

Componentes de varianza y repetibilidad de características productivas y textiles de la fibra en alpacas (*Vicugna pacos*) Huacaya criadas a nivel comunal

Edgar Carlos Quispe P.¹ y Rolando Quispe Ramos²

Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca, Perú

Variance components and repeatability of productive and textil traits of the fiber of Huacaya alpacas (*Vicugna pacos*) raised in a communal system

Abstract. A trial was conducted with 41 alpacas (22 males and 19 females) during the years 2009 and 2010 in the rural community of Santo Doming de Cachi in the Junín region of Peru, to estimate components of phenotypic variance, phenotypic correlations and repeatability of the average fiber diameter (AFD), coefficient of variation of same (CVAFD), dirty fleece weight (DFW), fiber curvature (FC), and staple length (SL). Animals born in 2008 were sheared annually, along with measurement of each of the characters under study. Samples of fiber were taken at midside of each animal. The results show that alpacas of the study area produce fleece of adequate weight and fibers of the desired fineness, with low CVAFD and that the yearly increase in staple length meets the requirements of the textile industry. Animal age had an effect on AFD, FC and SL, but not on CVAFD nor DFW, while sex affected only DFW and SL. The genetic + permanent environmental variances (VG + VAP) of ADF and FC were greater than the temporary environmental variances (VAT), while the opposite was true for CVAFD, DFW, and SL variances. The phenotypic correlations among the five characters studied were mostly on the order of 0.28, some being negative and others positive, while the two correlations of AFD with CVAFD and CVAFD with FC were not significant. The negative correlation of AFD with FC was the one of highest magnitude. As for repeatability estimates, the highest was that of AFD (0.71 ± 0.08), and the lowest that of SL (0.29 ± 0.15).

Key words: Alpaca, Fiber, Repeatability, Special environment, Variance component

Resumen. A fin de estimar componentes de varianza fenotípica, correlación fenotípica y repetibilidad de media de diámetro de fibra (MDF), coeficiente de variación de MDF (CVMDF), peso de vellón (PVe), índice de curvatura (IC) y longitud de mecha (LM), se realizó un ensayo con 41 alpacas (22 machos y 19 hembras) en los años 2009 y 2010, en la comunidad Santo Domingo de Cachi, Junín, Perú. Los animales que nacieron en el 2008, se esquilaban anualmente, midiendo los caracteres en estudio en cada una de las muestras de fibra, tomadas del costillar medio. Los resultados indican que las alpacas de la zona en estudio producen vellones con buen peso, de fibras que exhiben finura, de bajo CVMDF y que la LM al año está acorde a los requerimientos textiles. La edad tuvo efecto solo sobre la MDF, IC y LM; y el sexo sólo sobre el PVe y LM. Las varianzas genética + ambiente permanente (VG + VAP) de la MDF e IC fueron mayores a las varianzas del ambiente temporal (VAT), ocurriendo lo contrario para las varianzas del CVMDF, PVe y LM. Las correlaciones fenotípicas entre las cinco características estudiadas resultaron alrededor de 0.28, observándose correlaciones positivas en unas y negativas en otras, mientras que en MDF con CVMDF y CVMDF con IC no hubo relación significativa. La correlación entre MDF e IC fue la más alta y negativa. La repetibilidad para MDF fue la más alta (0.71 ± 0.08), y la más baja la de LM (0.29 ± 0.15).

Palabras clave: Alpaca, Componentes de varianza, Fibra, Medio ambiente temporal, Repetibilidad

Recibido: 2016-02-26. Aceptado: 2016-09-25

¹ Vicepresidencia de Investigación. Autor para la correspondencia. Edgar Carlos Quispe Pena edgarquispe62@gmail.com

² Departamento de Producción Animal, Facultad de Zootecnia. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú

Introducción

La venta de fibra es el principal ingreso económico en la producción alpaquera, siendo necesario conducir programas de mejoramiento genético para incrementar su producción y así mejorar la calidad de vida de familias productoras (Quispe *et al.*, 2009a). El peso de vellón (PVe) es principal determinante del precio durante la comercialización, aunque el diámetro de fibra (DF), el coeficiente de variación (CV), el índice de curvatura (IC), la longitud de mecha (LM) entre otros, al influir en la calidad de fibra inciden también en el precio. Por ello estas características han sido estudiadas por muchos autores (McGregor, 2002; Wang *et al.*, 2003; McGregor y Butler, 2004; Lupton *et al.*, 2006; Siguyayro, 2009; Fernández y Maquera, 2012; Ormachea *et al.*, 2015, entre otros). Para el mejoramiento genético, la selección es una estrategia adecuada donde la elección de los mejores animales y el uso de valores genéticos predichos (metodología BLUP) con alta precisión son importantes, para lo cual es necesario conocer los componentes de varianza fenotípica

(Quispe *et al.*, 2012), que permiten calcular la heredabilidad, repetibilidad, correlaciones fenotípicas y genotípicas, entre otros.

Estimar componentes de varianza requiere bastante información (Mrode, 2005), y como la producción alpaquera se realiza principalmente en comunidades con identificación y registros genealógicos incipientes, es poco conocida la estimación de dichos parámetros en sistemas de producción comunales, aunque existen estimaciones para sistemas de producción de tecnología mediana (Wuliji *et al.*, 2000; Ponzoni, 2000; Paredes *et al.* 2011; Gutiérrez *et al.*, 2009; Cervantes *et al.*, 2010; Gutiérrez *et al.*, 2011 y Cruz, 2011).

Por estas consideraciones se realizó el presente trabajo con el objetivo de estimar la variancia fenotípica en dos componentes (Varianza genotípica + variancia ambiental permanente, así como la variancia ambiental temporal), correlaciones fenotípicas y estimación de repetibilidad para cinco caracteres productivos y textiles en fibra de alpaca.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó entre diciembre de 2009 y diciembre de 2010 en alpacas de la comunidad campesina de Santo Domingo de Cachi, en el distrito de Yanacancha, provincia de Chupaca y departamento de Junín- Perú, a una latitud -12.2487 y longitud de -75.51 (GD). Los animales se criaron bajo un sistema extensivo y la alimentación fue a base de pastos naturales, prevaleciendo las especies vegetales de las familias Poaceae, Asteraceae, Cyperaceae, Gramineae, Rosaceae y Juncaceae, ubicándose los pastizales entre los 4 000 y 4 800 m sobre el nivel del mar (msnm).

Se identificaron 41 animales (19 hembras y 22 machos) que fueron esquilados dos veces: la primera el año 2009 y la segunda el 2010. Previo a cada esquila se midió la LM con una regla milimetrada, y luego se tomó una muestra de 3 g de fibra del costillar medio a la altura de la décima costilla (Aylan-Parker y McGregor, 2002). Se analizaron las muestras con el OFDA 2000, en el Laboratorio de Lanasy Fibras de la Universidad Nacional de Huancavelica, siguiendo el procedimiento descrito por Brims *et al.* (1999). Se obtuvo mediciones de la MDF, coeficiente de variación MDF, CVMDF e IC. El PVe fue tomado considerando el manto, bragas y pedazos, en una balanza tipo "reloj" con capacidad de 5 kg.

La descomposición de la variancia fenotípica se realizó mediante un modelo mixto multivariado,

utilizando el procedimiento de máxima verosimilitud restringida (REML). El modelo ajustado para el análisis incluyó como efecto fijo el sexo, considerando dos medidas repetidas por cada animal, correspondiendo por lo tanto al uso de un modelo animal con medidas repetidas, que expresado matricialmente fue: $Y = Xb + Zu + Wp + e$, con:

$$\begin{pmatrix} u \\ p \\ e \end{pmatrix} \approx N \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} G & 0 & 0 \\ 0 & P & 0 \\ 0 & 0 & R \end{bmatrix} \right)$$

Con: $G = A \otimes G_o$, $P = I_p \otimes P_o$, $R = I_e \otimes R_o$, donde Y es el vector de observaciones, X es la matriz de incidencia de factores fijos, Z es la matriz de incidencia del efecto animal, W es la matriz de incidencia de efecto ambiental permanente, u es el vector de parámetros desconocidos que corresponde a la parte genética a la que se encuentra adicionada el medioambiente permanente, e es el vector de residuales, I_e es la matriz identidad de igual orden al número de récords, I_p es la matriz de igual orden al número de las subclases de ambientes permanentes, A es el numerador de la relación de parentesco, pero como se carece de información de pedigrí, esta matriz resulta ser una matriz identidad (I), R_o es la matriz de covarianza residual entre las mediciones en el mismo animal, G_o

es la matriz de covarianzas para los efectos genéticos más medioambientales, P_0 es la matriz de covarianza para los efectos del ambiente permanente y \otimes es el

producto de Kronecker. Se utilizó el programa VCE v.5.0 (Neumaier and Groeneveld, 1998), para la solución del modelo propuesto.

Resultados

Evaluación de las características productivas y textiles de la fibra de alpaca, según año de esquila y sexo

La Tabla 1 muestra los estadísticos descriptivos de las características en estudio, y en la Tabla 2, se observan las medias mínimas generalizadas con sus respectivos errores estándar (EE) y los efectos de la edad y el sexo de las cinco características en estudio. La edad tiene efecto sobre la MDF, IC y LM, pero no sobre el CVMDF y PVe, y a medida que incrementa la edad, la finura, índice de curvatura y longitud de mecha disminuyen en alrededor 2.09 μm , 4.61°/mm y 2.87 cm respectivamente, disminuyendo así la calidad de la fibra. En cuanto al sexo, se ha encontrado suficiente evidencia del efecto sobre el PVe y la LM, mas no sobre la MDF, CVMDF e IC, resultando que los machos tienen vellones más pesados y con mayor crecimiento de fibra que las hembras.

Estimaciones de componentes de varianzas y covarianzas

En la Tabla 3 se observan los valores de las varianzas genética + ambiente permanente (VG+VAP), varianzas del ambiente temporal (VAT) (en diagonal) y las covarianzas (encima y debajo de la diagonal) con sus respectivos errores estándar correspondiente a las características de MDF, CVMDF, PVe, IC y LM.

Las VG+VAP de la MDF e IC son mayores a las VAT, ocurriendo lo contrario para las varianzas del CVMDF, PVe y LM. Las covarianzas: genética + ambiente permanente entre MDF con CVMDF e IC son negativas, pero con PVe y LM son positivas, mientras que las covarianzas de CVMDF con las otras características en estudio son positivas, pero no con la LM, sin embargo, la que corresponde al PVe con la LM es positiva, pero con el IC es insignificante; y la covarianza entre el IC con la LM es negativa.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de cinco características de fibras de alpacas.

Características	n	Promedio	Desviación estándar	Valor Mínimo	Valor Máximo
Diámetro de fibra (μm)	41	23.05	2.47	18.11	28.30
Coefficiente de Variación del diámetro (%)	41	21.16	2.12	16.60	26.30
Peso de vellón (lb)	41	5.37	0.96	2.80	7.20
Índice de Curvatura (°/mm)	41	30.95	6.05	19.20	48.40
Longitud de mecha (cm)	41	13.32	2.52	9.30	19.40

Tabla 2. Medias generalizadas de acuerdo al sexo y edad de cinco características de fibras de alpacas

	n	MDF \pm EE (μm)	CVMDF \pm EE (%)	PVe \pm EE (lb)	IC \pm EE (°/mm)	LM \pm EE (cm)
Edad		***	NS	NS	***	***
1 año	41	21.96 \pm 0.33	21.07 \pm 0.34	5.31 \pm 0.14	33.28 \pm 0.88	14.66 \pm 0.22
2 años	41	24.05 \pm 0.33	21.25 \pm 0.34	5.37 \pm 0.14	28.67 \pm 0.88	11.79 \pm 0.22
Sexo		NS	NS	*	NS	**
Macho	22	23.55 \pm 0.32	21.22 \pm 0.32	5.71 \pm 0.14	30.70 \pm 0.85	14.52 \pm 0.21
Hembra	19	22.46 \pm 0.35	21.09 \pm 0.35	4.98 \pm 0.15	31.26 \pm 0.92	11.93 \pm 0.23

Tabla 3. Celdas de la diagonal, estimaciones de varianzas genética + ambiente permanente (primera columna) y ambiente temporal (segunda columna) con sus respectivos errores estándar de: media de diámetro de fibra (MDF), coeficiente de variación de la MDF (CVMDf), peso de vellón sucio (PVe), índice de curvatura (IC) y longitud de mecha (LM) Las covarianzas correspondientes, por encima y debajo de la diagonal

	MDF	CVMDf	PVe	IC	LM	
MDF	3.44	1.38	-0.36	0.34	-6.63	1.13
ee	1.00	0.32	0.59	0.26	2.19	0.46
CVMDf	0.23	1.96	2.75	0.45	0.39	-0.03
ee	0.33	0.86	0.60	0.23	1.61	0.43
PVe	0.16	-0.16	0.28	0.55	-0.01	0.26
ee	0.14	0.20	0.14	0.11	0.64	0.18
IC	-2.06	0.22	-1.22	20.86	11.60	-2.34
ee	0.77	0.93	0.39	6.22	2.57	1.23
LM	-0.62	-0.50	0.17	-0.35	0.74	1.82
ee	0.27	0.35	0.15	0.73	0.44	0.39

Esta covarianza genéticas + ambiente permanent negativas o positivas entre las diferentes características en estudio resultan tener casi el mismo signo para las covarianzas del ambiente temporal, siendo contrario para las covarianzas entre MDF y CVMDf, MDF y LM, CVMDf y PVe.

Estimaciones de varianzas-covarianzas y correlaciones fenotípicas

En la Tabla 4, se observan las estimaciones de varianzas - covarianzas fenotípicas y las correlaciones fenotípicas de la MDF, CVMDf, PVe, IC y LM.

Las varianzas fenotípicas para MDF, CVMDf, PVe, IC y LM fueron de 4.82 μm^2 , 4.71°/mm², 0.82 l b², 32.48%² y 2.56 cm² respectivamente; mientras que de las 10 covarianzas fenotípicas obtenidas entre estas características, sólo cuatro resultan ser negativas.

La correlación fenotípica entre la MDF e IC resulta ser la más alta y negativa (-0.69), mientras que entre MDF con CVMDf y CVMDf con IC no son significativas. Las demás correlaciones son de valores medios y positivos.

Fenotípicamente a medida que se incrementa la MDF también se incrementa el PVe y la LM, pero disminuye el IC. Del mismo modo, a medida que se incrementa el CVMDf aumenta el PVe, pero disminuye la LM; mientras que al aumentar el PVe disminuye el IC y la LM. Finalmente, al aumentar el IC disminuye la LM.

Estimaciones de repetibilidad de características productivas y textiles de la fibra de alpaca

En la Tabla 5 se visualizan valores estimados de repetibilidad y error estándar de cada una de las características en estudio. Los valores de repetibilidad de la MDF e IC son mayores a 0.60, mientras que del CVMDf es menor a 0.42, y del PVe y LM son mayores a 0.29. La MDF tiene una alta repetibilidad y es precisa, en contraste con la LM que tiene una repetibilidad media con baja precisión. Analizando los valores del error estándar resultan que dichas estimaciones son bastante precisas para la MDF e IC, mas no así para los otros caracteres.

Tabla 4. Estimaciones de varianzas--covarianzas fenotípicas (en la diagonal y encima de la diagonal, respectivamente) y correlaciones fenotípicas (debajo de la diagonal de la media de diámetro de fibra (MDF), coeficiente de variación de la MDF (CVMDf), peso de vellón sucio (PVe), índice de curvatura (IC) y longitud de mecha (LM).y

	MDF	CVMDf	PVe	IC	LM
MDF	4.82	-0.14	0.49	-8.69	0.51
CVMDf	-0.03	4.71	0.28	0.61	-0.53
PVe	0.25**	0.14*	0.82	-1.23	0.43
IC	-0.69***	0,05	-0.24**	32.48	-2.69
LM	0.15*	-0.15*	0.30**	-0.29*	2.56

Correlaciones fenotípica con * (p<0,05), ** (p<0,01) y *** (p<0,001), indican que son significativas estadísticamente.

Tabla 5. Estimaciones de repetibilidad y error estándar del diámetro de fibra (MDF), coeficiente de variación de la MDF (CV MDF), peso de vellón sucio (PVe), índice de curvatura (IC) y longitud de mecha (LM)

	MDF	CV MDF	PVe	IC	LM
Repetibilidad	0.714	0.416	0.333	0.643	0.290
Error estándar	0.083	0.136	0.134	0.093	0.146

Discusión

Resultados de la MDF, CVMDF, LM e IC permiten indicar la buena calidad de la fibra de alpacas que se produce en la región Junín-Perú, aún bajo el sistema de crianza de bajos recursos, concordando con lo reportado por Siguyro (2009), Quispe *et al.* (2009a), Cordero *et al.* (2011), Fernández y Maquera (2012), Ormachea *et al.* (2015), entre otros. Sin embargo, esto habría que tomarlo con cautela, pues como los animales fueron criados con una alimentación a base de pastos naturales--que no tienen una buena calidad nutritiva--esto podría haber influido en la disminución de la real finura, por ello resultaría recomendable analizar los resultados considerando la condición corporal que es un buen indicador práctico del estado nutritivo. Carhuapoma y Sáenz (2009), al evaluar la finura de fibra en alpacas y corregir por efecto de la condición corporal, encontraron que animales con 3 y 4 puntos (o sea bien alimentados) tenían una buena finura. Por otro lado, nuestros resultados comparados con los obtenidos por Wuliji *et al.* (2000), McGregor (2002), Aylan-Parker y McGregor (2002), Wang *et al.* (2003) McGregor y Butler (2004), Lupton *et al.* (2006), McGregor (2006) resultan ser fibras de buena calidad, que podría deberse al tipo de alimentación, ya que dichos investigadores trabajaron con alpacas alimentadas a base de pastos cultivados. También el frío puede haber tenido algún efecto sobre el diámetro de fibra, ya que temperaturas bajas reducen el flujo sanguíneo y por lo tanto disminuye el abastecimiento de nutrientes en la piel, y por ende en la fibra, teniendo como efecto el retardo de la tasa de crecimiento y diámetro (Bottomley, 2001).

Del efecto de la edad sobre la MDF, IC y LM, se deduce que la calidad de la fibra disminuye con la edad (la esquila generalmente es anual), lo cual se ha evidenciado en alpacas (Wuliji *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 2003; McGregor y Butler, 2004; Lupton *et al.*, 2006; Quispe *et al.*, 2009a), llamas y guanacos (Quispe *et al.*, 2009b; Mueller *et al.*, 2015), cabras y ovinos entre otros. Los animales jóvenes producen menor cantidad de lana o fibra (debido a la menor tasa de crecimiento y menor diámetro) por unidad de alimento consumido, presumiblemente debido a la

competición por nutrientes entre los folículos y otros tejidos (Khan *et al.*, 2012). Se ha observado en alpacas que los máximos diámetros se encuentran entre 6 y 7 años (McGregor y Butler, 2004), mientras que en ovinos los máximos resultados han sido encontrados entre 3 y 5 años de edad (Khan *et al.*, 2012).

Al parecer, más que la edad, es el peso del animal (relacionado al tamaño) que tiene efecto sobre el diámetro de la fibra, habiéndose encontrado en cabras una relación alométrica entre el peso de vellón y el diámetro de fibra. A medida que incrementa la edad el animal llega a ser más pesado y grande y por tanto se incrementa la superficie de piel, lo que reduce la densidad folicular, haciendo que los folículos lleguen a ser más grandes, que da como resultado la producción de fibras más gruesas (McGregor *et al.*, 2012a). Adicionalmente, el número de folículos activos disminuye con la edad, y aunque no existe evidencia clara del efecto de la edad en la disminución de la habilidad sintética de los folículos (Corbett, 2001), cuando el animal llega a la madurez, a la poca competición de los folículos que cada vez son menos, los bulbos foliculares tendrían mayor abastecimiento de nutrientes. Sin embargo, como a mayor edad al existir cambios en los patrones de alimentación y la selección de dieta, por efecto de desgaste de los incisivos (en caso de ovinos) y por efecto de mal encaje entre los incisivos inferiores y el rodete dentario (en caso de alpacas), el consumo de alimentos es menor, por lo que ya no existiría un mayor incremento como debiera.

La falta de evidencia del efecto del sexo sobre la MDF, CVMDF e IC resulta similar a lo encontrado en alpacas criadas en otros países como Nueva Zelanda, Australia y Estados Unidos (Wuliji *et al.*, 2000; McGregor y Butler, 2004; y Lupton *et al.*, 2006 respectivamente), y de manera similar a lo encontrado en Perú por Quispe *et al.* (2009b), Siguyro (2009), Paredes *et al.* (2011), Ormachea (2015), entre otros. Esto demostraría que para el caso de estos caracteres no existiría dimorfismo sexual.

Nuestros resultados de varianzas fenotípicas resultan similares a los de Ponzoni (2000); aunque

comparados con los de Gutiérrez *et al.* (2009), las varianzas del diámetro de fibra, coeficiente de variación y longitud de mecha son bastante inferiores (4.8 contra 9.6, 4.71 contra 11.0 y 2.56 contra 12.9, respectivamente), lo cual se debería a la característica propia de población de alpacas. Respecto a la varianza del índice de curvatura, no existen reportes que permitan realizar comparaciones.

En alpacas, la falta de relación encontrada entre diámetro de fibra y el peso de vellón con la variación de la finura de fibra concuerda con lo informado por Ponzoni (2000) y Quispe *et al.* (2009b). La baja correlación positiva encontrada entre diámetro de fibra y longitud de mecha resulta concordante a lo de Wuliji *et al.* (2000) y Paredes *et al.* (2011), pero inferior a lo indicado por Bustinza (2001) y muy discordante a lo encontrado por Lupton *et al.* (2006), quienes refieren una correlación negativa. Asimismo, la correlación positiva hallada entre el diámetro con el peso de vellón concuerda con los hallazgos de Wuliji *et al.* (2000), Ponzoni (2000), Quispe *et al.* (2009a) y Paredes *et al.* (2011), aunque resultando inferior a lo señalado por Cordero *et al.* (2011). Respecto a la correlación alta y negativa hallada entre el diámetro de fibra con el índice de curvatura concuerda con los hallazgos de Lupton *et al.* (2006) y Holt (2006), determinándose objetivamente que a mayor diámetro disminuye la curvatura, pudiendo existir entre ellos más bien una relación logarítmica más que lineal (McGregor *et al.*, 2012b)

Otras correlaciones fenotípicas tales como la del peso de vellón con la longitud de mecha, que resultó ser 0.30 se encuentran alrededor de los de Wuliji *et al.* (2000), Paredes *et al.* (2011) y Cordero *et al.* (2011), cuyos valores fueron 0.54 y 0.39, 0.55, y 0.16 respectivamente. Sin embargo, las correlaciones entre el índice de curvatura con la longitud de mecha y el coeficiente de variación del diámetro difieren a los hallado por Lupton *et al.* (2006) y Holt (2006), que comparativamente resulta -0.29 contra 0.11 y 0.05 contra 0.35 respectivamente, por lo que dichos

resultados deben ser mejor estudiados. Aunque las correlaciones fenotípicas pueden ser buenos indicadores de la magnitud y del signo de las correlaciones genéticas, resulta necesario realizar más investigación en torno a ellas, lo cual marcaría la dirección adecuada de las formas de selección a utilizarse (Quispe *et al.*, 2009a).

La repetibilidad de MDF encontrada (0.714), resulta intermedia a lo obtenido por Gutiérrez *et al.* (2009), Cervantes *et al.* (2010), Cruz (2011) y Wuliji *et al.* (2000), quienes refieren respectivos valores de 0.58, 0.55, 0.89 y 0.92, aun así situándose como un valor alto pero que fija el máximo valor de la heredabilidad (Mrode, 2005). De otro lado, la repetibilidad para CVMDF (0.416) representa un valor menor a lo obtenido por Cervantes *et al.* (2010) de 0.57. Asimismo, repetibilidades obtenidos por Wuliji *et al.* (2000) para la longitud de mecha y peso de vellón sucio fueron mucho mayores al obtenido en el presente trabajo de investigación (0.76 contra 0.290 y 0.92 contra 0.33 respectivamente). Lamentablemente no existen reportes de la repetibilidad del índice de curvatura. Tal como lo refiere Paredes (2012), debiera realizarse mayor estudio de los parámetros genéticos en alpacas, los cuales ayudarán a un buen desarrollo de los programas de mejoramiento genético. Las diferencias de nuestras estimaciones de repetibilidad se deberían a que los parámetros son propios de cada población (Mrode, 2005), también a la poca cantidad de datos y que estos pueden ir cambiando por efecto de la selección, consanguinidad o por la disminución de la variabilidad medioambiental (Paredes *et al.*, 2011). Esto resulta en poblaciones que son bien llevadas en condiciones tecnificadas tales como las poblaciones donde trabajaron casi todos los investigadores citados en nuestras comparaciones de repetibilidad a excepción de Cruz (2011) y Paredes (2012), quienes trabajaron en alpacas criadas en comunidades campesinas de La Libertad y Arequipa, y que las diferencias se deberían al modelo estadístico utilizado.

Conclusiones

Las alpacas de la zona en estudio producen fibras de buena calidad, debido a que ostentan buena finura (alrededor de 23 μm) con una variabilidad menor a 24%, con abundante PVe (alrededor de cinco lb) una longitud de mecha al año de esquila conveniente para la industria textil. Sin embargo, resulta recomendable evaluar dicha calidad considerando factores como alimentación, estado fisiológico y temperatura ambiental.

La edad tiene efecto sobre el DF, LM e IC, sin embargo, tendría un efecto secundario, siendo el

diámetro mejor explicado por el peso del animal en concordancia con una relación alométrica entre el peso y DF.

El sexo no tiene efecto sobre el DF, CVMDF y el IC, pero sí sobre el PVe y la LM.

Las correlaciones fenotípicas muestran que existen relaciones entre las diferentes características de la fibra, encontrándose una mayor correlación (y negativa) entre la MDF y el IC, y correlaciones alrededor de 0.28 entre otras características. Sin embargo, entre MDF con

CVMDf y CVMDf con IC no se encuentran relación significativa.

Entre las estimaciones de repetibilidad la más alta fue para MDF (0.71 ± 0.08), y la más baja para LM (0.29 ± 0.15).

Agradecimientos

Agradecemos a los directivos de la Granja Comunal de Santiago de Cachi, por permitirnos monitorear la esquila de sus animales. También a

René Hinojosa, por su apoyo en las correcciones gramaticales, ortográficas y de traducción.

Literatura Citada

- Aylan-Parker, J. and B. A. McGregor. 2002. Optimising sampling techniques and estimating sampling variance of fleece quality attributes in alpacas. *Small Rumin. Res.* 44: 53-64.
- Bottomley, G. A. 2001. Weather conditions and wool growth. University of New England Publishing Unit, Armidale, Australia.
- Brims M. A., A. D. Peterson, and S. G. Gherardi. 1999. Introducing the OFDA2000 - For rapid measurement of diameter profile on greasy wool staples. IWTO, Raw wool group report RWG04, Florence.
- Bustínza, A. V., 2001. La Alpaca conocimiento del gran potencial andino, Libro 1. (1.^a Ed.). Oficina de Recursos del Aprendizaje. Sección Publicaciones, UNA, Puno, Perú.
- Carhuapoma, P. y A. Saenz. 2009. Efecto de la condición corporal sobre el peso de vellón y el diámetro de fibra en alpaca Huacaya de color blanco en la Región de Huancavelica. Tesis para optar Título Profesional. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- Cervantes, I., M. A. Pérez-Cabal, R. Morante, A. Burgos, C. Salgado, B. Nieto, F. Goyach, and J. P. Gutiérrez. 2010. Genetic parameters and relationships between fibre and type traits in two breeds of Peruvian alpacas. *Small Rumin. Res.* 88: 6-11.
- Corbett, J.L. 2001. Variation in wool growth with physiological state. Univ. New England Publishing Unit, Armidale, Australia.
- Cordero, A., J. Contreras, P. Mayhua, M. Jurado y M. Castrejón. 2011. Correlaciones fenotípicas entre características productivas en alpacas Huacaya. *Rev. Investig. Vet. Perú*, 22(1): 15:21.
- Cruz, L. A. 2011. Estimación de parámetros genéticos para caracteres productivos en alpacas (Vicugna pacos), Perú 2011. Tesis de Master. Universidad Complutense de Madrid, España.
- Fernández, E. y Z. Maquera. 2012. Diámetro de fibra e índice de picazón y confort en alpacas hembras de raza suri en puna húmeda. *Rev. ALLPAK' A IIPC*, 16: 59 - 67.
- Gutiérrez, J. P., F. Goyache, A. Burgos, and I. Cervantes. 2009. Genetic analysis of six production traits in Peruvian alpacas. *Livest. Sci.* 123(2-3): 193-197.
- Gutiérrez, J. P., L. Varona, A. Pun, R. Morante, A. Burgos, I. Cervantes, and M. A. Pérez-Cabal. 2011. Genetic parameters for growth of fiber diameter in alpacas. *J Anim. Sci.*, 89(8):2310.
- Holt, C. 2006. A Survey of the relationships of crimp frequency, micron, character, and fibre curvature. International School of Fibres, New South Wales, Australia.
- Khan, M. J., A. Abbas, M. Ayaz, M. Naeem, M. S. Akhter, and M. H. Soomro. 2012. Factors affecting wool quality and quantity in sheep. *Afr. J. Biotechnol.* 11(73): 13761-13766.
- Lupton, C, A. McColl, and R. Stobart. 2006. Fiber characteristics of the Huacaya Alpaca. *Small Rumin. Res.* 64: 211-224.
- McGregor, B. 2002. Comparative productivity and grazing behaviour of Huacaya alpacas and Peppin Merino sheep grazed on annual pastures. *Small Rumin. Res.*, 44: 219-232.
- McGregor, B. and K. Butler. 2004. Sources of variation in fiber diameter attributes of Australian alpacas and implications for fleece evaluation and attributes of Australian alpacas and implications for fleece evaluation and animal selection. *Aust. J. Agr.* 55(4): 433-442.
- McGregor, B. 2006. Production attributes and relative value of alpaca fleeces in southern Australia and implications for industry development. *Small Rumin. Res.*, 61: 93-111.
- McGregor, B., K. L. Butler, and M. B. Ferguson. 2012a. The allometric relationship between mean fibre diameter of mohair and the fleece-free liveweight of Angora goats over their lifetime. *Anim. Prod. Sci.* 52: 35-43.
- McGregor, B., H. Ramos, and E. C. Quispe. 2012b. Variation of fibre characteristics among sampling sites for Huacaya alpaca fleeces from the High Andes. *Small Rumin. Res.* 102: 191-196.

- Mrode, R. A. 2005. Linear Models for the Prediction of Animal Breeding Values (2nd. Ed). CABI Publishing, Cambridge, U. K.
- Mueller, J., F. Rigalt, H. Lamas, D. M. Sacchero, A. K. Kancina, and M. Wurzinger. 2015. Fibre quality of South American Camelids in Argentina. A review. Anim. Genet. Resour. 56: 79:109.
- Neumaier, A. and E. Groeneveld. 1998. Restricted maximum likelihood estimation of covariances in sparse linear models. Genet. Sel. Evol., 30: 3-26.
- Omarchea, E., B. Calsin y U. Olarte. 2015. Características textiles de la fibra en alpacas huacaya del distrito de Corani Carabaya, Puno. Rev. Invest. Altoandín. 17(2): 215-220.
- Paredes, M.M., A. Alonso, M. Analla, J. Machaca, and A. Muñoz. 2011. Genetic Parameter and Fixed Effects Estimation for Fibre Traits in Alpaca Huacaya (*Lama pacos*). J. Anim. Vet. Adv. 10(11):1484.
- Paredes, M. M. 2012. Caracterización fenotípica y molecular de poblaciones de alpacas (*Vicugna pacos*) de las comunidades alto andinas y aplicación al programa de mejora de la calidad de la fibra. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, España.
- Ponzoni, R. W. 2000. Genetic improvement of Australian Alpacas: present state and potential developments. Proc. Aust. Alpaca Assoc. Canberra, Australia, 71-76.
- Quispe, E. C., L. Alfonso, A. Flores y H. Guillén. 2009a. Bases para un Programa de Mejora de Alpacas en la Región Alto Andina de Huancavelica-Perú. Arch. Zootec. 58(224):705-716.
- Quispe, E. C., T. Rodríguez, L. Iñíguez y J. P. Mueller. 2009b. Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. Anim. Genet. Resour. Informat. 45:1-14.
- Quispe E. C., J. P. Gutiérrez y A. Poma. 2012. Plan de mejoramiento genético para alpacas de color blanco en la Región de Huancavelica. Editorial Nueva Imagen XXI E.I.R.L., Huancavelica, Perú.
- Siguayro, R. 2009. Comparación de las características físicas de las fibras de la llama Ch'aku (*Lama glama*) y la alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) del Centro Experimental Quimsachata del INIA-Puno. Tesis de Master. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Wang, X., L. Wang, and X. Liu. 2003. The quality and processing performance of alpaca fibres. Rural Industries Research and Development Corp. Melbourne.
- Wuliji, T., G. H. Davis, K. F. Dodds, P. R. Turner, R. N. Andrews, and G. D. Bruce. 2000. Production performance, repeatability and heritability estimates for live weight, fleece weight and fiber characteristic of alpacas in New Zealand. Small Rumin. Res., 37:189-201.