, X., Wang, L., y Liu, X. (2003). *The quality and processing performance of alpaca fibres*. Rural Industries Research and Development Corporation. Australia.
- Webb, S. D. (1974). *Pleistocene mammals of Florida* (1.^a ed.). University Presses of Florida.
- Wheeler, J. C. (1995). Evolution and present situation of the South American Camelidae. *Biological Journal of the Linnean Society*, 54(3), 271-295.
- Wheeler, J. C. (2012). *Diversidad y conservación de Camélidos Sudamericanos*.
- Wheeler, J. C., Russel, A. J. F., y Redden, H. (1995). Llamas and alpacas: Pre-conquest breeds and post-conquest hybrids. *Journal of Archaeological Science*, 22(6), 833-840. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(95\)90012-8](https://doi.org/10.1016/0305-4403(95)90012-8)
- Wigginton, J. E., Cutler, D. J., y Abecasis, R. (2005). WiggintonJE_AbecasisGR2005AJHG_HWE_exactTest. *American journal of human genetics*, 76(5), 887-883. Recuperado de <papers2://publication/uuid/DCCBAB33-18E1-420D-BC50-9044CB6603EE>
- Wolfinger, B. (2012). *Characterisation of the production system of llamas and description of breeding strategies of smallholders in the Central Peruvian Andes* (Tesis de Maestría). University of Natural Resources and Life Sciences Vienna, Department of Sustainable Agricultural Systems, Austria.
- Wurzinger, M., Delgado, J., Nürnberg, M., Valle Zárate, A., Stemmer, A., Ugarte, G., y Sölkner, J. (2005). Growth curves and genetic parameters for growth traits in Bolivian llamas. *Livestock Production Science*, 95(1-2), 73-81. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.12.015>
- Wurzinger, M., Willam, A., Delgado, J., Nürnberg, M., Zárate, A. V, Stemmer, A., ... Sölkner, J. (2008). Design of a village breeding programme for a llama population in the High Andes of Bolivia. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 125(5), 311-319. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2007.00713.x>
- Zubin, J. A. (1938). A technique for measuring likemindedness. *Journal of Abnormal & Social Psychology*, 33, 508-516.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de encuesta para caracterizar explotaciones de llamas.

ENCUESTA A CRIADORES DE LLAMAS EN HUANCAMELICA

INFORMACIÓN GENERAL

Provincia: _____

Distrito: _____

Comunidad: _____

1. ¿Cuál es tu nombre? _____

Edad: _____ Sexo: F M

2. ¿Cuál es tu nivel educativo?

Primaria Secundaria Superior No tuvo estudios

3. ¿Pertenece a alguna asociación? Sí _____ No

Nombre de la asociación

CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS

4. ¿Qué actividades económicas desarrollas? y ¿Cuánto es tu ingreso en % de cada actividad?

Ganadería Agricultura Minería Artesanía Otro _____

5. ¿Si te dedicas a la ganadería, qué especies animales crías?

Llamas Alpacas Ovinos Vacunos Otro _____

6. ¿Del total de tus ingresos en ganadería, cuanto suponen las llamas en %?

CARACTERÍSTICAS DE LA EXPLOTACIÓN

7. Acceso:

Camino de herradura Camino afirmado Carretera

8. Energía eléctrica:

Red pública Grupo electrógeno No usa

9. Agua:

Red pública Rio Laguna Pozo Manantial

10. ¿Que extensión de terreno tienes para la crianza de llamas (hectáreas)?

11. El terreno que tienes es (% de cada tipo):

Propio Comunal Alquilado

12. Infraestructura presente para la crianza de llamas:

Corrales Mangas de manejo Cobertizos Silos

13. Disposición de las excretas (humano):

Red pública Letrina Campo abierto

CARACTERÍSTICAS DE LOS REBAÑOS

14. Cantidad de ganado por especies que posee el criador.

Especie	Nº	Pastan (Sí/No)
Alpaca		
Ovino		
Vacuno		
Otro		

15. ¿Cuántas llamas tienes?

Clase	Chaku		Kara		Intermedio	
	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho
Crías						
Tuis menor						
Tuis mayor						
Adulto						

16. Tendencia poblacional de las llamas durante los últimos cinco años; el censo:

Sube Baja Se mantiene

17. ¿La generación anterior a la tuya (padres) tenían llamas?

Sí No

18. ¿Piensas aumentar tu número de llamas?

Sí No

Por qué _____

19. ¿Qué aprovechas de la llama?

Carne Fibra Transporte Otro _____

MANO DE OBRA

20. Componentes de la familia:

Nº de adultos: _____ Nº de jóvenes: _____ Nº de niños: _____

21. ¿Quién trabaja en la explotación? y ¿haciendo qué? (Nº medio de hora por día)

22. ¿Tienes contratada alguna persona?

23. ¿Quién (cuantas personas) se dedica(n) a las llamas? (y número medio de horas por día)

24. ¿Alguno de tus hijos se quiere dedicar a la ganadería?

ALIMENTACIÓN

25. En qué se basa la alimentación de tus llamas:

Pastos naturales Pastos cultivados Otro _____

26. ¿Qué método de pastoreo utilizas?

Libre Rotacional Otro _____

27. ¿Cuántas horas diarias pastoreas las llamas? _____

28. ¿Cuentas con un plan de manejo y conservación de pastos? Sí No
29. ¿Realizas algún tipo de suplementación alimenticia?
Sí Cuál: _____ No

Si es sí ¿Los alimentos los produces en la explotación o los compras?

Si lo compras ¿cuánta cantidad compras y cuál es el coste por animal por año?

MANEJO REPRODUCTIVO

30. ¿Tienes identificadas a tus llamas? Sí No
Tipo de identificación del animal:
Crotal Collar Otro _____
31. ¿Utilizas registros reproductivos?
Sí No
32. ¿Qué tipo de monta utilizas?
Monta libre Monta dirigida
33. ¿Intercambia sus reproductores machos en épocas de cubrición? Sí No

MANEJO SANITARIO

34. ¿Utilizas el calendario de manejo sanitario?
Sí No
35. Actividades sanitarias que realizas durante el año:
Desparasitación Vacunaciones Otro _____
36. ¿Cuál es la enfermedad que tiene más repercusiones económicas en su explotación?

37. ¿Cuál es el coste sanitario por llama y año?

MANEJO GENÉTICO

38. ¿Manejas registros productivos?
Sí No
39. ¿Anotas la genealogía de tus animales?
Sí No
40. ¿Utilizas la selección en tu rebaño?
Sí No
41. ¿Qué criterio de selección utilizas? _____
42. ¿Qué actividades realizas para controlar la consanguinidad?

COMERCIALIZACIÓN

43. ¿Qué productos comercializas de las llamas?
Carne Fibra Animal en pie Otros _____
44. ¿Cuánto te pagan por?
Kg. de carne _____ Lb. de fibra _____ Animal en pie _____
Otros _____

45. ¿A quiénes vendes tus productos?

46. ¿Cada qué tiempo vendes tus productos?

Semanal Mensual Trimestral Bimestral Anual

OTROS

47. ¿Has recibido algún tipo de asistencia técnica?

Sí Especifica: _____ No

48. ¿Qué problemas se te presentan frecuentemente en la crianza de llamas?

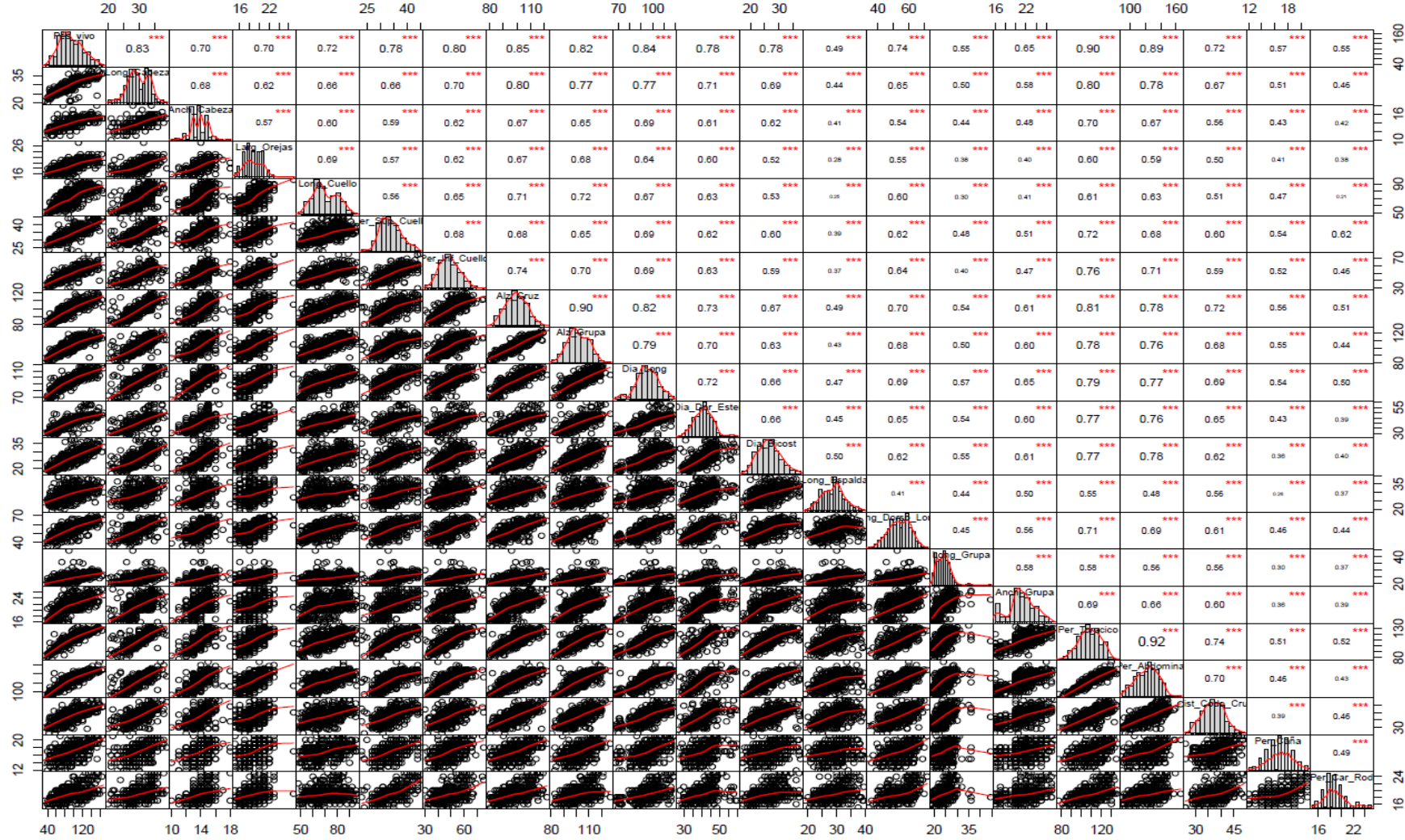
49. ¿Cómo te gustaría que te ayudara la DIRCAMS en tu actividad productiva?

50. ¿Qué futuro le ves a la actividad?

¿Eres optimista? ¿Por qué?

¿Eres pesimista? ¿Por qué?

Anexo 2. Matriz de correlaciones entre las medidas zoométricas de llamas de la región de Huancavelica.



Anexo 3. Frecuencias alélicas.

Tabla 34. Frecuencias alélicas de Locus LCA05

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
182	0.150	0.021	0.026	0.000	0.087
184	0.025	0.167	0.263	0.000	0.000
186	0.075	0.083	0.079	0.130	0.283
188	0.000	0.083	0.316	0.000	0.000
190	0.700	0.563	0.289	0.848	0.630
192	0.000	0.083	0.000	0.022	0.000
200	0.000	0.000	0.026	0.000	0.000
202	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000

Gráfico 25. Frecuencias alélicas de Locus LCA05

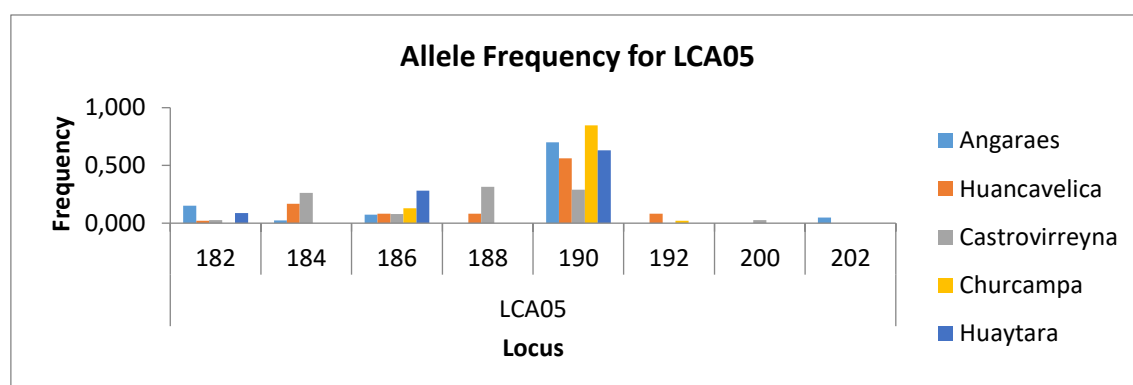


Tabla 35. Frecuencias alélicas de Locus LCA08

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
226	0.025	0.021	0.079	0.000	0.152
232	0.100	0.167	0.000	0.391	0.043
234	0.225	0.104	0.211	0.000	0.130
236	0.125	0.000	0.000	0.000	0.043
238	0.275	0.375	0.105	0.109	0.478
240	0.025	0.000	0.368	0.022	0.087
242	0.025	0.000	0.000	0.022	0.065
244	0.000	0.188	0.211	0.370	0.000
246	0.200	0.000	0.000	0.000	0.000
248	0.000	0.083	0.000	0.087	0.000
250	0.000	0.063	0.000	0.000	0.000
254	0.000	0.000	0.026	0.000	0.000

Gráfico 26. Frecuencias alélicas de Locus LCA08

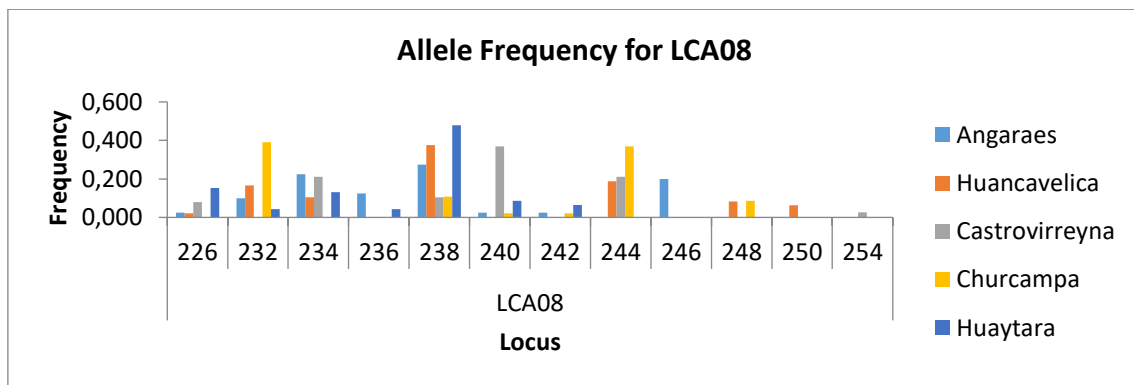


Tabla 36. Frecuencias alélicas de Locus LCA19

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
80	0.900	0.708	0.816	0.739	0.674
82	0.000	0.104	0.000	0.000	0.000
84	0.025	0.083	0.000	0.109	0.065
86	0.025	0.021	0.158	0.000	0.261
90	0.000	0.000	0.000	0.087	0.000
94	0.000	0.000	0.000	0.065	0.000
96	0.025	0.083	0.026	0.000	0.000
112	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000

Gráfico 27. Frecuencias alélicas de Locus LCA19

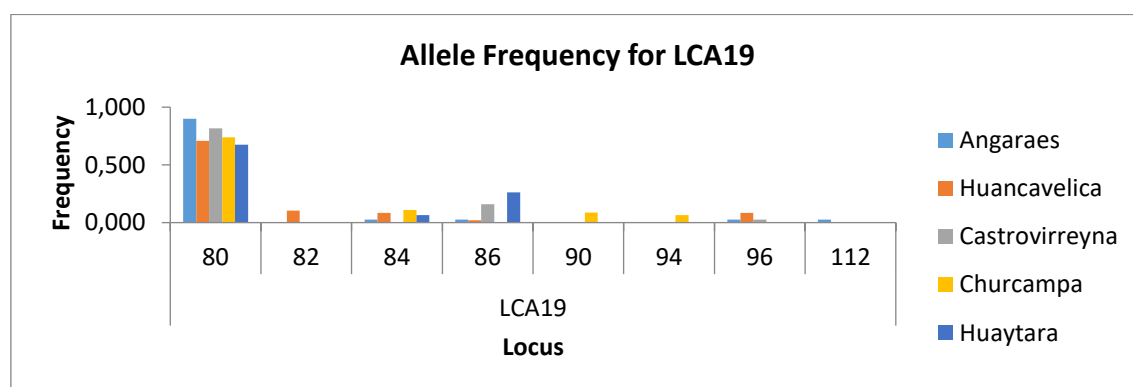


Tabla 37. Frecuencias alélicas de Locus LCA24

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
102	0.050	0.375	0.105	0.130	0.261
106	0.200	0.104	0.000	0.000	0.000
108	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000
110	0.400	0.375	0.632	0.435	0.565
112	0.025	0.000	0.079	0.087	0.065
114	0.175	0.021	0.105	0.130	0.109
116	0.100	0.083	0.000	0.217	0.000
118	0.025	0.042	0.079	0.000	0.000

Gráfico 28. Frecuencias alélicas de Locus LCA24

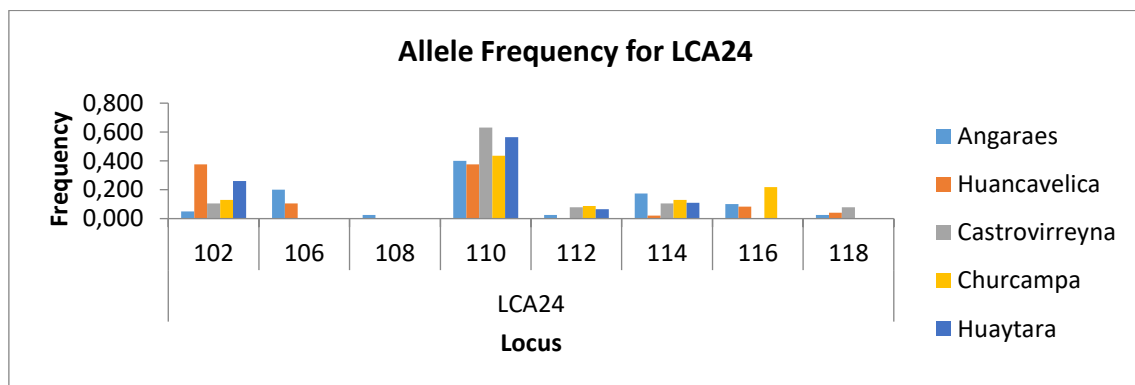


Tabla 38. Frecuencias alélicas de Locus LCA37

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
122	0.025	0.021	0.000	0.109	0.000
126	0.300	0.021	0.263	0.000	0.065
128	0.075	0.021	0.000	0.174	0.000
130	0.000	0.042	0.000	0.043	0.087
132	0.000	0.000	0.000	0.109	0.000
134	0.025	0.125	0.421	0.043	0.152
136	0.000	0.125	0.026	0.130	0.043
138	0.000	0.063	0.000	0.000	0.000
140	0.000	0.000	0.000	0.043	0.130
142	0.225	0.521	0.158	0.239	0.348
144	0.275	0.021	0.053	0.109	0.174
146	0.000	0.021	0.079	0.000	0.000
150	0.075	0.000	0.000	0.000	0.000
162	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000

Gráfico 29. Frecuencias alélicas de Locus LCA37

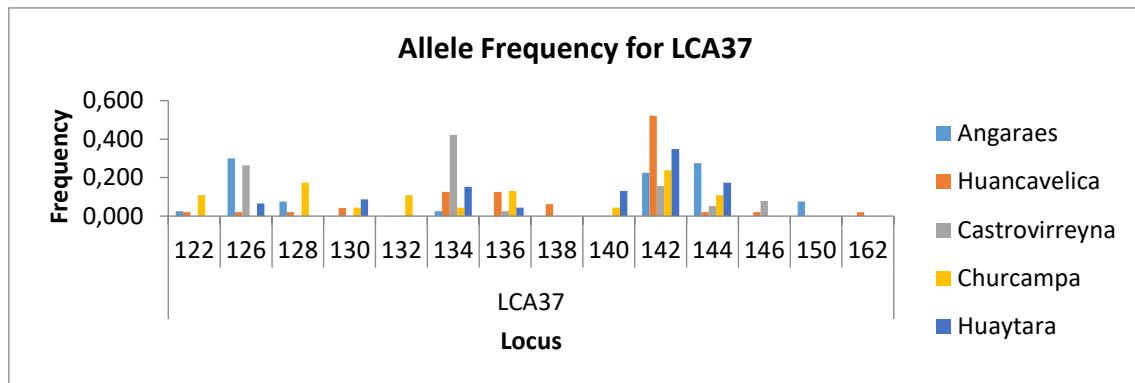


Tabla 39. Frecuencias alélicas de Locus LCA56

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
129	0.075	0.208	0.053	0.152	0.109
131	0.025	0.083	0.000	0.000	0.239
133	0.100	0.292	0.053	0.304	0.391
135	0.450	0.250	0.132	0.304	0.087
137	0.325	0.167	0.763	0.239	0.174
149	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000

Gráfico 30. Frecuencias alélicas de Locus LCA56

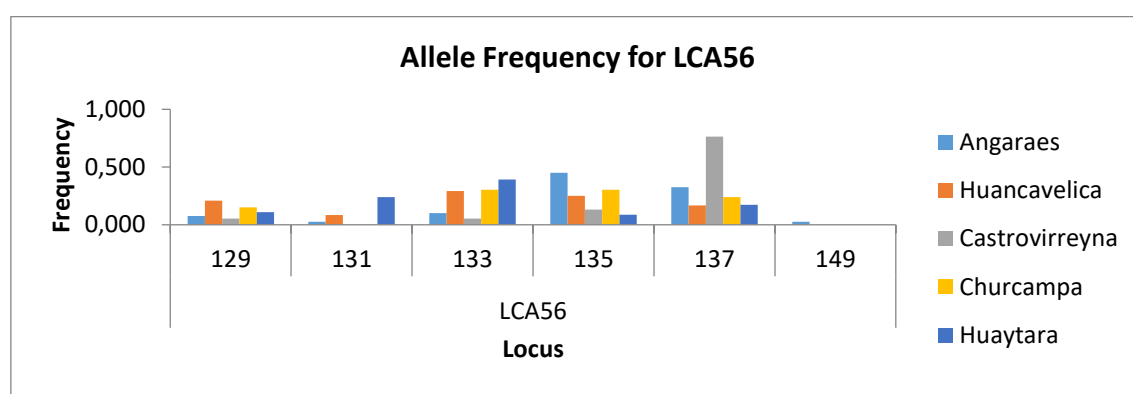


Tabla 40. Frecuencias alélicas de Locus LCA65

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
161	0.075	0.125	0.105	0.065	0.000
163	0.000	0.042	0.053	0.130	0.022
165	0.200	0.063	0.421	0.174	0.043
167	0.575	0.458	0.105	0.109	0.370
169	0.100	0.229	0.289	0.109	0.283
171	0.025	0.063	0.026	0.174	0.283
175	0.000	0.000	0.000	0.196	0.000
181	0.025	0.021	0.000	0.022	0.000
185	0.000	0.000	0.000	0.022	0.000

Gráfico 31. Frecuencias alélicas de Locus LCA65

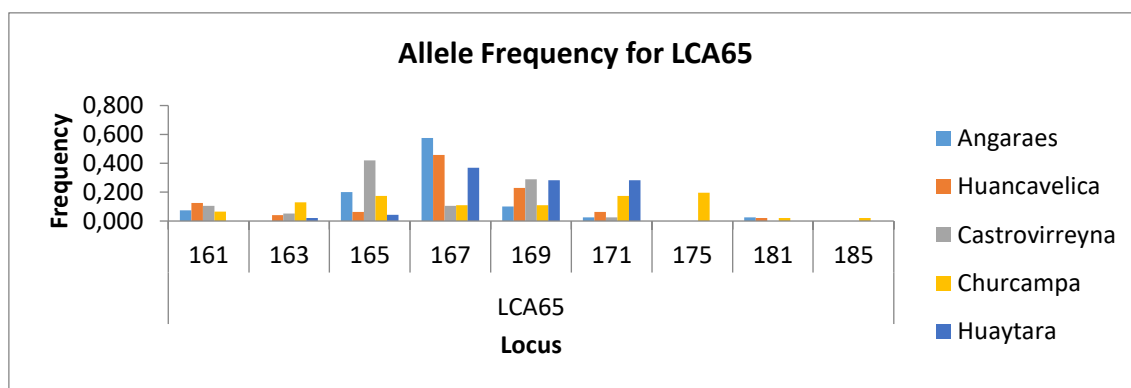


Tabla 41. Frecuencias alélicas de Locus LCA66

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
214	0.000	0.000	0.000	0.043	0.000
216	0.050	0.021	0.000	0.065	0.043
218	0.525	0.229	0.368	0.261	0.609
220	0.125	0.000	0.026	0.109	0.000
222	0.025	0.188	0.000	0.065	0.196
224	0.000	0.063	0.000	0.261	0.000
230	0.025	0.292	0.079	0.022	0.000
232	0.000	0.021	0.132	0.000	0.000
234	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000
240	0.000	0.042	0.000	0.000	0.000
246	0.175	0.042	0.000	0.000	0.087
248	0.000	0.021	0.000	0.152	0.000
252	0.025	0.063	0.395	0.022	0.065
254	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000

Gráfico 32. Frecuencias alélicas de Locus LCA66

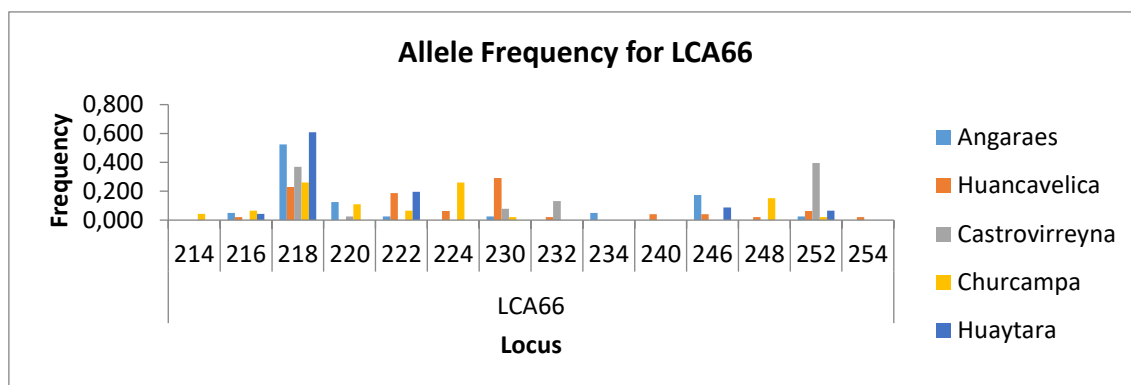


Tabla 42. Frecuencias alélicas de Locus LCA94

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
183	0.175	0.000	0.000	0.065	0.000
185	0.000	0.104	0.000	0.261	0.000
187	0.600	0.688	0.526	0.522	0.935
189	0.175	0.042	0.184	0.065	0.065
191	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000
193	0.000	0.021	0.289	0.000	0.000
195	0.000	0.146	0.000	0.087	0.000
199	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000

Gráfico 33. Frecuencias alélicas de Locus LCA94

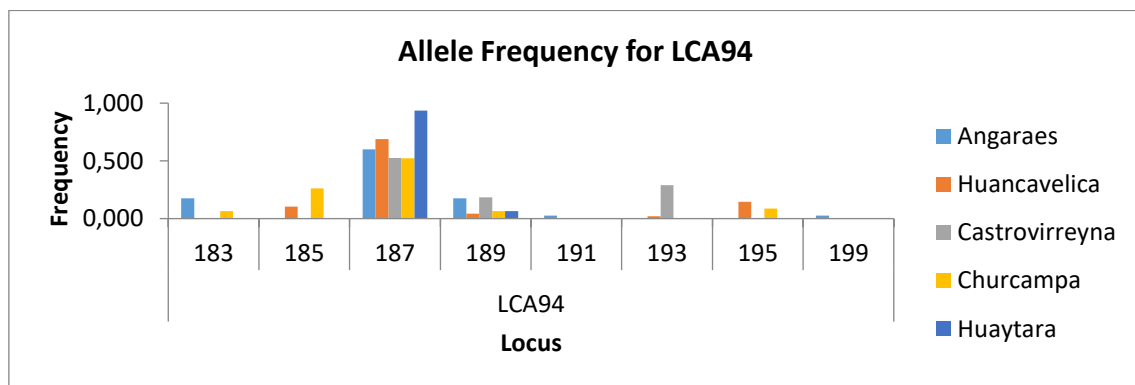


Tabla 43. Frecuencias alélicas de Locus LCA99

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
266	0.000	0.042	0.000	0.000	0.000
268	0.050	0.167	0.026	0.261	0.283
270	0.175	0.000	0.000	0.000	0.000
272	0.050	0.063	0.132	0.087	0.043
274	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065
276	0.650	0.542	0.553	0.543	0.196
280	0.025	0.104	0.263	0.065	0.000
282	0.050	0.083	0.000	0.043	0.370
286	0.000	0.000	0.026	0.000	0.043

Gráfico 34. Frecuencias alélicas de Locus LCA99

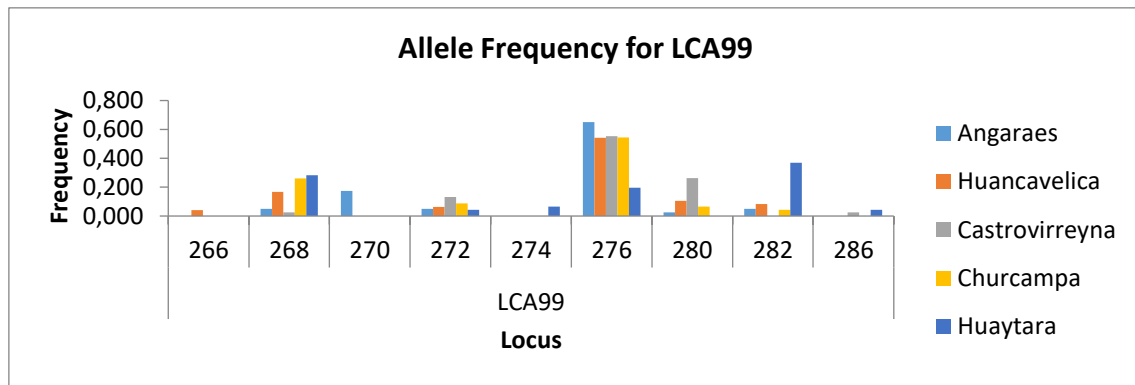


Tabla 44. Frecuencias alélicas de Locus LGU49

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
218	0.000	0.063	0.000	0.000	0.000
224	0.000	0.000	0.000	0.043	0.000
228	0.100	0.146	0.026	0.174	0.000
230	0.275	0.229	0.000	0.065	0.261
232	0.000	0.021	0.000	0.000	0.087
234	0.050	0.000	0.000	0.022	0.043
236	0.250	0.042	0.000	0.000	0.043
238	0.250	0.125	0.237	0.022	0.109
240	0.050	0.375	0.553	0.478	0.348
242	0.025	0.000	0.184	0.196	0.109

Gráfico 35. Frecuencias alélicas de Locus LGU49

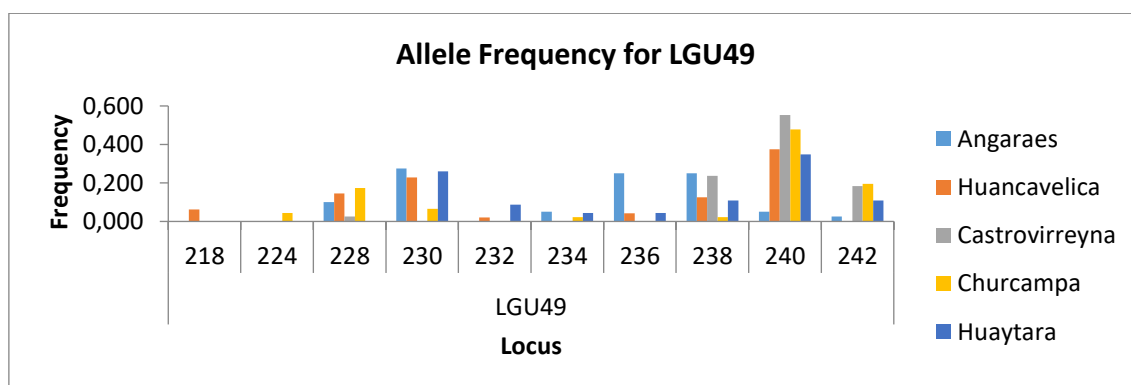


Tabla 45. Frecuencias alélicas de Locus YWLL29

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
212	0.000	0.000	0.000	0.022	0.000
214	0.275	0.146	0.184	0.196	0.217
216	0.050	0.146	0.263	0.043	0.043
218	0.200	0.479	0.105	0.543	0.413
220	0.000	0.000	0.026	0.000	0.000
222	0.200	0.104	0.158	0.087	0.087
224	0.275	0.063	0.211	0.109	0.239
226	0.000	0.063	0.053	0.000	0.000

Gráfico 36. Frecuencias alélicas de Locus YWLL29

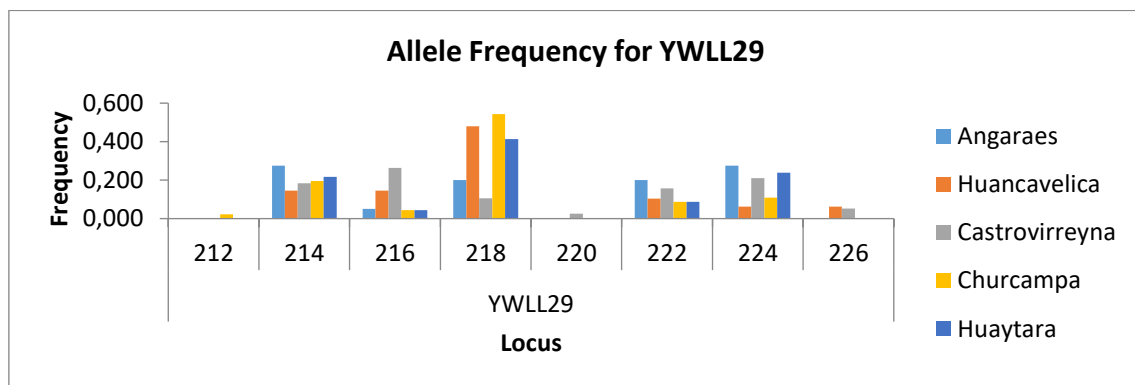


Tabla 46. Frecuencias alélicas de Locus YWLL40

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
178	0.000	0.021	0.447	0.000	0.130
182	0.450	0.750	0.263	0.457	0.435
184	0.525	0.229	0.184	0.543	0.435
186	0.025	0.000	0.105	0.000	0.000

Gráfico 37. Frecuencias alélicas de Locus YWLL40

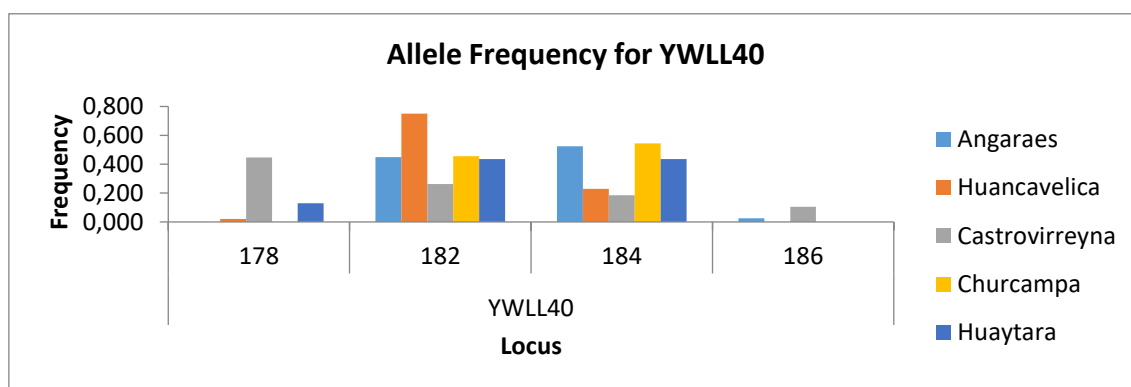


Tabla 47. Frecuencias alélicas de Locus YWLL46

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
91	0.175	0.354	0.079	0.196	0.022
97	0.000	0.125	0.289	0.348	0.239
99	0.525	0.313	0.263	0.283	0.174
101	0.300	0.083	0.132	0.174	0.522
103	0.000	0.125	0.237	0.000	0.043

Gráfico 38. Frecuencias alélicas de Locus YWLL46

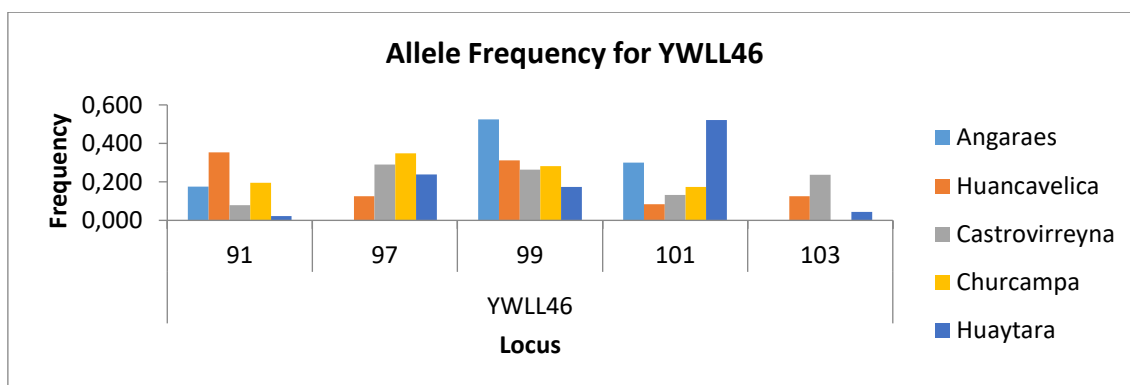


Tabla 48. Frecuencias alélicas de Locus LCA90

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
225	0.025	0.104	0.000	0.022	0.000
227	0.625	0.479	0.316	0.174	0.609
229	0.125	0.188	0.447	0.739	0.065
231	0.125	0.125	0.211	0.022	0.217
233	0.000	0.083	0.000	0.043	0.000
235	0.050	0.021	0.000	0.000	0.087
243	0.000	0.000	0.026	0.000	0.000
249	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000
251	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000
257	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022

Gráfico 39. Frecuencias alélicas de Locus LCA90

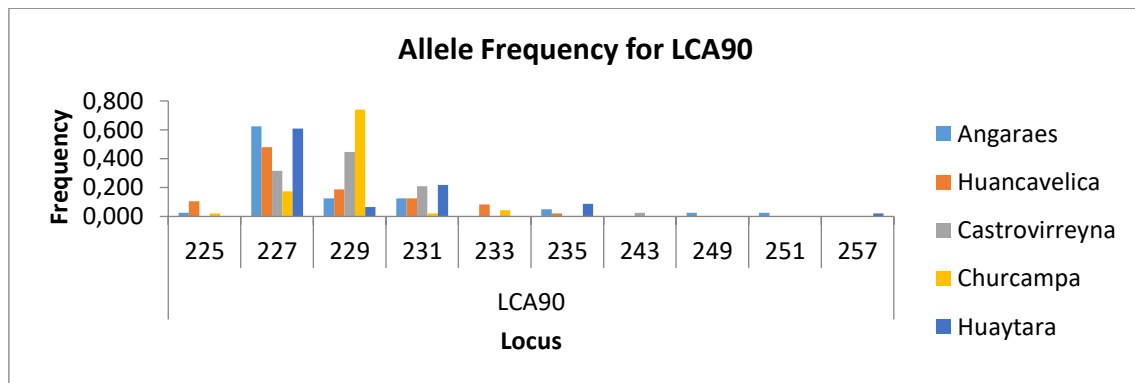


Tabla 49. Frecuencias alélicas de Locus VOLP04

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
219	0.000	0.000	0.000	0.022	0.000
221	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000
225	0.000	0.000	0.000	0.065	0.000
227	0.050	0.042	0.132	0.065	0.109
229	0.225	0.396	0.026	0.087	0.000
235	0.075	0.021	0.184	0.152	0.043
237	0.000	0.021	0.211	0.043	0.109
239	0.025	0.000	0.000	0.000	0.065
241	0.150	0.104	0.000	0.000	0.000
243	0.250	0.083	0.263	0.326	0.630
245	0.200	0.229	0.079	0.217	0.043
247	0.025	0.063	0.026	0.000	0.000
249	0.000	0.021	0.079	0.022	0.000

Gráfico 40. Frecuencias alélicas de Locus VOLP04

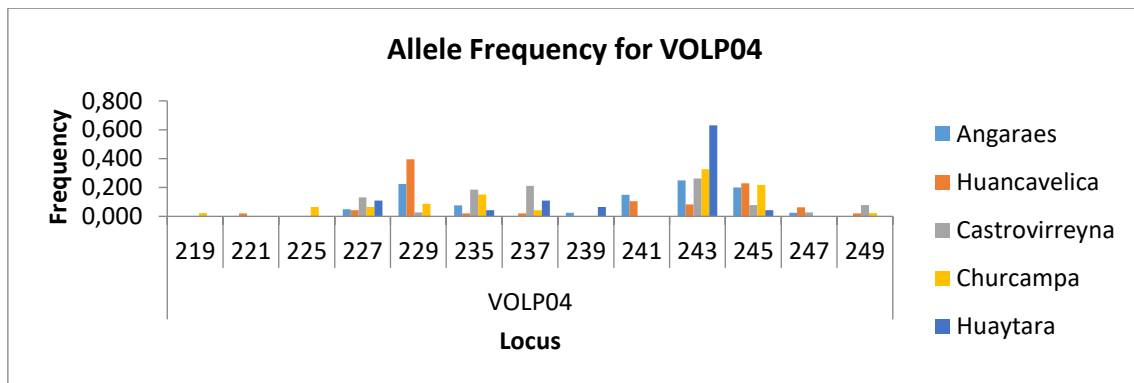


Tabla 50. Frecuencias alélicas de Locus VOLP72

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
161	0.400	0.521	0.237	0.087	0.478
165	0.125	0.042	0.000	0.239	0.174
167	0.400	0.250	0.316	0.391	0.283
169	0.025	0.021	0.053	0.065	0.000
171	0.000	0.000	0.263	0.087	0.000
173	0.050	0.167	0.132	0.130	0.022
177	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043

Gráfico 41. Frecuencias alélicas de Locus VOLP72

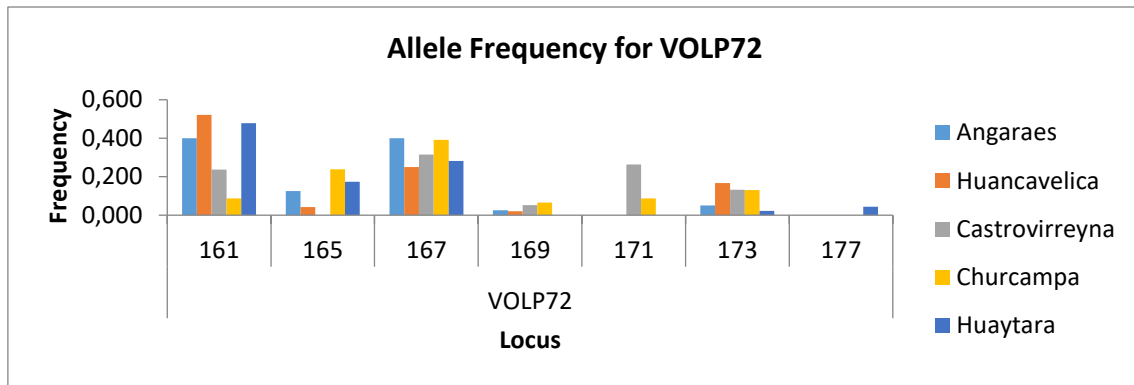


Tabla 51. Frecuencias alélicas de Locus VOLP77

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
141	0.050	0.000	0.000	0.000	0.065
145	0.025	0.021	0.000	0.043	0.043
147	0.125	0.104	0.026	0.130	0.000
149	0.000	0.042	0.000	0.000	0.000
151	0.475	0.417	0.632	0.304	0.174
153	0.025	0.021	0.000	0.000	0.000
155	0.050	0.063	0.289	0.304	0.478
157	0.250	0.188	0.026	0.152	0.174
159	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000
163	0.000	0.000	0.026	0.000	0.065
171	0.000	0.125	0.000	0.065	0.000

Gráfico 42. Frecuencias alélicas de Locus VOLP77

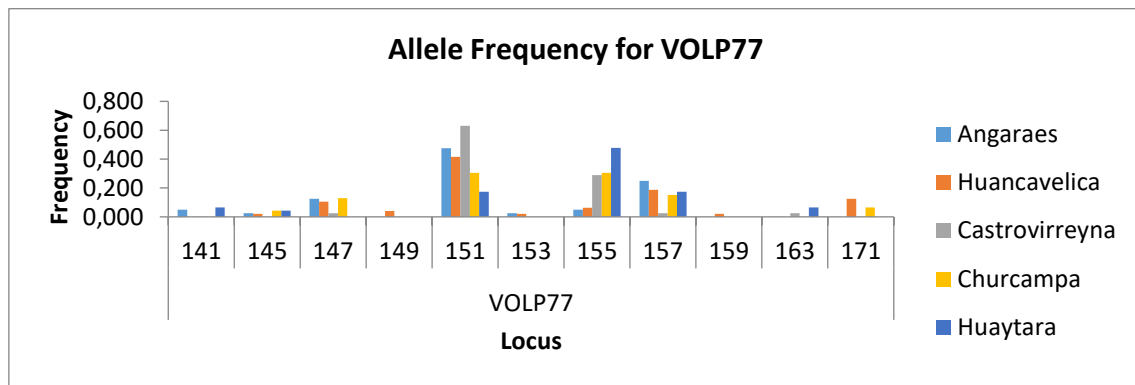


Tabla 52. Frecuencias alélicas de Locus YWLL08

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
124	0.000	0.021	0.000	0.043	0.000
130	0.000	0.000	0.000	0.022	0.000
132	0.000	0.021	0.158	0.022	0.043
134	0.200	0.125	0.000	0.196	0.109
136	0.050	0.000	0.000	0.022	0.000
138	0.100	0.313	0.000	0.174	0.587
140	0.000	0.000	0.026	0.000	0.000
142	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000
144	0.000	0.042	0.079	0.109	0.000
146	0.050	0.125	0.342	0.130	0.065
148	0.100	0.063	0.132	0.109	0.043
150	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000
154	0.250	0.208	0.237	0.065	0.000
156	0.000	0.000	0.026	0.000	0.130
160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022
166	0.000	0.063	0.000	0.109	0.000
176	0.150	0.000	0.000	0.000	0.000

Gráfico 43. Frecuencias alélicas de Locus YWLL08

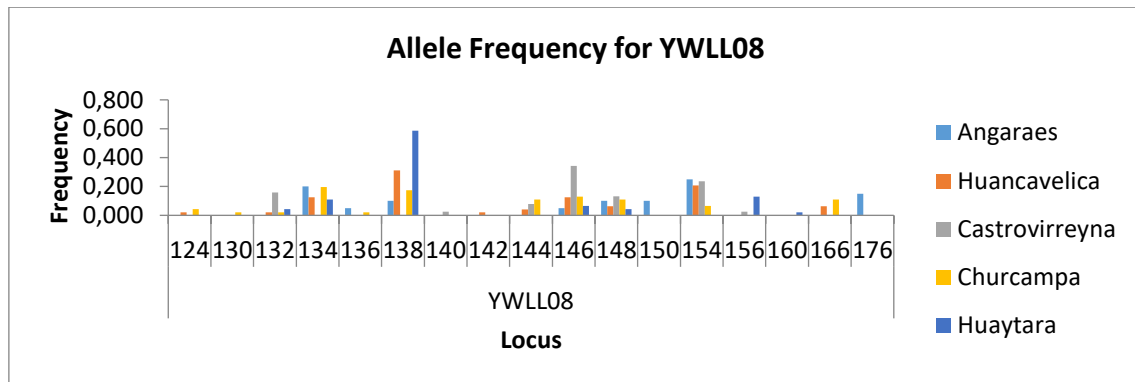


Tabla 53. Frecuencias alélicas de Locus YWLL36

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
137	0.000	0.000	0.000	0.283	0.000
145	0.325	0.146	0.211	0.087	0.152
147	0.100	0.167	0.184	0.109	0.043
149	0.225	0.229	0.105	0.130	0.043
151	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022
153	0.300	0.396	0.105	0.370	0.348
155	0.050	0.021	0.000	0.000	0.217
159	0.000	0.000	0.000	0.022	0.043
161	0.000	0.000	0.211	0.000	0.000
165	0.000	0.000	0.000	0.000	0.130
171	0.000	0.042	0.184	0.000	0.000

Gráfico 44. Frecuencias alélicas de Locus YWLL36

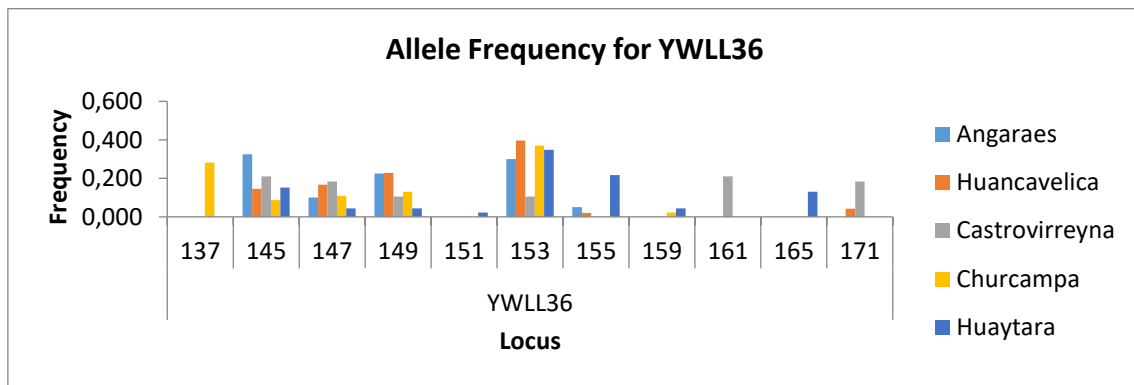


Tabla 54. Frecuencias alélicas de Locus YWLL43

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
123	0.025	0.167	0.000	0.000	0.022
125	0.000	0.000	0.316	0.000	0.000
133	0.650	0.000	0.053	0.000	0.000
135	0.050	0.146	0.158	0.130	0.022
137	0.075	0.063	0.053	0.217	0.022
139	0.025	0.000	0.000	0.043	0.000
141	0.000	0.146	0.079	0.043	0.000
143	0.100	0.083	0.263	0.065	0.348
145	0.000	0.000	0.053	0.000	0.000
147	0.025	0.000	0.000	0.022	0.000
149	0.050	0.375	0.000	0.413	0.522
151	0.000	0.021	0.026	0.000	0.000
153	0.000	0.000	0.000	0.065	0.000
155	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065

Gráfico 45. Frecuencias alélicas de Locus YWLL43

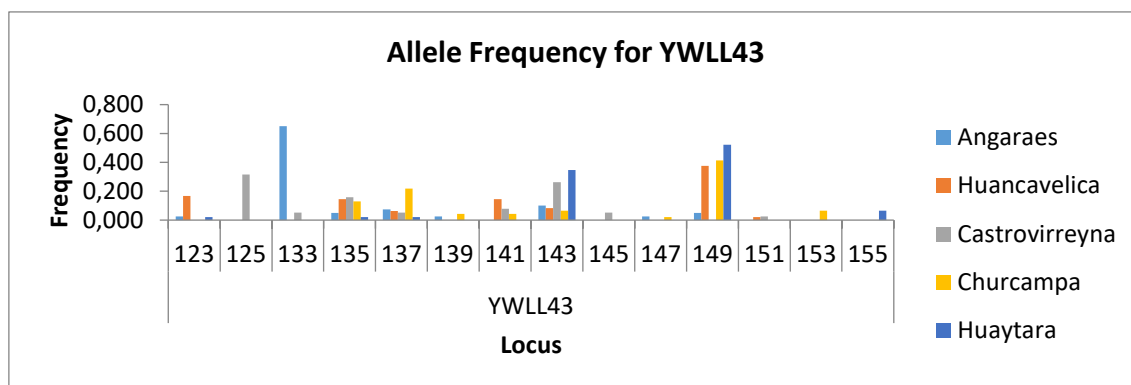


Tabla 55. Frecuencias alélicas de Locus YWLL44

Allele/n	Angaraes	Huancavelica	Castrovirreyna	Churcampa	Huaytara
N	20	24	19	23	23
80	0.075	0.083	0.026	0.065	0.000
88	0.025	0.000	0.000	0.022	0.000
90	0.025	0.208	0.053	0.348	0.000
92	0.325	0.125	0.342	0.043	0.174
100	0.000	0.208	0.132	0.000	0.152
104	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000
106	0.000	0.063	0.000	0.152	0.000
108	0.250	0.208	0.421	0.261	0.674
112	0.175	0.021	0.026	0.000	0.000
116	0.000	0.000	0.000	0.109	0.000
120	0.025	0.083	0.000	0.000	0.000
124	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000

Gráfico 46. Frecuencias alélicas de Locus YWLL44

