

Influencia del sexo, edad, año y efectos maternos aditivos y permanentes sobre características de importancia económica en alpacas Huacaya

Influence of sex, age, year and additive and permanent maternal effects on characteristics of economic importance in Huacaya alpacas

Fritz Trillo Zárata^{1,2,3}, Jaime Calcina Condori¹, Cecilio Barrantes Campos^{1,2},
Jorge Aliaga Gutiérrez^{1,2}

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estimar el efecto materno aditivo y permanente, edad, sexo y año de la campaña sobre los pesos al nacimiento, destete y primera esquila y peso de vellón en alpacas Huacaya del Centro de Investigación y Producción La Raya, en Puno, Perú, a una altitud entre 4100 y 5000 msnm. Se evaluaron 1494 crías esquiladas correspondientes a dos periodos de campaña. Las características productivas fueron sometidas a un modelo mixto, donde se incluyó como efectos fijos a la campaña y el sexo de la cría ajustado con su edad al destete y primera esquila. Los efectos aleatorios fueron valor genético aditivo materno y edad de la madre como efecto materno permanente. Los componentes de variancia se estimaron por la Máxima Verosimilitud Restringida (REML). La edad promedio de las alpacas tuis al destete fue 240.1 ± 0.3 días, mientras que la edad a la primera esquila fue 278.7 ± 0.3 días, durante el cual tuvieron un crecimiento lineal de 0.11-0.12 kg de incremento de peso vivo. La heredabilidad materna fue 0.32 ± 0.058 , 0.49 ± 0.050 , 0.39 ± 0.056 y 0.19 ± 0.064 para los pesos al nacimiento, destete y primera esquila y peso de vellón, respectivamente. La campaña tuvo influencia sobre las características productivas evaluadas, mientras que el sexo de la cría fue preponderante solo al destete, siendo las hembras las de mejor rendimiento. Los efectos genéticos aditivos y permanentes maternos fueron más preponderantes en peso vivo del animal en comparación a su peso de vellón.

Palabras clave: máxima verosimilitud restringida, tuis, heredabilidad materna, efectos genéticos aditivos maternos

¹ Programa de Ovinos y Camélidos Americanos, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

² Departamento de Producción Animal, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

³ E-mail: frillo@lamolina.edu.pe

Recibido: 8 de abril de 2020

Aceptado para publicación: 30 de noviembre de 2020

Publicado: 23 de febrero de 2021

ABSTRACT

The aim of this study was to estimate the additive and permanent maternal effect, age, sex and year of the campaign on the body weights at birth, weaning and first shearing and fleece weight in Huacaya alpacas from the La Raya Research and Production Centre in Puno, Peru, at an altitude between 4100 and 5000 above the sea level. In total, 1494 sheared offspring corresponding to two campaign periods were evaluated. The productive characteristics were subjected to a mixed model, where the campaign and the sex of the calf were adjusted with their age at weaning and first shearing and included as fixed effects. The random effects were maternal additive genetic value and mother's age as permanent maternal effects. The variance components were estimated by the Restricted Maximum Likelihood (REML). The average age of tuis alpacas at weaning was 240.1 ± 0.3 days, while the age at first shearing was 278.7 ± 0.3 days, during which they had a linear growth of 0.11-0.12 kg of body weight increase. The maternal heritability was 0.32 ± 0.058 , 0.49 ± 0.050 , 0.39 ± 0.056 and 0.19 ± 0.064 for the body weights at birth, weaning and first shearing and fleece weight, respectively. The campaign had an influence on the productive characteristics evaluated, while the sex of the offspring was preponderant only at weaning, with the females being the best performers. The additive and permanent maternal genetic effects were more prevalent in body weight of the animal compared to its fleece weight.

Key words: maximum restricted likelihood, tuis, maternal heritability, maternal additive effects

INTRODUCCIÓN

La carne y fibra son características de importancia económica en los sistemas de producción de alpacas, cuyo piso forrajero son los pastizales de escaso valor nutricional, mayormente distribuidos en las cordilleras de los andes peruanos. Por otro lado, el Perú posee la mayor población de alpacas a nivel mundial con más de 4 millones de cabezas (León, 2017), que permite seleccionar animales más productivos, a través de las evaluaciones genéticas debido a que cuenta con suficiente variabilidad genética (Barrantes *et al.*, 2018).

Los modelos para la valoración genética en la elección de reproductores deben incluir los efectos maternos, para obtener valores genéticos más precisos (Momoh *et al.*, 2013), sobre todo en poblaciones alpaqueras que denotan una amplia variabilidad genética y criados en un medio ambiente con marcada variabilidad climática (Cruz *et al.*, 2020). La

elección de buenos reproductores permite elevar la tasa de diseminación de genes deseables, aumentando la tasa de progreso genético de la población, que a su vez incrementa el beneficio económico de los rebaños (Mueller *et al.*, 2016). Para ello, el criterio de selección debe estar orientado al que genere mayor rentabilidad, en el caso de las alpacas es la fibra, sin descuidar otros criterios de selección potenciales ligado al efecto materno como la fertilidad (Cruz *et al.*, 2015).

La elección de reproductores en alpacas mayormente se realiza mediante la evaluación visual, que muchas veces difieren del comportamiento productivo en características como peso vivo, peso de vellón y diámetro de fibra (Corredor, 2015). Por ello, los programas de selección, aparte de utilizar la evaluación visual, deberían utilizar parámetros genéticos para la selección de reproductores tomando en cuenta las características que afectan la producción de la fibra usando como criterio de selección índices de valor textil (Pérez-Cabal *et al.*, 2010).

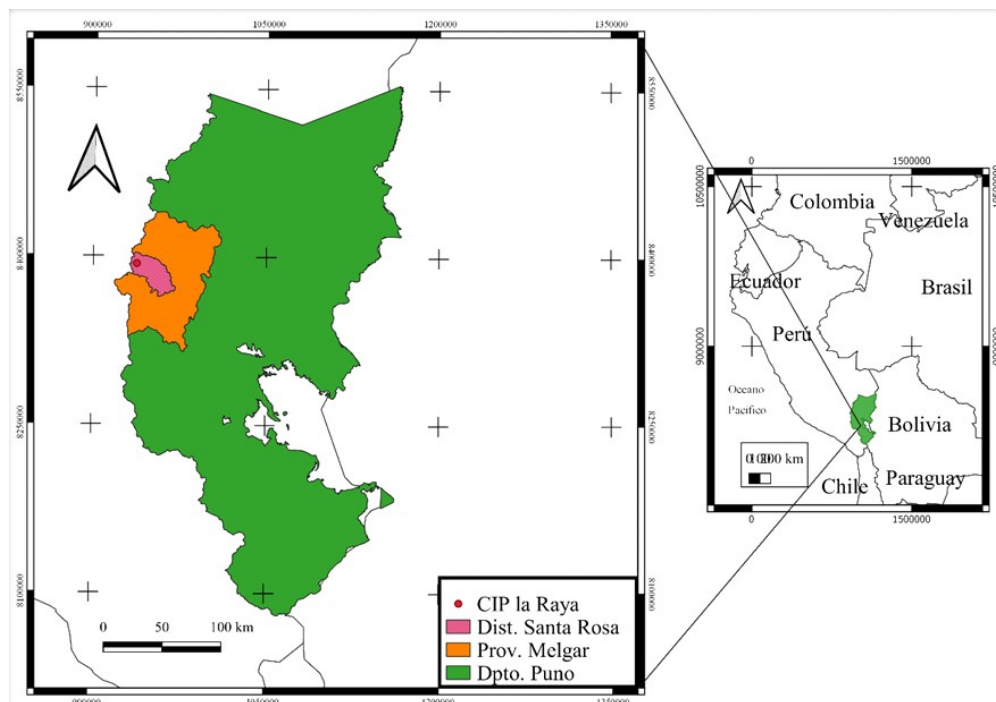


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio: Centro de Investigación y Producción (CIP) La Raya de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno

En la crianza de alpacas sobresalen dos características de importancia económica: peso vivo y peso de vellón. El primero asociado a la producción de carne, por el potencial crecimiento de los tuis, y el segundo a la producción de fibra. Estos dos caracteres estarían influenciados por diversos factores, entre ellos el genotipo del animal, la madre, sexo y año de nacimiento (More *et al.*, 2018; Valerio *et al.*, 2015). Por lo tanto, es de utilidad analizar los efectos maternos directos sobre los caracteres de importancia económica (Camino y Sumar, 2000). Es así que este trabajo tuvo como objetivo estimar el efecto materno aditivo y permanente, edad, sexo y campaña sobre el peso vivo al nacimiento, destete y primera esquila y del peso de vellón en alpacas Huacaya.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El estudio se realizó en el Centro de Investigación y Producción (CIP) La Raya de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, ubicado en el distrito de Santa Rosa, provincia Melgar, departamento de Puno, Perú, a una altitud entre 4100 y 5000 msnm (Figura 1). Su patrón ambiental es de tipo climático «D», con temperatura ambiental entre 9.5 y -4.2 °C y precipitación pluvial anual promedio de 684 mm (Aybar *et al.*, 2017).

Animales

Las alpacas eran parte de la población Huacaya del CIP La Raya, cuya distribución-

Cuadro 1. Distribución poblacional de alpacas Huacaya del CIP La Raya, Puno, Perú, según categorías

Categoría	Población	
	n	%
Padres	113	3.3
Madres	1,299	38.4
Tuis de 1-2 años		
Machos	848	25.1
Hembras	430	12.7
Crías		
Machos	362	10.7
Hembras	330	9.8
Total	3,382	100.0

poblacional se muestra en el Cuadro 1. En el Cuadro 2 se muestra la población de alpacas evaluadas por año de campaña. Se evaluaron datos de la parición, destete y esquila de los animales nacidos durante dos campañas.

La base de datos tuvo los siguientes códigos: arete de cría (ARECRI), sexo de la cría (SEXO), arete de la madre (AREMAD), fecha de nacimiento de la cría (FENAC), peso vivo al nacimiento (PENAC), fecha de destete (FEDE), edad al destete de la cría (EDE), peso vivo al destete (PEDE), peso vivo a la primera esquila (PEPRES), fecha de la primera esquila (FEPRES), edad a la primera esquila (EPRES) y peso de vellón a la primera esquila (PEVEPRES).

Alimentación

El sistema de alimentación se basó en praderas naturales en un área de 3450 ha, cuya vegetación estuvo compuesta por gramíneas, ciperáceas, rosáceas, asteráceas y leguminosas. La florística y la cobertura

vegetal disminuyó marcadamente en la época seca, observándose especies anuales y perennes como *Nassella brachyphylla* (*Stipa brachyphylla*), *Jarava ichu* (*Stipa ichu*), *Muhlenbergia fastigiata*, *Bromus lanatus*, *Alchemilla pinnata*, *Bromus catharticus* (*Bromus unioloides*) y *Festuca rigescens*, mientras que, en época húmeda los indicadores ecológicos mejoran con especies como: *Distichia muscoides*, *Festuca dolichophylla*, *Hypochaeris stenocephala*, *Deschampsia chrysantha* (*Calamagrostis chrysantha*), *Calamagrostis brevifolia*, *Luzula peruviana*, *Scirpus rigidus*, *Eleocharis albibracteata* y *Werneria* sp.

Sistema de Manejo

La época de parición se inició a mediados de diciembre y terminó a fines de marzo, ocurriendo la mayor proporción de nacimientos en enero y febrero. El cuidado clave durante la parición consistió en la prevención de la enterotoxemia. El destete se realizó a mediados de agosto. La esquila se realizó en el mes de octubre, donde además se prestó asistencia sanitaria y saca de animales rebajados (Cuadro 3).

Análisis Estadístico

En el análisis de datos se definieron a priori los modelos, donde se incluyeron los efectos fijos año de nacimiento, destete, campaña y sexo. Las covariables fueron edad al destete (EDE) para PEDE, y la edad a la primera esquila (EPRES) para PEPRES y PEVEPRES. Los componentes de covarianza fueron estimados mediante R-Statistical 3.6.1 con las librerías *lmerTest*, *lsmeans* y *sommer* (Covarrubias-Pazarán, 2018).

Los modelos usados para la estimación de los parámetros en análisis fueron:

$$y = Xb + Z_1m + e, \text{ (M1)}$$

$$y = Xb + Z_1m + Z_2c + e, \text{ (M2)}$$

donde y es el vector de observaciones de las características evaluadas (PENAC, PEDE, PEPRES y PEVEPRES), b vector de efec-

Cuadro 2. Población de alpacas Huacaya registradas en el Centro de Investigación y Producción (CIP) La Raya de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno

Año	Nacidos (n)	Destetados (n)	Esquilados (n)
Campaña 1	939	701	689
Campaña 2	918	867	805
Total	1,857	1,568	1,494

Cuadro 3. Calendario de manejo de alpacas Huacaya en el Centro de Investigación y Producción (CIP) La Raya de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno

Actividad	Época
Parición	dic-mar
Empadre	ene-mar
Destete	ago-set
Esquila	oct-nov
Baño	abr-may / oct-nov
Dosificaciones	abr-may / oct-nov
Selección	oct-nov
Marcación	mar
Diagnóstico de preñez	may-jun

tos fijos (sexo de la cría y campaña, covariable EDE para PEDE y EPRES), m vector de efectos aleatorios genético aditivo materno, c vector de efectos maternos permanentes (edad de la madre) y e vector de residuales. X , Z_1 y Z_2 son matrices de incidencia con los efectos correspondientes.

La heredabilidad aditiva (h^2_a), heredabilidad materna (h^2_m) y el efecto materno permanente (c^2) fueron calculados utilizando ratios de los componentes de variancia σ^2_a , σ^2_m y σ^2_c , respectivamente, con la variancia total. La heredabilidad total (h^2_t) fue estimada mediante la ratio de los componentes $\sigma^2_a + 0.5 \sigma^2_m + 1.5 \sigma^2_{am}$ y la variancia total (Sorensen y Gianola, 2003; Valerio *et al.*, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de las Covariables

La edad promedio al destete fue 240.1 ± 0.3 días, periodo durante el cual el crecimiento fue lineal con 0.12 kg diarios de incremento. Así mismo, la edad promedio a la primera esquila fue 278.7 ± 0.3 días, siendo el crecimiento de tipo lineal con 0.11 kg diarios de incremento. Ambas covariables no evidenciaron significancia en el intercepto, por lo que se asumió que su estimador fue cero, cumpliendo con el comportamiento biológico de crecimiento (Cuadro 4).

Raggi *et al.* (1997) y Mamani (2009) mencionaron que la ganancia de peso vivo de alpacas tuis cumplen una función polinómica de segundo grado (ley de rendi-

Cuadro 4. Estimadores de las covariables utilizadas para el ajuste por edad de la cría de alpacas Huacaya del Centro de Investigación y Producción (CIP) La Raya de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno

Covariable	Estimador (kg)	Error estándar	Pr(> t)
Intercepto	1.34	3.212	0.68
Regresor EDE	0.12	0.013	< 2E-16
Intercepto	-2.63	3.497	0.45
Regresor EPRES	0.11	0.013	< 2E-16

¹EDE: edad al destete; EPRES: edad a la primera esquila

Cuadro 5. Comparación de las características productivas de alpacas Huacaya por campaña (Centro de Investigación y Producción [CIP] La Raya, Universidad Nacional del Altiplano, Puno)

Característica ¹	Año	Media	Error estándar	Límite inferior	Límite superior	Pr(>F)
PENAC (kg)	1	7.79	0.055	7.69	7.90	3.82E-14
	2	8.27	0.049	8.18	8.37	
PEDE (kg)	1	30.60	0.207	30.20	31.00	4.42E-07
	2	31.80	0.185	31.50	32.20	
PEPRES (kg)	1	27.50	0.192	27.10	27.90	1.48E-04
	2	26.60	0.170	26.30	26.90	
PEVEPRES (kg)	1	1.46	0.013	1.44	1.49	4.16E-15
	2	1.60	0.012	1.57	1.62	

¹ PENAC: peso al nacimiento; PEDE: peso al destete; PEPRES: peso a la primera esquila; PEVEPRES: peso de vellón a la primera esquila

mientos decrecientes), con valores de 0.11-0.20 kg de ganancia de peso vivo diario, en tanto, las ganancias decrecientes llevaron incluso a obtener pesos vivos negativos, debido a las condiciones climáticas del lugar donde se encuentran los sistemas de producción. Los resultados obtenidos en el presente estudio con una función lineal, coinciden con los reportados para la ganancia diaria de peso vivo, pero hay que tener en cuenta que en este modelo se tuvo efectos fijos y aleatorios.

Análisis de los Efectos Fijos

Las campañas influenciaron fuertemente en las características de PENAC, PEDE, PEPRES y PEVEPRES (Cuadro 5), donde el año 2 probablemente evidenció buenas condiciones para la parición y el destete. Sin embargo, se evidenció un comportamiento atípico para PEPRES que fue menor aunque el PEVEPRES fue mayor.

Cuadro 6. Comparación de las características productivas de alpacas Huacaya por sexo (Centro de Investigación y Producción [CIP] La Raya, Universidad Nacional del Altiplano, Puno)

Característica ¹	Sexo	Media	Error estándar	Límite inferior	Límite superior	Pr(>F)
PENAC (kg)	M	8.06	0.054	7.95	8.17	6.50E-01
	H	8.01	0.051	7.91	8.11	
PEDE (kg)	M	31.70	0.212	31.30	32.10	4.12E-04
	H	30.70	0.199	30.30	31.10	
PEPRES (kg)	M	27.20	0.195	26.80	27.60	1.99E-01
	H	26.90	0.183	26.50	27.20	
PEVEPRES (kg)	M	1.52	0.013	1.49	1.54	1.11E-01
	H	1.54	0.012	1.52	1.57	

¹ PENAC: peso al nacimiento; PEDE: peso al destete; PEPRES: peso a la primera esquila; PEVEPRES: peso de vellón a la primera esquila

Cuadro 7. Componentes de varianza en alpacas Huacaya del Centro de Investigación y Producción (CIP) La Raya de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno

Característica ¹	Componente	Varianza	ES
PENAC	Materno	0.46	0.085
	Materno permanente	0.15	0.076
	Residual	0.81	0.079
PEDE	Materno	10.67	1.199
	Materno permanente	1.75	0.933
	Residual	9.29	0.940
PEPRES	Materno	6.94	1.067
	Materno permanente	1.29	0.702
	Residual	9.57	0.947
PEVEPRES	Materno	0.01	0.005
	Materno permanente	0.01	0.004
	Residual	0.06	0.01

¹ PENAC: peso al nacimiento; PEDE: peso al destete; PEPRES: peso a la primera esquila; PEVEPRES: peso de vellón a la primera esquila

Cuadro 8. Heredabilidad Materna en alpacas Huacaya y Bondad de Ajuste del Modelo 2 (Centro de Investigación y Producción [CIP] La Raya de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno)

Característica ¹	h_m^2	ES	AIC ²	log Lik ³
PENAC	0.32	0.058	907.78	-450.89
PEDE	0.49	0.050	835.10	-413.55
PEPRES	0.39	0.056	875.47	-433.74
PEVEPRES	0.19	0.064	869.76	-430.88

¹ PENAC: peso al nacimiento; PEDE: peso al destete; PEPRES: peso a la primera esquila; PEVEPRES: peso de vellón a la primera esquila

²AIC: criterio de información de Akaike

³log Lik: logaritmo de máxima verosimilitud restringida

El sexo no tuvo influencia sobre el PENAC, PEDE, PEPRES y PEVEPRES (Cuadro 6); sin embargo, las crías hembras tuvieron mayor PEDE durante el periodo de evaluación. En tuis machos, el efecto fisiológico del sexo no fue manifiesto, observándose incluso que el PEDE de los tuis hembras fue mayor.

Quispe (2019) en alpacas Huacaya criadas en la puna seca de la región Puno encontró un PENAC de 6.3 ± 1.1 kg y 6.2 ± 1.0 kg, mientras que la ganancia total de peso hasta el destete fue de 16.5 ± 4.3 y 17.1 ± 4.4 kg en machos y hembras, respectivamente; en tanto, por campaña, la ganancia total de peso hasta el destete fue de 15.5 ± 3.6 y 19.8 ± 4.6 kg, en machos y hembras, respectivamente, dependiendo fundamentalmente de la calidad de los pastizales. Los indicadores obtenidos en el presente estudio fueron superiores, tanto para PENAC y PEDE. Asimismo, se coincide al encontrar que la influencia de la campaña es clave para mejorar la manifestación de las características productivas, y que el PEDE fue superior en hembras.

Trillo (2012) en un Núcleo Multicomunal de alpacas Huacaya en Pasco, encontró un PENAC de 7.8 ± 1.0 y 7.8 ± 0.9 kg y un PEDE de 23.7 ± 3.7 y 22.8 ± 3.9 kg y un PEVEPRES de 1.55 ± 0.30 y 1.49 ± 0.33 kg en machos y hembras, respectivamente, con una EDE de 237.7 ± 21.3 días. Los resultados obtenidos en el presente estudio fueron claramente superiores en PENAC y PEDE, en tanto, que similares en PEVPRES. No obstante, se debe considerar que la EDE de este estudio fue mayor.

Mamani-Cato *et al.* (2013) en el Centro de Investigación y Producción Quimsachata, Puno, mostraron datos promedio de 17 años de registro de alpacas Huacaya de PENAC de 6.2 ± 1.1 kg y PEDE de 23.6 ± 4.5 kg. Los resultados son inferiores al del presente estudio, pero con la salvedad que es un promedio derivado de 17 años en comparación con este que solo toma en cuenta dos años. Por otro lado, Cruz *et al.* (2016) en la Granja Experimental de Pacamarca, Puno, reportaron datos de 15 años de registro de alpacas Huacaya de PENAC de 7.6 kg, PEDE de 24.5 kg, incremento de peso diario

de 0.1 kg/día, teniendo un EDE de 167.3 días. Los resultados son igualmente inferiores al presente estudio, excepto la ganancia diaria de peso vivo.

En alpacas Huacaya criadas en las zonas altiplánicas de Chile se encontraron PENAC de 6.9 ± 1.3 y 6.7 ± 0.9 kg, y a los 6 meses de 24.2 ± 4.6 y 24.6 ± 1.5 kg en machos y hembras, respectivamente (Raggi *et al.*, 1997). Los resultados del presente estudio fueron superiores, incluso para PEDE, que coincidentemente se realizó a los 6 meses de edad. Por otra parte, en alpacas Huacaya destetadas en octubre en el Centro de Investigación IVITA-Maranganí (Cusco), García *et al.*, (1999) reportaron un PEDE de 23.2 ± 2.1 y 24.6 ± 5.2 en pradera natural y pastos cultivados, respectivamente, quedando evidencia que el uso de pastos cultivados permite adelantar la edad reproductiva en alpacas. Los indicadores de PEDE en este estudio fueron superiores, probablemente por el grado de mejora genética de la población que por la mejora del medio ambiente.

Análisis de los Efectos Maternos Aditivos Directos y Permanentes

El Criterio de información de Akaike (AIC) y el logaritmo de máxima verosimilitud restringida (log Lik) indicaron que el modelo 2 fue el más adecuado para estimar los componentes de variancia y los parámetros genéticos. Los componentes de variancia se muestran en el Cuadro 7 y las heredabilidades y bondad de ajuste en el Cuadro 8.

El núcleo de reproductores de alpacas en Quimsachata, Puno, se establece el σ_m^2 en 0.27, mientras la h_m^2 en 0.27 ± 0.03 para PENAC (Mamani, 2013), mientras que la h_m^2 en 0.25 ± 0.03 para PEDE (Mamani-Cato *et al.*, 2013). En tanto que, en el núcleo de reproductores de Palcán, Pasco, la h_a^2 reportada fue 17.82 ± 10.01 , 17.53 ± 10.11 y 24.21 ± 13.43 para PENAC, PEDE y PEVEPRES, respectivamente (Trillo, 2012). Por otro lado, en el rebaño de alpacas de la Estación Expe-

rimental La Raya-Cusco, la h_a^2 de PEVEPRES fue 0.208 ± 0.054 (Cucho *et al.*, 2017). Además, Cruz *et al.* (2016) en la Granja Experimental de Pacamarca estimó una h_a^2 de 0.10 ± 0.01 y 0.50 ± 0.02 , y una h_m^2 de 0.25 ± 0.01 y 0.29 ± 0.02 para PENAC y PEDE, respectivamente. Por último, en el núcleo de alpacas Mallkini-Puno la h_a^2 de PEVEPRES fue 0.41 ± 0.05 (More *et al.*, 2018). El resultado del presente estudio evidenció una mayor variabilidad en peso vivo mas no en peso de vellón, posiblemente debido a que en este trabajo se utilizó una población con mayor rigor de selección en el peso de vellón.

El efecto materno aditivo directo y permanente evidencia un fuerte impacto sobre PENAC, PEDE y PEPRES, como en rebaños de otras especies de animales domésticos (Palacios-Espinosa *et al.*, 2010; Trillo *et al.*, 2019; Wuliji *et al.*, 2000). Sin embargo, en el PEVEPRES no tienen un impacto predominante, por lo que se sugiere hacer más estudios e incluir el diámetro de fibra, que es en la actualidad la característica de mayor importancia económica.

El mayor componente en PENAC, PEDE y PEPRES fue la variancia aditiva materna, resaltando también la importancia del componente materno permanente (edad de la madre) con una influencia en la capacidad de lograr crías pesadas al destete, siendo la edad óptima entre los 5 y 8 años (Raggi *et al.*, 1997). Los resultados evidencian claramente la influencia de la σ_m^2 y σ_c^2 en las características de peso vivo del animal.

CONCLUSIONES

- La campaña de producción tuvo una mayor influencia sobre el peso vivo al nacimiento, al destete, primera esquila y peso de vellón a la primera esquila, mientras que el sexo solo influyó en el peso al destete, siendo las hembras las de mayor rendimiento.

- El ajuste por edad al destete y a la primera esquila fue eficiente en el modelo para la predicción de los componentes de variancia.
- Los efectos genéticos aditivos maternos y permanentes fueron más preponderantes en el peso vivo al nacimiento, destete y primera esquila, siendo la edad de la madre una característica clave para la incidencia de este comportamiento.

LITERATURA CITADA

1. **Aybar C, Lavado W, Sabino E, Huerta A, Felipe O. 2017.** Atlas de zonas de vida Perú: guía explicativa. Lima, Perú: SENAMHI. 27 p.
2. **Barrantes C, Flores E, Ruiz J. 2018.** Characterization of genetic nuclei the alpaca production systems of the central highlands of Peru. *Rev Inv Vet Perú* 29: 1335-1348. doi: 10.15381/rivep.v29i4.15182
3. **Camino A, Sumar J. 2000.** Importance of alpacas and llamas in the changing context of development research. In: *Proc International Symposium on Livestock in Mountain/Highland Production Systems: Research and Development Challenges into the Next Millennium.* Pokhara, Nepal.
4. **Corredor F. 2015.** Relación entre las clases de evaluación visual y el peso del vellón peso vivo y finura en alpacas Huacaya de Pasco. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima, Perú: Univ. Nacional Agraria la Molina. 56 p.
5. **Covarrubias-Pazarán, G. 2018.** Package 'sommer'. [Internet]. Available in: <https://cran.r-project.org/web/packages/sommer/sommer.pdf>
6. **Cruz A, Cervantes I, Burgos A, Morante R, Gutiérrez J. 2015.** Estimation of genetic parameters for reproductive traits in alpacas. *Anim Reprod Sci* 163: 48-55. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.-2015.09.017>
7. **Cruz A, Cervantes I, Burgos A, Morante R, Gutiérrez J. 2016.** Genetic parameters estimation for preweaning traits and their relationship with reproductive, productive and morphological traits in alpaca. *Animal* 11: 746-754. doi: 10.1017/S175173111600210X
8. **Cruz A, Menéndez-Buxadera A, Gutiérrez G, Morante R, Burgos A, Gutiérrez J. 2020.** Genetic (co)-variance across age of fiber diameter and standard deviation in Huacaya alpacas, estimated by repeatability, multi-trait and random regression models. *Livestock Sci* 231: 103863. doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103863>
9. **Cucho H, Ampuero E, Ordoñez C, Antezana W, Paredens N. 2017.** Heritability and genetic correlations for fleece weight and fiber of La Raya characteristic of alpacas of La Raya Experimental Center. In: *VI Congreso Mundial de Camélidos Sudamericanos.* Cusco, Perú.
10. **García W, Pezo D, Franco E, San Martín F, Novoa C. 1999.** Crecimiento post destete y obtención de peso apropiado para el empadre en alpacas y llamas. *Rev Inv Vet Perú* 10: 39-42. doi: 10.15381/rivep.v10i2.6714
11. **León C. 2017.** Anuario estadístico de producción pecuaria y avícola 2017. Ministerio de Agricultura y Riego. Perú. [Internet]. Disponible en: http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario-produccion-pecuaria-2017-261118_0.pdf
12. **Mamani G. 2013.** Estructura genética poblacional y tendencia de peso vivo al nacimiento en alpacas del banco de germoplasma de Quimsachata del INIA en Puno. Tesis de Maestría. Lima, Perú: Univ. Nacional Agraria La Molina. 80 p.
13. **Mamani J. 2009.** Desempeño productivo y periodo de recuperación de capital en alpacas madres del CIP Quimsachata, INIA ILLPA Puno. Tesis de Maestría. Puno, Perú: Univ. Nacional del Altiplano. 130 p.

14. **Mamani-Cato R, Huanca T, Apaza N, González M, Sapana R, Cárdenas O, Cavalcanti G, et al. 2013.** Parámetros genéticos de caracteres de crecimiento en alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*) del INIA-Perú utilizando el método de máxima verosimilitud restringida. En: VIII Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camelidos Sudamericanos. Campo Grande MS, Brasil.
15. **Momoh O, Rotimi E, Dim N. 2013.** Breed effect and non-genetic factors affecting growth performance of sheep in a semi-arid region of Nigeria. *J Appl Biosci* 67: 5302. doi: 10.4314/jab.v67i0.-95053
16. **More M, Ponce D, Vivanco W, Asparrin M, Gutiérrez G 2018.** Genetic parameters for fleece weight and fibre characteristics in Huacaya alpacas. In: Proc XI World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Auckland, New Zealand.
17. **Mueller J, Vozzi P, Giovannini N, Álvarez J. 2016.** Beneficio del progreso genético en ovinos de la Argentina. *Rev Invest Agropec* 42: 307-316.
18. **Palacios-Espinosa A, Espinoza-Villavicencio J, Guerra-Iglesias D, González-Peña D, De Luna R. 2010.** Efectos genéticos directos y maternos del peso al destete en una población de ganado Cebú de Cuba. *Rev Mex Cienc Pecu* 1: 1-11.
19. **Perez-Cabal M, Cervantes I, Morante R, Burgos A, Goyache F, Gutiérrez J. 2010.** Analysis of the existence of major genes affecting alpaca fiber traits. *J Anim Sci* 88: 3783-3788. doi: 10.2527/jas.2010-2865
20. **Quispe J. 2019.** Efectos ambientales sobre el peso al nacimiento e incremento corporal al destete en alpacas del CIP Quimsachata, INIA-Puno. *Rev Invest Escuela Posgrado* 8: 931-943. doi: <http://dx.doi.org/10.26788/riepg.2019.1.114>
21. **Raggi LA, MacNiven V, Rojas R, Castellaro G, Zolezzi M, Latorre E, Parraguez VH, et al. 1997.** Caracterización de la ganancia de peso corporal de alpacas (*Lama pacos*) desde el nacimiento y hasta los seis meses de edad en cuatro regiones de Chile. *Agro Sur* 25: 219-226. doi: 10.4206/agrosur.1997.-v25n2-10
22. **Sorensen D, Gianola D. 2003.** Likelihood of bayesian, and MCMC methods in quantitative genetics. *Crop Science* 43: 1574-1575. doi: 10.2135/cropsci2003.1574
23. **Trillo F. 2012.** Parámetros fenotípicos y genéticos de alpacas Huacaya en Cerro de Pasco. Tesis de Maestría. Lima, Perú: Univ. Nacional Agraria La Molina. 41 p.
24. **Trillo F, Barrantes C, Nuñez J, Zirena N. 2019.** Progreso genético mediante pruebas de rendimiento y de progenie en carneros Corriedale en la sierra central del Perú. *Rev Inv Vet Perú* 30: 1543-1551. doi: 10.15381/rivep.v30i4.17185
25. **Valerio D, Gutierrez G, Chávez J. 2015.** Efectos genéticos directo y materno sobre el crecimiento de ovinos de la raza Junín. *Rev Inv Vet Perú* 26: 28-35. doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v26i1.10921>
26. **Wuliji T, Davis GH, Dodds KG, Turner PR, Andrews RN, Bruce GD. 2000.** Production performance, repeatability and heritability estimates for live weight, fleece weight and fiber characteristics of alpacas in New Zealand. *Small Ruminant Res* 37: 189-201. doi: 10.1016/S0921-4488(00)00127-9