

UAB



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



MASTER INTERUNIVERSITARIO EN MEJORA GENÉTICA
ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN

**Estimación de parámetros genéticos para
caracteres productivos en alpacas
(*Vicugna pacos*), Perú 2011.**

Tesis de Master
Valencia, Septiembre 2011

LEYFENG ALAN CRUZ CAMACHO

Director:
Juan Pablo Gutiérrez García
Codirector:
Agustín Blasco Mateu



MASTER INTERUNIVERSITARIO EN MEJORA GENÉTICA ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERES PRODUCTIVOS EN ALPACAS
(Vicugna Pacos), Perú 2011.

Jurado:

PRESIDENTE

SECRETARIO

MIEMBRO

Juan Pablo Gutiérrez García
Director de Tesis
Universidad Complutense de Madrid

Agustín Blasco
Co Director de Tesis
Universidad Politécnica de Valencia

Dedicatoria

Es mi mayor deseo dedicar este esfuerzo a mi padre Feliciano, que, seguramente desde el cielo ha de seguir guiando el buen camino de la educación, a mis hermanos Alexis, Roxana, Miluska, y Claudia por su incondicional apoyo durante estos años de estudio y trabajo.

Agradecimientos

Agradecer al Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza por financiar el Máster, a los profesores de las Universidades cooperantes en especial a la Universidad Autónoma de Barcelona, Universidad Politécnica de Valencia, y Universidad Complutense de Madrid en las personas de los profesores Agustín Blasco y Juan Pablo Gutiérrez García, por la paciencia al impartir las clases que hacen posible llenarse de conocimientos.

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERES PRODUCTIVOS
EN ALPACAS (Vicugna Pacos), Perú 2011.

Resumen

El presente trabajo de investigación se realizó en el fundo alpaquero de Ganadera San Simón S.A. del distrito de Cachicadán, provincia de Santiago de Chuco departamento de La Libertad, Perú; ubicado entre los 3600 y 5200 m de altitud. El estudio consistió en la estimación de los parámetros genéticos para caracteres productivos para las subespecies Huacaya y Suri, con la toma de datos desde el 2004 al 2010, teniendo una base con 2105 registros que corresponden a 1259 animales. Para determinar el diámetro de la fibra se han utilizado dos sistemas de medición, el OFDA 100 y el Sirolan Laser Scan. Para el análisis de datos se ha utilizado un modelo animal con dos procedimientos de estimación, uno mediante metodología REML utilizando el programa VCE, y otro mediante metodología Bayesiana utilizando el programa TM. La media de la distribución posterior de la heredabilidad (h^2) fue de 0,535 para el Diámetro de Fibra (FD), 0,070 para la Desviación Típica (SD) y 0,121 para el Coeficiente de Variación (CV); las correlaciones fueron positiva alta de 0,716 entre el FD y SD, mientras que el FD y el CV se encontraron correlacionados negativamente (-0,828) y resultó ser -0,242 entre SD y CV. No se observó influencia relevante del sexo y la subespecie sobre el DF, pero si del color donde el gris presentó 2,53 micras (μ) menos que los otros colores; asimismo el efecto año (EA) mostró que en el 2005 se tenía 2,99 μ menos que el resto; con respecto al carácter SD no se encontró influencia relevante al sexo, subespecie, color, pero sí en el EA donde el 2005 se tenía 0,94 μ menos que los demás; con respecto al carácter CV el sexo y subespecie no presentaron influencia relevante; en cambio el color gris tenía 1,56% unidades de CV menor que el resto, lo mismo que el EA donde el 2005 se tenía 1,6% por debajo respecto a los demás años, . Asimismo la media de la distribución posterior de la repetibilidad para el FD fue 0,893, 0,835 para la SD y 0,788 para el CV.

Palabras Clave: Alpaca, Parámetros Genéticos, Caracteres Productivos

Abstract

This research was conducted in the alpaca farm in Ganadera San Simón S.A. Cachicadán district, province of Santiago de Chuco, La Libertad, Peru, located between 3600 and 5200 m. altitude. The study consisted in the estimation of genetic parameters for production traits for the Huacaya and Suri subspecies, with data taken from 2004 to 2010, having a base with 2105 records that correspond to 1259 animals. To determine the diameter of the fiber have been used two measurement systems, the OFDA 100 and Laser Scan

Sirola. For data analysis has been used animal model two estimation procedures, a methodology by using the program VCE REML and Bayesian methodology another by using the TM program. The mean of the posterior distribution of heritability (h^2) was 0.535 for the fiber diameter (FD), 0.070 for the standard deviation (SD) and 0.121 for the coefficient of variation (CV) were high positive correlations of 0.716 between the FD and SD, while the FD and CV are related negatively -0,828 and -0,242 for SD and CV. There was no relevant influence of sex and subspecies of the DF, but the gray color which presented 2.53 microns (μ) less than the other colors, also the year effect (EA) showed that in 2005 was 2, 99 μ less than the rest, with respect to the SD character not found relevant influence of sex, subspecies, color, but in the EA where the 2005 is 0.94 μ was less than the others, with respect to the CV character sex and subspecies showed no relevant influence, but instead the color gray was CV 1.56% units lower than the rest, as the EA where the 2005, was 1.6% lower compared to other years. Also the mean of the posterior distribution of repeatability for the FD was 0.893, 0.835 and 0.788 for the SD for the CV.

Keywords: Alpaca, Genetic Parameters, Productive Traits.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Categorización de vellones según la NTP-2004.....	8
Tabla 2: Clasificación y categorización de la fibra a nivel industrial	8
Tabla 3: Estructura de los datos de Ganadera San Simón S.A.	11
Tabla 4: Heredabilidades, correlaciones y repetibilidades estimados por metodología REML.....	16
Tabla 5: Medias de la distribución posterior de los parámetros	27
Tabla 6: Medias (y desviaciones típicas) de la distribución posterior de las heredabilidades y de los parámetros estimados por metodología Bayesiana.	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución de los datos por edad en porcentaje (%) al nacimiento del análisis de fibra	12
Figura 2: Influencia del sexo sobre el diámetro de fibra.....	17
Figura 3: Influencia de la subespecie sobre el diámetro de fibra	17
Figura 4: Influencia del color de la capa sobre el diámetro de fibra.....	18
Figura 5: Influencia del año de muestreo sobre el diámetro de fibra	19
Figura 6: Influencia del sexo sobre la desviación típica.	20
Figura 7: Influencia del color de la capa sobre la desviación típica.	20
Figura 8: Influencia de la subespecie sobre la desviación típica.....	21
Figura 9: Influencia del año de muestreo sobre la desviación típica.....	21
Figura 10: Influencia del sexo sobre el coeficiente de variación.	22
Figura 11: Influencia del color de la capa sobre el coeficiente de variación.	23
Figura 12: Influencia de la subespecie sobre el coeficiente de variación.	23
Figura 13: Influencia del año de muestreo sobre el coeficiente de variación.	24
Figura 14: Influencia de la edad de muestreo sobre el diámetro de fibra.....	25
Figura 15: Influencia de la edad de muestreo sobre la desviación típica.	25
Figura 16: Influencia de la edad de muestreo sobre el coeficiente de variación.	26
Figura 17: Convergencia de la heredabilidad para el diámetro de fibra.....	28
Figura 18: Intervalo al 95% de la distribución posterior marginal de la heredabilidad para el diámetro de fibra.	28
Figura 19: Dispersión de los datos de la distribución posterior marginal de heredabilidad para la desviación típica.....	29
Figura 20: Intervalo al 95% de la distribución posterior marginal de la heredabilidad para la Desviación Típica.....	30
Figura 21: Dispersión de los datos de la distribución posterior marginal de heredabilidad para el coeficiente de variación.	31
Figura 22: Intervalo al 95% de la distribución posterior marginal de la heredabilidad del coeficiente de variación.....	31
Figura 23: Distribución posterior de la repetibilidad del diámetro de fibra.....	32
Figura 24: Distribución posterior marginal de la repetibilidad de la desviación típica.....	33
Figura 25: Distribución posterior marginal de la repetibilidad del coeficiente de variación.....	33
Figura 26: Convergencia de la repetibilidad entre el diámetro de fibra, desviación típica y coeficiente de variación.	34
Figura 27: Evolución de datos durante la convergencia de las heredabilidad del diámetro de fibra, desviación típica y coeficiente de variación.....	35
Figura 28: Convergencia la correlación genética entre el diámetro de fibra, desviación típica y el coeficiente de variación.	36
Figura 29: Influencia del sexo sobre el diámetro de fibra.....	39
Figura 30: Influencia del color de la capa sobre el diámetro de fibra.....	39

Figura 31: Influencia de la subespecie sobre el diámetro de fibra.	40
Figura 32: Influencia del año de muestreo sobre el diámetro de fibra.	40
Figura 33: Influencia del sexo sobre la desviación típica.	41
Figura 34: Influencia del color de la capa sobre la desviación típica.	42
Figura 35: Influencia de la subespecie sobre la desviación típica.	42
Figura 36: Influencia del año de muestreo sobre la desviación típica.	43
Figura 37: Influencia del sexo sobre el coeficiente de variación.	44
Figura 38: Influencia del color de la capa sobre el coeficiente de variación.	44
Figura 39: Influencia de la subespecie sobre el coeficiente de variación.	45
Figura 40: Influencia del año de muestreo sobre el coeficiente de variación.	45

ÍNDICE GENERAL

Portada.....	i
Jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iii
Resumen.....	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras.....	vii
Contenido	
Capítulo I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1Objetivo general.....	3
1.2Objetivos Específicos	3
Capítulo II	4
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Historia Evolutiva.....	4
2.2Fenotipos de la subespecie	5
2.3Fibra de alpaca	6
2.4Diámetro de fibra	6
2.5Categorización de la fibra en vellón	8
2.6Categorías en la clasificación de fibra de alpaca según la NTP.231 (2004).....	8
Capítulo III	10
MATERIAL Y MÉTODOS	10
3.1 Materiales.....	10
3.2 Métodos	12
3.2.1 Análisis de muestras.....	12
3.2.2 Análisis de datos.....	13

Capítulo IV	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
4.1 Resultados obtenidos por metodología Frecuentista	15
4.1.1 Heredabilidades y correlaciones	15
4.1.2 Influencia de los efectos sistemáticos sobre el diámetro de fibra.....	16
4.2 Resultados obtenidos por metodología Bayesiana	26
4.2.1 Heredabilidad del Diámetro de Fibra	27
4.2.2 Heredabilidad de la Desviación Típica.....	29
4.2.3 Heredabilidad del Coeficiente de Variación.....	30
4.2.4 Repetibilidad	32
4.2.5 Correlaciones genéticas entre los caracteres Diámetro de Fibra, Desviación Típica y Coeficiente de Variación.	35
4.2.6 Influencia de los efectos sistemáticos sobre el diámetro de fibra.....	37
4.2.7 Influencia de los efectos sobre la desviación típica	41
4.2.8 Influencia de los efectos sobre el carácter Coeficiente de Variación	43
Capítulo V	46
CONCLUSIONES	46
SUGERENCIAS	48
CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
ANEXOS	53

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

La alpaca (*Vicugna pacos*) es una de las cuatro especies de la familia de los camélidos sudamericanos, y una de las dos especies domésticas, explotada desde tiempos antiguos, cuya mayor importancia alcanzó en la época del incanato durante los siglos XIV y XV (Wheeler, 2010). La alpaca tiene dos subespecies (también llamadas erróneamente razas) claramente distinguibles, una la llamada “Huacaya” cuya característica es su esponjosa fibra, y la otra llamada “Suri” que posee una fibra de flecos largos que caen desde la espalda en forma de rulos.

Actualmente en el Perú existen muchas instituciones formadas con el propósito de asociar a los criadores de alpacas, y ejecutar planes de mejora con el fin de disminuir el diámetro de fibra. Para ello el estado peruano a través del Consejo Nacional de Camélidos Sudamericanos (CONACS) hasta el año 2007 propuso términos de referencia en la ejecución de los planes de mejora genética de alpacas, estableciendo 4 libras en la toma de datos. Con la extinción del CONACS en el 2008 la información recolectada y los planes de mejora han quedado condicionados a la buena voluntad de los productores de continuarlos o echarlos al olvido.

A nivel mundial y local (Perú) los planes de mejora están enfocados básicamente a encontrar los genes que resuelvan el problema del engrosamiento de la fibra de alpaca. Así, desde el año 2007 se vienen aunando esfuerzos para encontrar ese o esos genes. En mayo del 2010, el Dr. Ricardo Fujita dio a conocer la primera secuenciación del genoma de la alpaca, lo que si bien es un logro importante para la ciencia, para la actividad agropecuaria deja otro de igual tamaño, el problema del engrosamiento de la fibra,

encontrar el o los genes que controlan estos caracteres. Aunque se ha demostrado la existencia de genes mayores (Pérez-Cabal et al., 2010), este objetivo no se logrará a corto plazo a través de la genética molecular, por lo que debemos utilizar otras herramientas, como la genética cuantitativa.

Teniendo como reflexión lo citado por Renieri y col. (2009) *“El Libro Genealógico es un potente instrumento de mejoramiento genético que presupone una raza (de cualquier tipo, primaria, secundaria, etc.) existente. El asunto de base está en que todos los animales criados en Perú pueden ser considerados como pertenecientes a una única raza sin considerar las diferencias existentes entre diversos ambientes, entre sistemas de crianza y entre direcciones selectivas. Es en conclusión un atajo que no puede llevar a ningún resultado”*.

Todos los planes de mejora en alpacas tienen como objetivo disminuir el diámetro de la fibra, por lo que deben superar el paso actual en el que sólo se completan los Libros de Registro, llegando a establecer apareamientos entre animales, estableciendo umbrales de selección conociendo para ello los parámetros genéticos de los caracteres productivos. De hecho el ICAR ha establecido como objetivos de selección para la alpaca, el diámetro de fibra y el coeficiente de variación (Antonini, 2010).

En ese mismo sentido San Simón S.A. una empresa dedicada dentro de sus rubros a la explotación agropecuaria, ha comprado desde el 2004 alpacas de los distintos departamentos, para aprovechar la fibra. Para ello viene tomando información de los caracteres productivos y reproductivos de los hatos alpaqueros que posee.

Con la intención de hacer posteriormente una selección dirigida de los animales dentro del hato alpaquero de San Simón S.A. se tiene los siguientes objetivos:

1.1 Objetivo general

Estimar los parámetros genéticos para caracteres productivos en alpacas.

1.2 Objetivos Específicos

- a) Estimar la heredabilidad para los caracteres diámetro, desviación típica y coeficiente de variación de la fibra de alpaca.
- b) Estimar la correlación genética entre el diámetro, desviación típica y el coeficiente de variabilidad de la fibra de alpaca
- c) Estimar la influencia de la edad, sexo, color, subespecie, efecto año sobre los caracteres productivos.
- d) Estimar la repetibilidad de los caracteres diámetro de fibra, desviación típica y coeficiente de variación.

Capítulo II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Historia Evolutiva

Las especies de la familia camelidae, se originaron en América del Norte hace 9 a 11 millones de años (Tribus Lamini y Camelini); hace 3 millones de años, la Tribu Camelini inicia la migración hacia Asia y Europa, a través del puente del Estrecho de Behring, dando origen a los camélidos del viejo mundo: el camello (*Camelus bactrianus*) y el dromedario (*Camelus dromedarius*) (Webb 1965,1974). También emigraron descendientes de la Tribu Lamini, hacia América del sur, originando el guanaco y la vicuña (CSA silvestres) hace aproximadamente 2 millones de años (López Aranguren 1930; Cabrera 1932). Posteriormente se extinguieron los camélidos en América del Norte.

El estudio de la evolución de los camélidos tiene aún muchas incognitas (Ote, 1983; Franklin, 1982) ya que hay muchas similitudes morfológicas, conductuales y fisiológicas entre los cuatro Camélidos Sudamericanos, siendo la hipótesis más aceptada que el guanaco o su antecesor, dio origen a la llama mediante un largo proceso de domesticación, lo que se apoya en las grandes similitudes que existen entre ambos; en cambio la derivación de la alpaca no es tan fácil de explicar. Debido a que la alpaca es semejante a la vicuña, en ciertos caracteres morfológicos y de comportamiento, algunos autores han sugerido que la alpaca es un híbrido de “llamavicuña” o que deriva de un antiguo stock de vicuñas. Otros autores señalan, basándose en los detalles de la morfología del cráneo, que el guanaco sería el antecesor de la llama y la alpaca.

Los análisis genéticos, como el ADN mitocondrial confirmaron la similitud genética entre la llama y el guanaco y entre la vicuña y la alpaca, revelando hibridización

bidireccional; por análisis de microsatélites se sugiere que la alpaca descende de la vicuña y que debiera ser reclasificada como *Vicuqna pacos* (Kadwell y col. 2001).

2.2 Fenotipos de la subespecie

La alpaca es la especie más pequeña de las domesticas, seleccionada como productor de fibra durante un periodo de por lo menos 3 mil años (Wheeler, 1984). Durante este proceso hubo un incremento en la longitud de fibra y modificación en su forma, dando origen a los fenotipos Huacaya y Suri. Es probable, dado al extremo control ejercido sobre la reproducción durante el incanato (Murra, 1965, 1975), que estos tipos son la herencia de razas antiguas que han perdido su integridad a consecuencia de la conquista española.

Alrededor del 90% de las alpacas pertenecen a la subespecie “Huacaya”, caracterizada por presentar una cabeza relativamente pequeña bien unida a un cuello mediano y fuerte, con orejas pequeñas de forma triangular, ollares amplios y boca con belfos muy móviles con pigmentación oscura, con un copete bien formado y la cara limpia, la línea superior convexa que continúa hasta la cola, extremidades fuertes y buenos aplomos, lo que da una fina estampa armoniosa de apariencia general (Leqqe, E. 2009).

El otro 10% aproximadamente corresponden a la subespecie “Suri”, caracterizada por tener la fibra en mechales que cae desde el lomo al suelo, con una suavidad, brillo y lustre característica. Esta subespecie es más pequeña que la “Huacaya”, y menos resistente para soportar condiciones medio ambientales extremas. El modo de herencia del fenotipo Suri / Huacaya no está claro. Una hipótesis de recesividad del Suri (Escobar Calle, 1984) ha sido abandonada en favor de una hipótesis de dominancia simple más ampliamente aceptada (Velasco, 1980). Ponzoni y col. (1997) corroboraron la validez de ese modelo de herencia pero advirtieron que también era compatible con una herencia basada en grupos de genes ligados. Baychelier (2000) probaron tres hipótesis de herencia, concluyendo que el más verosímil es el modelo que considera dos genes ligados. Por último, Renieri et al. (2009) y Presciuttini et al. (2010) concretan este mismo modelo de herencia siempre que se admita la existencia de una posible pequeña tasa de mutación.

2.3 Fibra de alpaca

Ambas subespecies presentan un crecimiento abundante de fibra, con una buena calidad referida a la finura, que es la principal característica productiva que determina la calidad del vellón de una alpaca, y se refiere directamente al diámetro o grosor de la fibra expresado en micras (μ). La densidad es referida al número de fibras que existen por unidad de superficie del vellón (milímetro cuadrado, mm^2). A mayor número de fibras por mm^2 , mayor será la densidad; algunos autores consideran que a mayor densidad existe mayor peso y por lo tanto menor diámetro de la fibra (Torres y Carpio, 1992 y Espinoza, 2009), lo que contradice el trabajo presentado por Gutiérrez et al. (2007). La uniformidad es una característica del vellón de alpaca que consiste en encontrar y observar un mismo grado de finura, densidad y rizo de las fibras, en las diferentes áreas del vellón. El rizo es una característica de la fibra de las alpacas Huacaya y son ondulaciones muy pequeñas que se presentan a lo largo de la fibra; mientras la fibra de la Suri tiene un mayor crecimiento longitudinal presentando rulos, la cual consiste en contorsiones independientes a lo largo de la fibra (Anexo 1).

2.4 Diámetro de fibra

La fibra de la alpaca, tiene un diámetro muy variable. Algunos trabajos reportan diámetros medios de 22,97 y 24,71 μ para alpaca Huacaya y Suri respectivamente (Gutiérrez y col., 2009), Misky Paqu (2004) da un intervalo de 25 a 30 μ y Velita (2004) reporta 26,8 a 27,7 μ para alpacas sin ningún tipo de manejo. Otros trabajos estimaron el diámetro de fibra en alpacas Huacaya según número de esquila proporcionando valores de 19,27 y 20,07 μ para la primera y segunda esquila respectivamente (Melo, C., 2007). Álvarez (1981) para animales de dos años obtuvo 20,29 μ , Pinazo (2000) en alpacas de un año de edad 20,69 μ , y Carpio (1991) explica que en diferentes niveles de altitud ha encontrado que la fibra va engrosando en promedio 0,01 μ por día a la segunda esquila. Asimismo se reporta que no existe variación entre sexos para el diámetro de fibra

(Villarroel, 1959 y Estrada, 1987); igualmente Melo (2007) reporta diámetros similares de 20,29 y 20,58 μ para machos y hembras.

En relación al color de la capa, desde los años 60 la fibra ha tenido varios cambios direccionales en el mercado: inicialmente el interés se centraba en el aprovechamiento de los colores naturales, por lo que la producción de alpacas se hacía al azar, posteriormente la comercialización cambió, el precio de la fibra blanca era mayor que la de color, ya que podía teñirse a cualquier otro, dirigiendo la explotación a la producción de alpacas blancas, y consecuentemente arrinconando la producción de alpacas de color al borde incluso de la extinción. Hoy la tendencia internacional parece estar revertiendo hacia las preferencias por fibras de colores naturales.

En cuanto a parámetros genéticos, las heredabilidades obtenidas en alpacas de Puno resultaron 0,428 para el diámetro de fibra, 0,459 para la desviación típica, y 0,369 para el coeficiente de variación (Gutiérrez y col., 2009). Otros trabajos reportan heredabilidades más bajas en fibra de llama 0,22 \pm 0,06 para el diámetro y 0,31 \pm 0,05 para el coeficiente de variación (Frank, 2007).

Estimaciones de heredabilidades en poblaciones como Nueva Zelanda para el promedio del diámetro de fibra de alpaca fue de 0,73 \pm 0,19 (Wuliji et al., 2000), en Australia fue de 0,67 \pm 0,30 (Ponzoni, 1999), siendo en rebaños de la SAIS Pachacutec en Perú de 0,57 \pm 0,42 (Ayala y Chávez, 2006).

Otras especies productoras de fibra en las que se ha estimado la heredabilidad son el ovino merino español, con una heredabilidad de finura de 0,08 (Valera, 2007), y de 0,3 a 0,5 (Amills, 2009-2010). Así mismo se indica que el grosor de la lana es de heredabilidad alta de manera que se pueden conseguir cambios en sus valores con rapidez (García, 1980).

A la vista de los parámetros publicados se puede considerar que los caracteres relacionados con la producción de fibra tienen heredabilidades altas.

2.5 Categorización de la fibra en vellón

Tabla 1: Categorización de vellones según la NTP-2004.

Categoría	Contenido de cantidades		Longitud mínima de mecha (mm.)	Color	Contenido mínimo de Baby (%)
	Superiores (%)	Inferiores (%)			
Extrafina	70 o más	30 o menos	65	Entero *	20
Fina	55 a 69	45 a 31	70	Entero *	15
Semi Fina	40 a 55	60 a 45	70	Entero* - Canoso	5
Gruesa	Menos de 40	Mas de 60	70	Entero* - Canoso - Pintado	

* Colores enteros: blanco, beige, café, gris y negro.

La NTP¹ (Tabla 1) establece cuatro categorías para la venta de la fibra de alpaca en vellón (INDECOPI, 2005). Por otro lado a nivel industrial se han establecido 6 formas de clasificación de acuerdo al micronaje, cuyo impacto a nivel del productor se da en el precio.

2.6 Categorías en la clasificación de fibra de alpaca según la NTP.231 (2004)

Tabla 2: Clasificación y categorización de la fibra a nivel industrial

Nombre	Diámetro	Precio en US\$
Royal	< 18 μ	50
Baby	< 23 μ	22
Superfina	23,1 a 26,5 μ	15
Fina	26,6 a 29 μ	10
Huarizo	29,1 a 31,5 μ	4
Alpaca Gruesa	> 31,5 μ	1

Fuente: Pérez-Cabal y Col (2010) y NTP.231.300-306 -2004.

¹ NTP: Norma Técnica Peruana de Categorización y Clasificación de Fibra de Alpaca.

a. Alpaca baby (BB). Grupo de calidades de fibra de alpaca, cuya finura es igual o menor de 23μ y su longitud mínima es de 65 mm. La fibra en esta calidad es fina, están comprendidas finuras de fibra desde 16μ , que proviene de animales con alta calidad genética, y de edad menor a un año.

b. Alpaca fleece (FS). Calidad de fibra super fine (súper fina). Grupo de calidades de fibra de alpaca cuya finura está entre $23,1 \mu$ a $26,5 \mu$ y su longitud mínima es 70 mm (7 cm).

c. Alpaca médium fleece (FSM). Grupo de calidad de fibra de alpaca cuya finura está entre $26,6$ y 29μ y su longitud mínima es de 70 mm (7 cm) .

d. Alpaca huarizo (HZ). Grupo de calidades de fibra de alpaca cuya finura está entre $29,1 \mu$ y $31,5 \mu$ y su longitud mínima es de 70 mm (7 cm).

e. Alpaca gruesa (AG). Es el grupo de calidades de fibra de alpaca cuya finura es mayor de $31,5 \mu$ y su longitud mínima es de 70 mm (7 cm).

f. Alpaca corta (MP). Grupo de calidades de fibra de alpaca corta, cuya longitud es de 20 a 50 mm (de 2 a 5 cm).

g. Royal Alpaca. No se encuentra considerada en la norma técnica peruana. Sin embargo, a nivel de la experiencia de clasificación y análisis de laboratorio se considera a las fibras menores de 18μ (Descosur, 2010)

Esta clasificación es muy importante dada la diferencia en precio que se paga por cada una de las calidades como se muestra en la tabla 2 (Pérez-Cabal y col., 2010).

Capítulo III

MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Materiales

Para la sistematización de datos se han tomado como base 4 libros de registros productivos y reproductivos.

- a) Libro Abierto de Identificación (LAI): Este libro consiste en el registro de casi todos los animales (población base), exceptuando las alpacas manchadas, o con problemas que a sola observación deban descartarse.
- b) Actas de Empadre Controlado en alpacas: Consiste en el registro de cruzamientos, en donde se identifica la subespecie, color, aretes y fecha; una vez nacida la cría se le asigna un número de arete para su seguimiento.
- c) Actas de Evaluaciones Biométricas y Productivas: En este libro se lleva el registro de peso al nacimiento, peso al destete, peso de vellón durante las esquilas, registro de micronaje de la fibra y registro de medidas biométricas.
- d) Libro Abierto Provisional (LAP): En este libro solo se registra a las crías que superan los criterios de selección del LAI, si las alpacas inscritas en este libro alcanzan los criterios de selección, sus crías serán inscritas en un siguiente libro denominado Libro Abierto Definitivo LAD y posteriormente al Libro Cerrado de Pedigrí (LCP).

Durante la sistematización se contaba originalmente con 2500 datos, de estos se depuraron 395 por duplicidad en el aretaje, no coincidir las fechas de empadre y parto, descartados del registro en el libro abierto provisional, de los cuales finalmente quedaron

2105, que corresponden a 1259 animales, 741 de los cuales presentan también la segunda esquila, 100 la tercera y 5 la cuarta. En la tabla 3 se presenta un resumen de la estructura de los datos en función del sexo, raza y color.

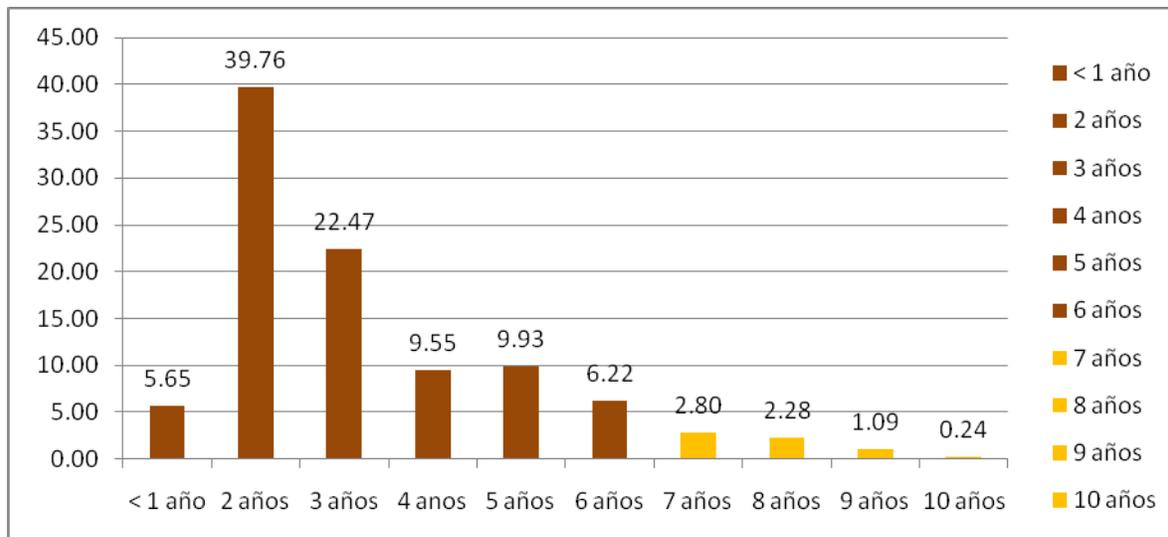
Tabla 3: Estructura de los datos de Ganadera San Simón S.A.

Datos	Sexo	Raza	Color								
Muestreos 2105	Machos 918	Huacaya 804	Gris	8							
			Negro	23							
			Marrón	64							
			LF	66							
			Blanco	643							
		Suri 114	Gris	0							
			Negro	17							
			Marrón	13	Total Colores	Gris	17	Total	Huacaya	1876	
			LF	23		Negro	83				
			Blanco	61		Marrón	162				Raza
			LF	215							
			Blanco	1628							
	Hembras 1187	Huacaya 1072	Gris	9							
			Negro	26							
			Marrón	76							
			LF	95							
			Blanco	866							
		Suri 115	Gris	0							
			Negro	17							
			Marrón	9							
LF			31								
Blanco			58								

Los datos recogidos muestran, que, el 93,59% corresponde al análisis de fibra cuando las alpacas tienen menos de 6 años de edad, y el otro 6,41% corresponde a fibra

analizada cuando los animales se encuentran entre 7 y 10 años. En la figura 1 se muestra una distribución del número de datos en función de la edad.

Figura 1: Distribución de los datos por edad en porcentaje (%) al nacimiento del análisis de fibra



3.2 Métodos

3.2.1 Análisis de muestras

Las muestras de fibra han sido tomadas del costillar medio de cada animal, que es la zona más representativa del vellón. Se tomó un mechón cortado con tijera desde la base de la piel, el cual ha sido codificado para la trazabilidad del análisis.

Para el análisis del diámetro de la fibra se utilizaron 2 sistemas de medición, uno a través del micrómetro OFDA 100 (Optical Fibre Diameter Analyser), cuyo principio básico de lectura se basa en la digitalización de imágenes y análisis óptico de las mismas; y el segundo el Sirolan Laser Scan, de la Universidad Agraria La Molina – UNALM de Perú, cuyo principio de trabajo es la lectura de fibras por un rayo láser. Ambos sistemas de medición discriminan de acuerdo a los parámetros establecidos limpiando la fibra de impurezas, tomando para la medición aproximadamente 1000 fibras por muestra, dando como

resultado el diámetro promedio en μ , desviación típica y un coeficiente de variación, para cada muestra.

3.2.2 Análisis de datos

Para este estudio se ha utilizado el modelo animal de ecuación:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\mathbf{u} + \mathbf{W}\mathbf{p} + \mathbf{e},$$

donde \mathbf{y} es el vector de observaciones; $\boldsymbol{\beta}$ es el vector de efectos fijos que incluyó: el sexo (2 niveles), color (5 niveles), subespecie (2 niveles), grupo de comparación año-estación (7 niveles) y la edad al muestreo en días como covariable lineal y cuadrática; \mathbf{u} es el vector representando los efectos genéticos aditivos, \mathbf{p} corresponde al ambiente permanente, \mathbf{e} es el vector de los residuales, \mathbf{X} , \mathbf{Z} y \mathbf{W} son las matrices de incidencia para los efectos fijos y aleatorios.

Los efectos aleatorios se consideran independientes con una distribución normal de media cero y varianzas: $\text{Var}(\mathbf{u}) = \mathbf{A} \sigma^2_A$, $\text{Var}(\mathbf{p}) = \mathbf{I} \sigma^2_{\text{perm}}$, y $\text{Var}(\mathbf{e}) = \mathbf{I} \sigma^2_e$ que son respectivamente las matrices de varianzas y covarianzas aditivas, permanentes y residuales, donde \mathbf{A} es la matriz numerador de relaciones aditivas, e \mathbf{I} la matriz identidad. Sintéticamente:

$$\text{Var} \begin{bmatrix} \mathbf{u} \\ \mathbf{p} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} \sim N \left(\mathbf{0}, \begin{bmatrix} \mathbf{A} \sigma^2_A & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{I} \sigma^2_{\text{perm}} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{I} \sigma^2_e \end{bmatrix} \right)$$

Se han utilizado dos metodologías de estimación de parámetros genéticos: una Frecuentista basada en Metodología "REML", mediante el programa VCE (Groeneveld 1997) versión 6.0; y otra Bayesiana, empleándose MCMC con muestreo de Gibbs utilizando el programa TM (Legarra, A. y col. 2008); este último se ejecutó con 1 millón de

iteraciones y un “burning” del 10%; las distribuciones marginales posteriores se obtuvieron utilizando el paquete BOA (Smith, B.J., 2008) con la versión 2.12.1 de R (R Development Core Team, 2010).

Con los parámetros genéticos estimados se resolvió el modelo obteniendo estimaciones de los efectos sistemáticos incluidos en el mismo.

Capítulo IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos del análisis de datos del modelo mixto lineal, con la estimación de heredabilidades, correlaciones y efectos fijos sobre los caracteres.

4.1 Resultados obtenidos por metodología Frecuentista

4.1.1 Heredabilidades y correlaciones

Las estimaciones de las heredabilidades del diámetro de fibra, desviación típica y coeficiente de variación, se muestran en la diagonal de la tabla 4 obteniendo para el diámetro de fibra una $h^2=0,525$, para la desviación típica una $h^2=0,025$ y para el coeficiente de variación una $h^2= 0,095$. Las correlaciones genéticas para el diámetro de fibra-desviación típica muestran una correlación positiva de 0,959, diámetro de fibra-coeficiente de variación una correlación negativa de -0,998 y entre la desviación típica-coeficiente de variación una correlación negativa de -0,941. Aunque podemos anticipar que las heredabilidades obtenidas para los dos últimos caracteres son anormalmente bajas y que por tanto las extremas correlaciones genéticas que se obtienen no son muy fiables, los valores obtenidos para los parámetros genéticos se discuten más adelante conjuntamente con los valores obtenidos por metodología Bayesiana.

Tabla 4: Heredabilidades, correlaciones y repetibilidades estimados por metodología REML.

	DF	SD	CV
h² aditiva	0,525	0,959	-0,998
		0,025	-0,941
c²			0,095
	0,365	0,810	0,694
Repetibilidad (r)	0,890	0,835	0,789

DF: Diámetro de Fibra, SD: Desviación típica, CV: Coeficiente de variación, c²: Efecto genético asignado a la parte medio ambiental.

4.1.2 Influencia de los efectos sistemáticos sobre el diámetro de fibra

Para establecer las comparaciones en valores del carácter se promediaron los niveles de los distintos efectos fijos y se estableció un animal de referencia de tipo medio para el sexo, raza, color y año de esquila, lo que supuso 24,43 μ para el diámetro de fibra. La influencia individual de cada uno de los efectos es como sigue:

La Influencia del sexo sobre el diámetro de fibra (Figura 2) se tradujo en un diámetro de 0,15 μ menos en las hembras que en los machos. Asimismo la influencia de la subespecie sobre el micronaje muestra que hay 0,19 μ menos de la subespecie Huacaya con respecto a la Suri (Figura 3). En cualquier caso estas diferencias no parecen relevantes.

Figura 2: Influencia del sexo sobre el diámetro de fibra

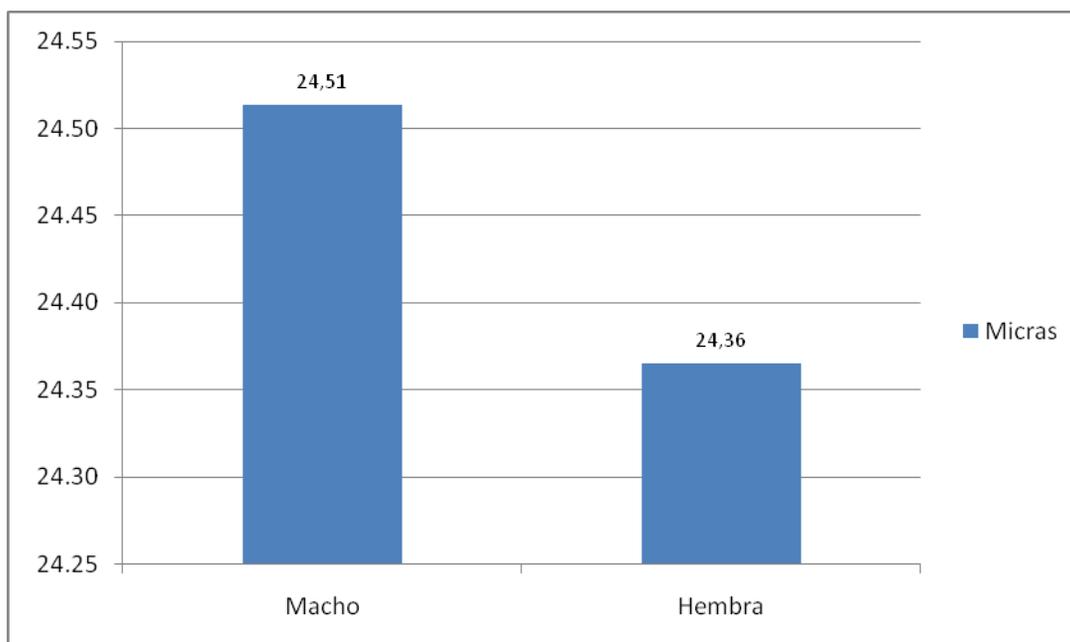
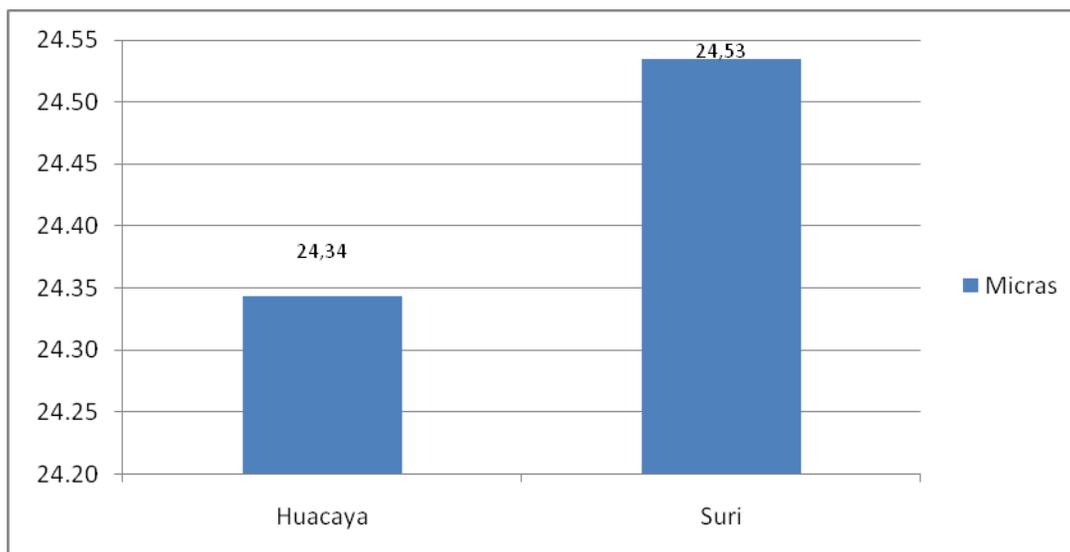


Figura 3: Influencia de la subespecie sobre el diámetro de fibra

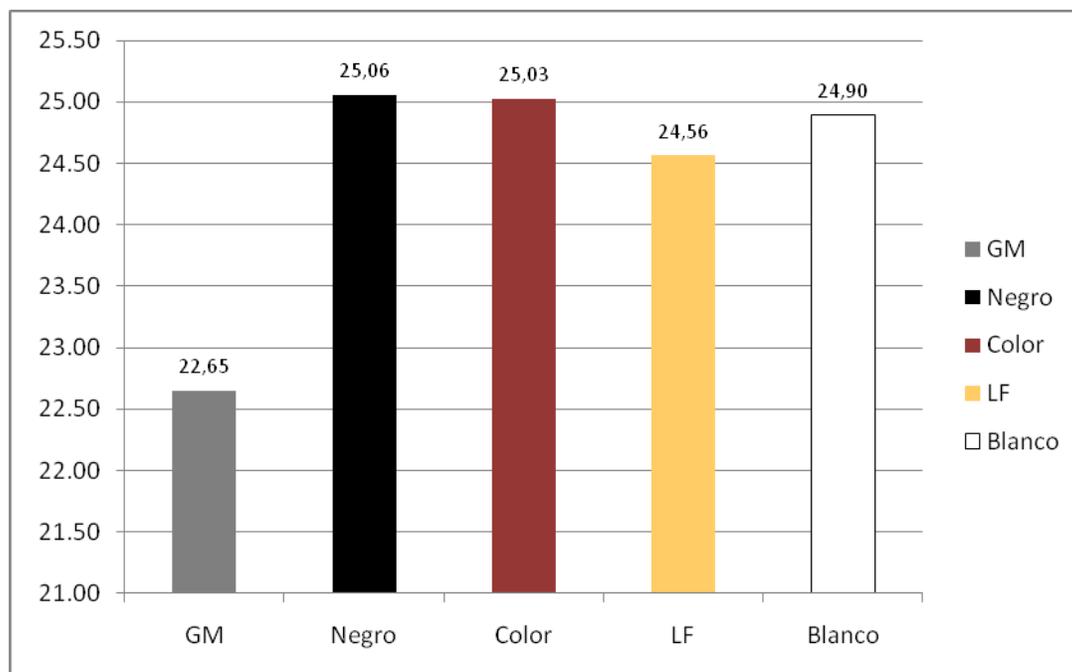


Los diámetros medios de la fibra de distintos colores ordenados de forma descendente fueron: 25,06 el negro, 25,03 los colores oscuros del marrón, 24,90 el blanco, 24,56 los colores denominados LF² y 22,65 los Grisáceos, que indicarían que solo los

² LF: Light Fibre (LFX: Color beige, LFY: Color vicuña, LFZ: Color vicuña intenso)

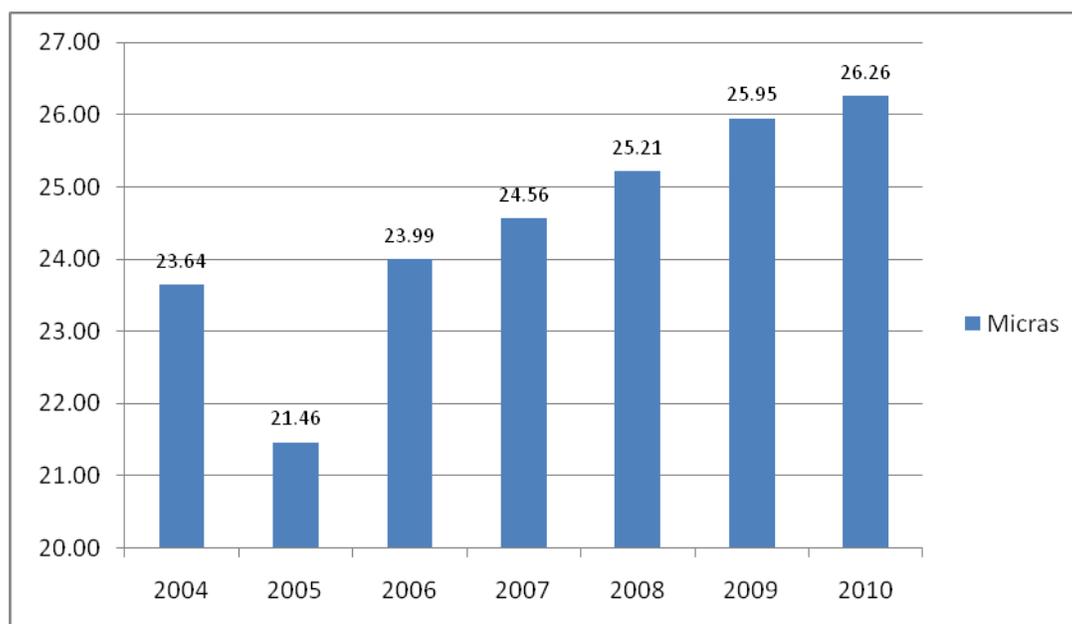
grisáceos se encuentran $1,78 \mu$ debajo de la media general siendo poco relevantes las diferencias entre los otros colores (Figura 4).

Figura 4: Influencia del color de la capa sobre el diámetro de fibra



La influencia del año de muestreo sobre el diámetro de fibra se manifiesta de modo que la media es de $23,64 \mu$ para el 2004, el más bajo para el año 2005 con $21,46 \mu$ cuya diferencia respecto a la media general es por debajo de $2,97 \mu$, y de aquí en forma ascendente hasta el año 2010 con una media de $26,26 \mu$ (Figura 5). Curiosamente, cuando lo deseable es disminuir el diámetro de fibra, ésta parece haber ido engrosándose de año en año desde el 2005.

Figura 5: Influencia del año de muestreo sobre el diámetro de fibra



4.1.3 Influencia de los efectos sistemáticos sobre la desviación típica

Procediendo como en el caso del diámetro de fibra, la media del carácter desviación típica de la fibra fue de $4,25 \mu$. La influencia de los efectos es como siguen:

La Influencia del sexo sobre la desviación típica resultó poco relevante, de tan solo $0,1 \mu$ de diferencia entre machos y hembras (Figura 6). Asimismo la media del carácter desviación típica en los colores extremos fue de $4,11 \mu$ para los grisáceos y $4,38 \mu$ para los blancos (Figura 7). La influencia de la subespecie sobre la desviación típica es tan solo $0,27 \mu$ menos de la Huacaya respecto a la Suri (Figura 8), en tanto que la influencia del año muestra el valor más bajo para el año 2005 con $3,31 \mu$ y $4,52$ como el más alto para el año 2009, siendo muy parecidos todos los valores del 2006 al 2009 (Figura 9).

Figura 6: Influencia del sexo sobre la desviación típica.

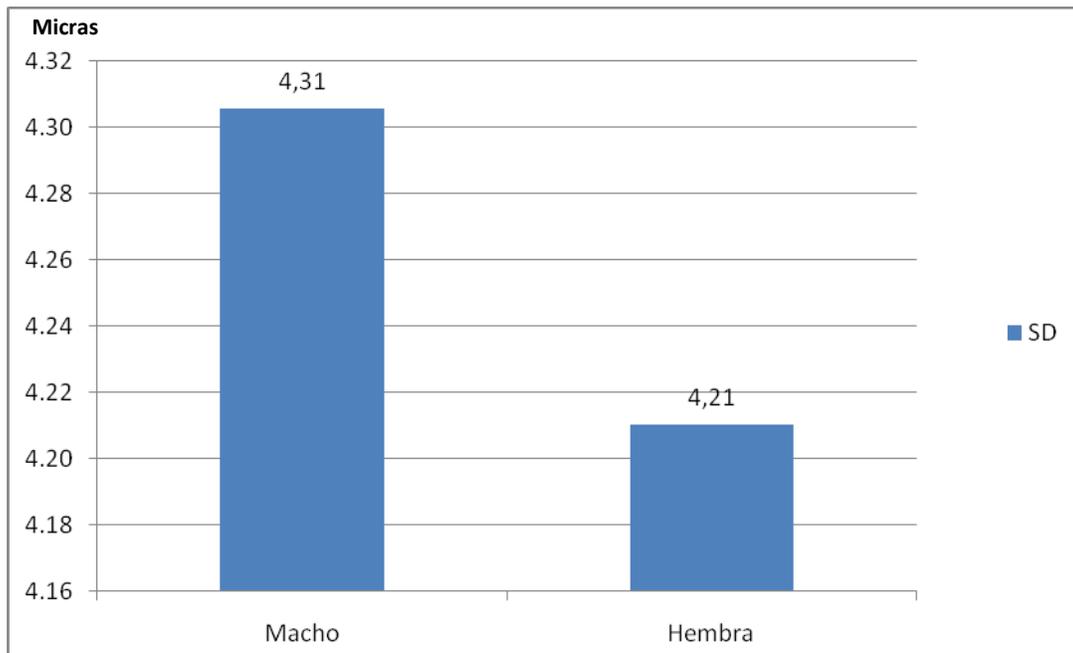


Figura 7: Influencia del color de la capa sobre la desviación típica.

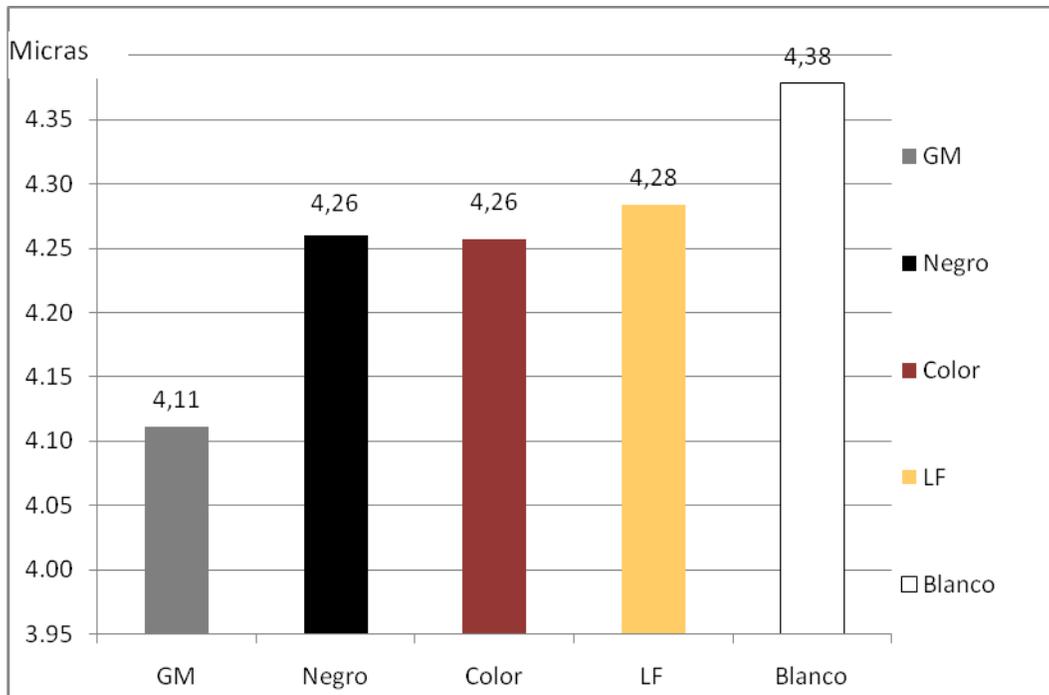


Figura 8: Influencia de la subespecie sobre la desviación típica.

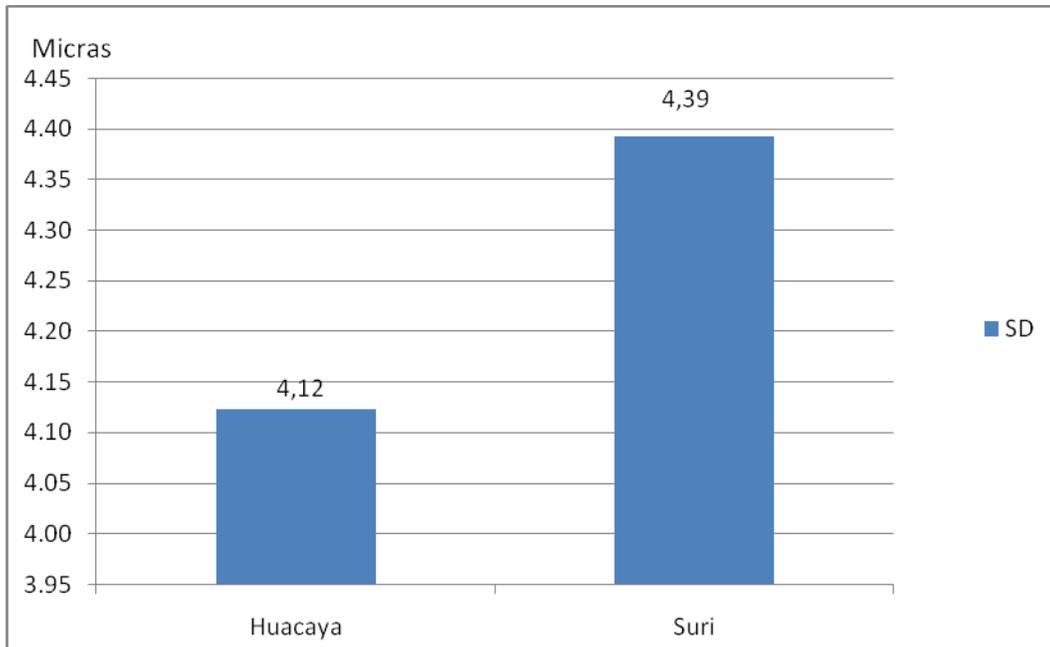
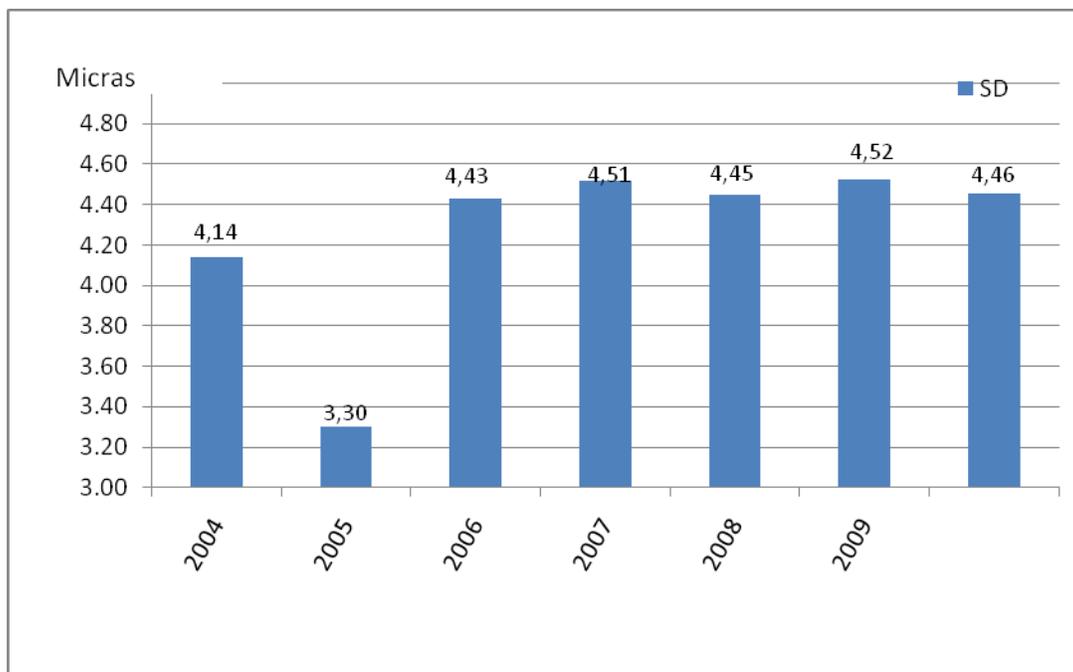


Figura 9: Influencia del año de muestreo sobre la desviación típica.



4.1.4 Influencia de los efectos sistemáticos sobre el Coeficiente de Variación

Procediendo como en los dos caracteres anteriores la media del carácter Coeficiente de Variación de la fibra fue de 23,33 %, afectando el sexo, raza, color y año de muestreo, de la siguiente manera:

Las hembras presentaron 0,24 % menos que los machos (Figura 10). Asimismo la media de este carácter por razas fue 22,85 % para la Huacaya y 23,82 % para la Suri (Figura 11). Por otro lado la influencia del color sobre el coeficiente de variación muestra en sus extremos valores de 22,59 % para el negro y 24,72% para los grisáceos (Figura 12), esto muestra que en realidad el gris es muy variable a pesar de tener el DF y SD más bajo que el resto, mientras que la influencia de los años muestran el valor más bajo para el año 2005 con 21,65 % y 24,47 % como valor máximo para el año 2006 (Figura 13).

Figura 10: Influencia del sexo sobre el coeficiente de variación.

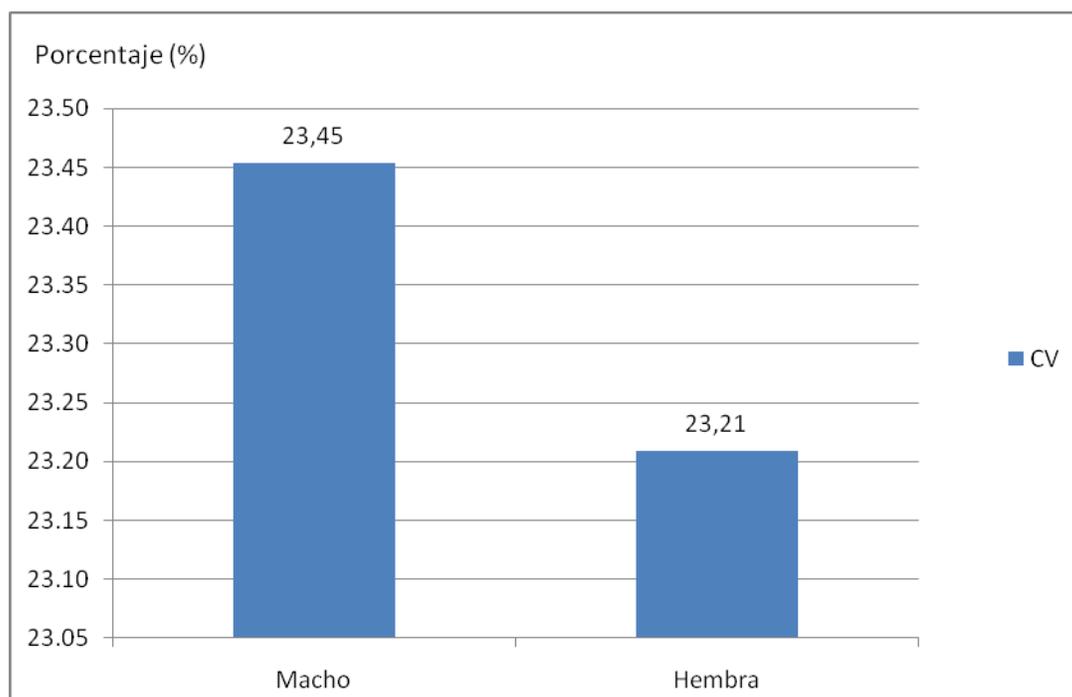


Figura 11: Influencia del color de la capa sobre el coeficiente de variación.

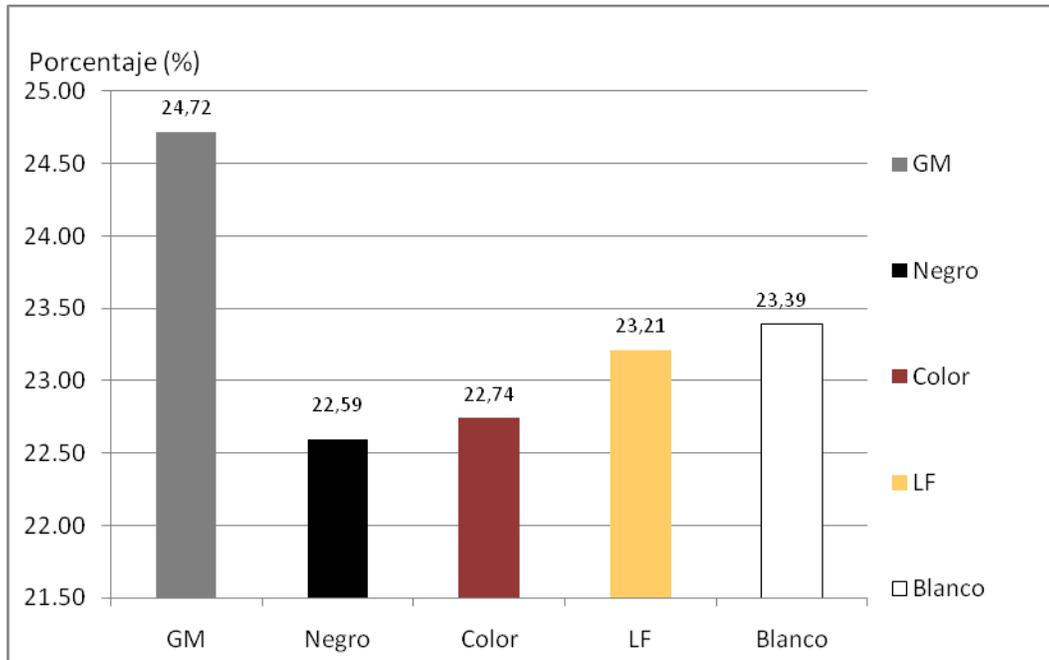


Figura 12: Influencia de la subespecie sobre el coeficiente de variación.

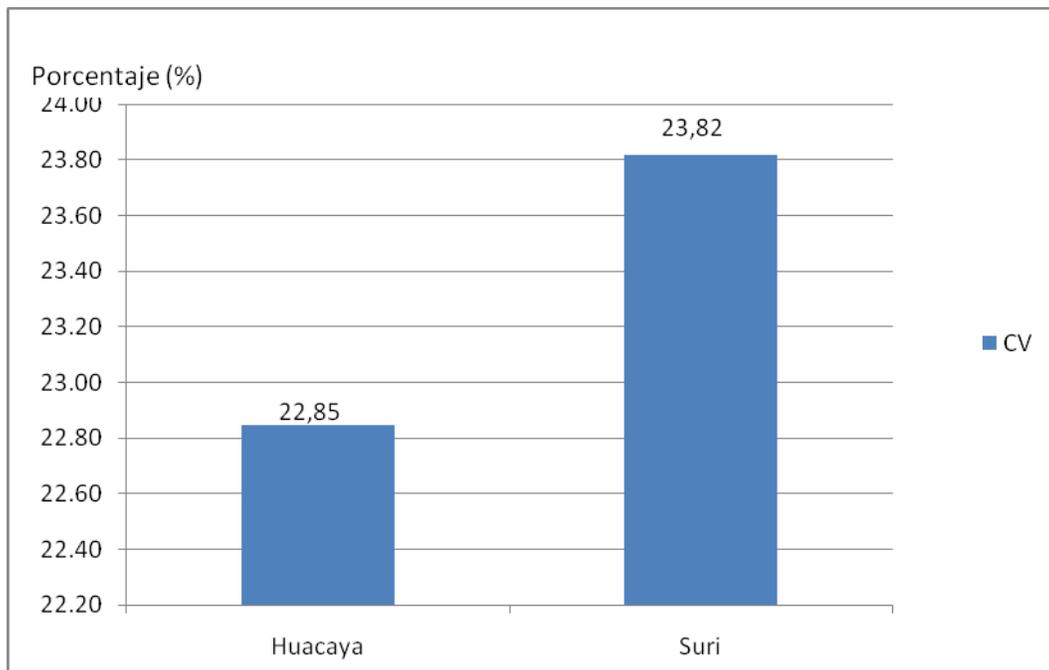
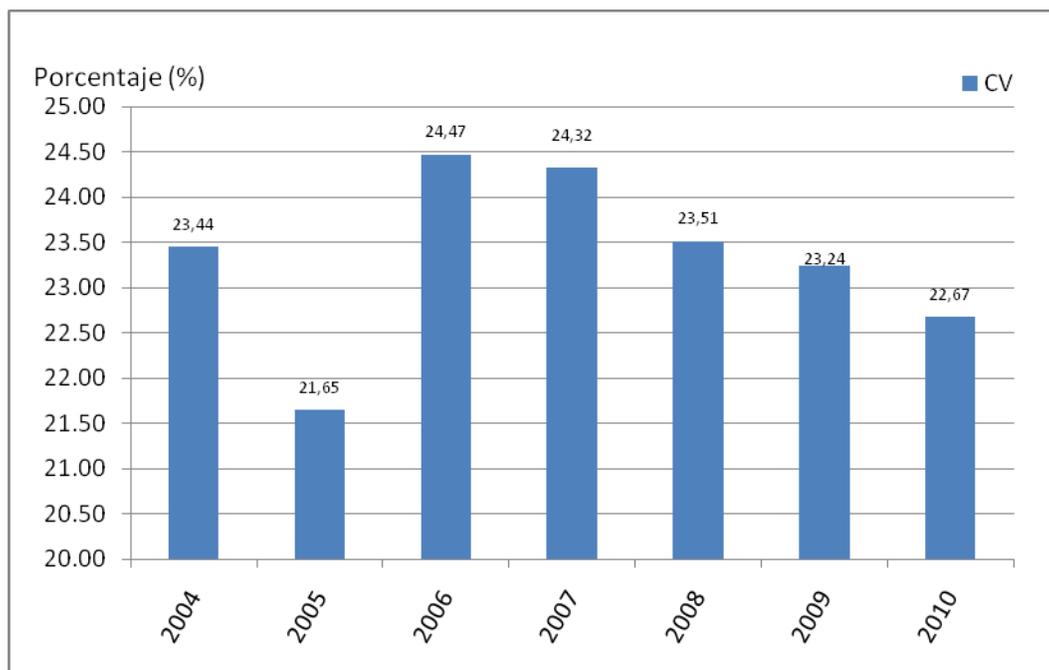


Figura 13: Influencia del año de muestreo sobre el coeficiente de variación.



4.1.5 Influencia de la edad en días sobre el diámetro de fibra, desviación típica y coeficiente de variación.

La influencia de la edad, considerando a un animal con una media general para el sexo, subespecie, color y año de muestreo es de 22,64 μ al primer día de nacido y llegando a los 6 años con una media de 25,93 μ (Figura 14); igualmente la media general de la desviación para una alpaca recién nacida es de 3,40 μ incrementándose en aproximadamente 1 μ durante el tercer y cuarto año de vida y disminuyendo notablemente hasta 2,51 μ a los 6 años de edad (figura 15); respecto al coeficiente de variación la influencia de la edad para una alpaca recién nacida es de 22,70%, igual que en la desviación típica la mayor variación muestran las alpacas entre los 3 y 4 años de edad, disminuyendo ligeramente hasta 23,18% a los 6 años de edad (Figura 16).

Figura 14: Influencia de la edad de muestreo sobre el diámetro de fibra.

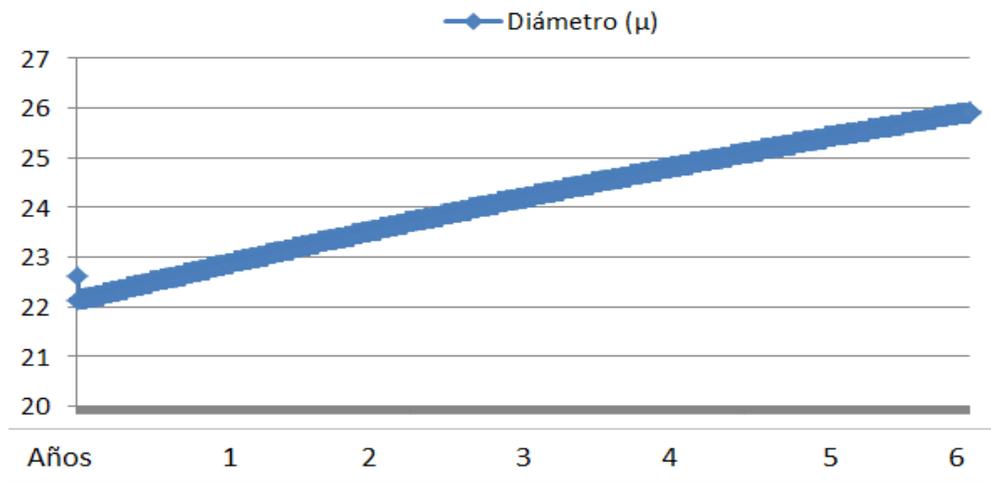


Figura 15: Influencia de la edad de muestreo sobre la desviación típica.

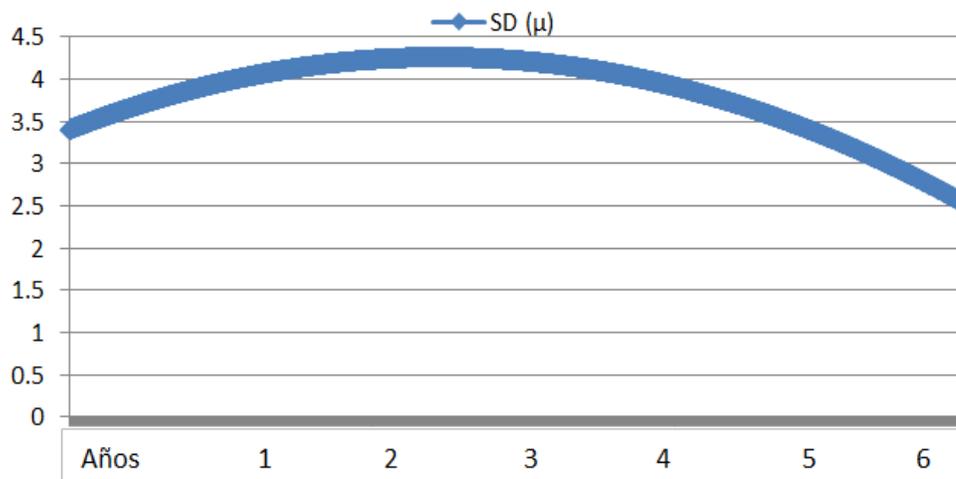
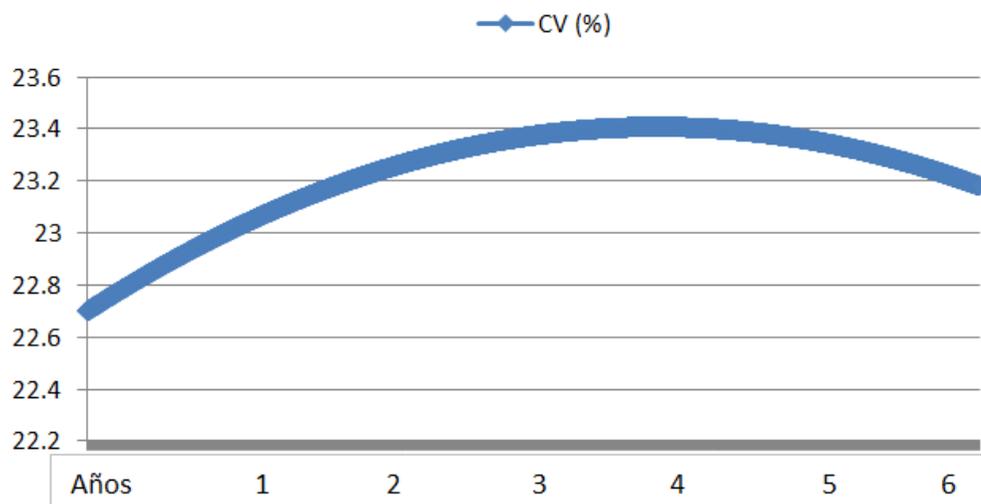


Figura 16: Influencia de la edad de muestreo sobre el coeficiente de variación.



4.2 Resultados obtenidos por metodología Bayesiana

En la Tabla 5 se muestran las medias generales tomadas de la distribución posterior para los parámetros genéticos correspondientes a los caracteres diámetro de fibra, desviación típica y coeficiente de variación. Las estimaciones fueron similares a las encontradas por metodología REML, resultando las heredabilidades algo más elevadas y las correlaciones genéticas menos extremas. A continuación se van a presentar detalladamente cada uno de los parámetros para cada carácter con sus distribuciones posteriores y figuras de su convergencia con la intención de razonar sobre la fiabilidad de los resultados.

Tabla 5: Medias de la distribución posterior de los parámetros

	Diámetro fibra	Desviación Típica	Coef. Variación
h^2 aditiva	0,535	0,716	-0,828
		0,070	-0,242
			0,121
c^2	0,358	0,765	0,667
Repetibilidad (r)	0,893	0,835	0,788

(c^2) Efecto genético asignado a la parte medio ambiental

4.2.1 Heredabilidad del Diámetro de Fibra

La media de la distribución posterior marginal de la heredabilidad para el diámetro de fibra fue de 0,535, con valores extremos Mínimo=0,426 y un Máximo=0,653; con un intervalo del 95% de la distribución posterior de la heredabilidad comprendido entre 0,476 y 0,604 (Figura 18).

La media de la distribución posterior de la heredabilidad del diámetro de fibra obtenida en la Ganadería San Simón es coherente con otros resultados como los estimados por Gutiérrez y col. (2009, 2010), que van desde 0,412 (2009) que incluye ambas subespecies hasta 0,369 y 0,699 (2010) para huacaya y suri respectivamente, o heredabilidades encontradas en Australia y Nueva Zelanda con 0,67 y 0,73 (Wuliji, 2000).

Asimismo la heredabilidad para el diámetro de fibra encontrado está dentro de los intervalos de heredabilidades de otras especies de fibra cuyos valores se estiman en 0,3 a 0,5 para llamas y ovinos (A Mills, 2009-2010 y Frank, 2007).

Las figuras 17 y 18 muestran la distribución posterior, dispersión e intervalo al 95% de la distribución posterior marginal de la heredabilidad para el diámetro de fibra, cuya media es alta de 0,535, lo que sugiere una respuesta esperada alta a la selección para este carácter si se utiliza como criterio de selección. Por otro lado la convergencia del

parámetro después del periodo de “burning” muestra una evolución aceptable lo mismo que para la distribución posterior.

Figura 17: Convergencia de la heredabilidad para el diámetro de fibra.

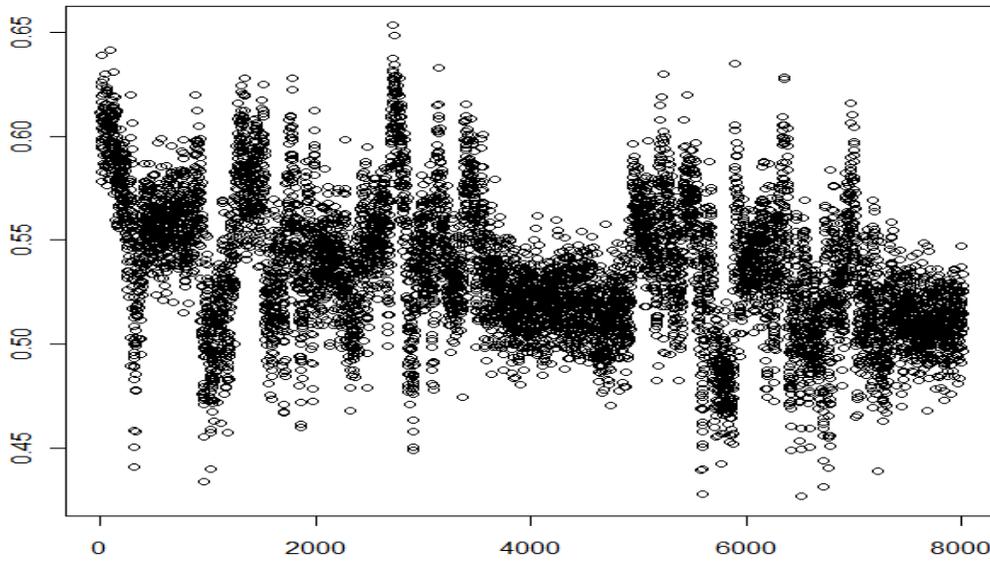
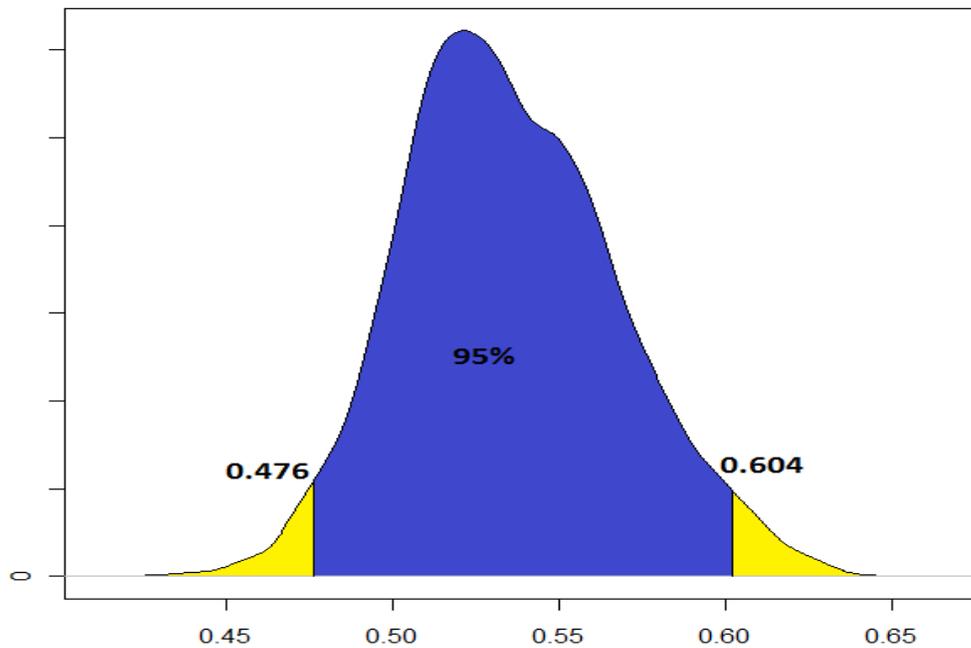


Figura 18: Intervalo al 95% de la distribución posterior marginal de la heredabilidad para el diámetro de fibra.



4.2.2 Heredabilidad de la Desviación Típica

La media de la distribución posterior de la heredabilidad para la desviación típica resultó 0,070, con valores extremos Mínimo =0,010 y un Máximo =0,188, con un intervalo del 95% de la distribución posterior marginal de la heredabilidad comprendido entre 0,018 y 0,160 (figura 20).

Los resultados obtenidos de la media de la heredabilidad para la desviación típica son muy bajos, y difieren de los encontrados por Gutiérrez y col. (2010) que reporta heredabilidades de 0,42 para Huacaya y 0,68 para Suri.

Las figuras 19 y 20 muestran que la convergencia fue muy errática conduciendo a una distribución posterior irregular y multimodal. Esto unido a la baja heredabilidad obtenida en comparación con los resultados previos de otros autores nos sugiere que los datos no aportan información suficiente para estimar bien este parámetro.

Figura 19: Dispersión de los datos de la distribución posterior marginal de heredabilidad para la desviación típica.

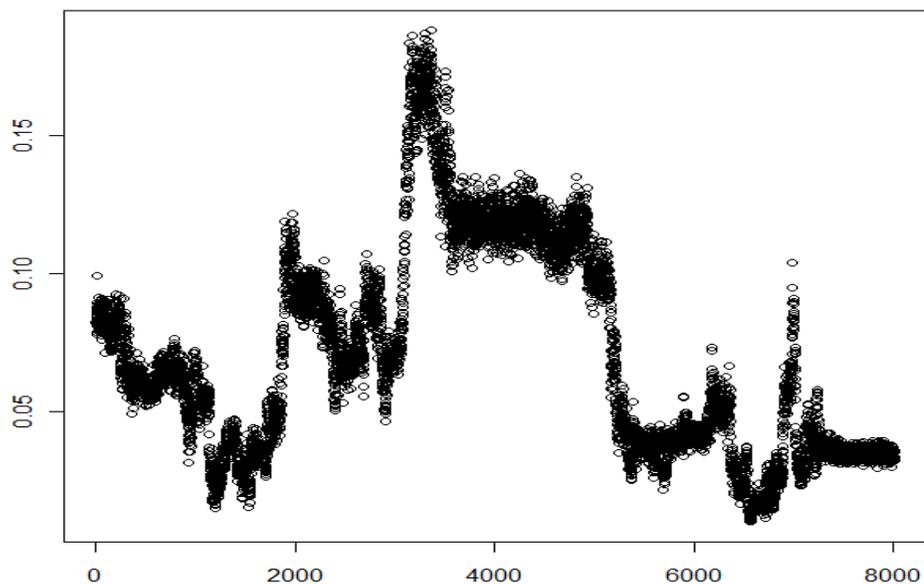
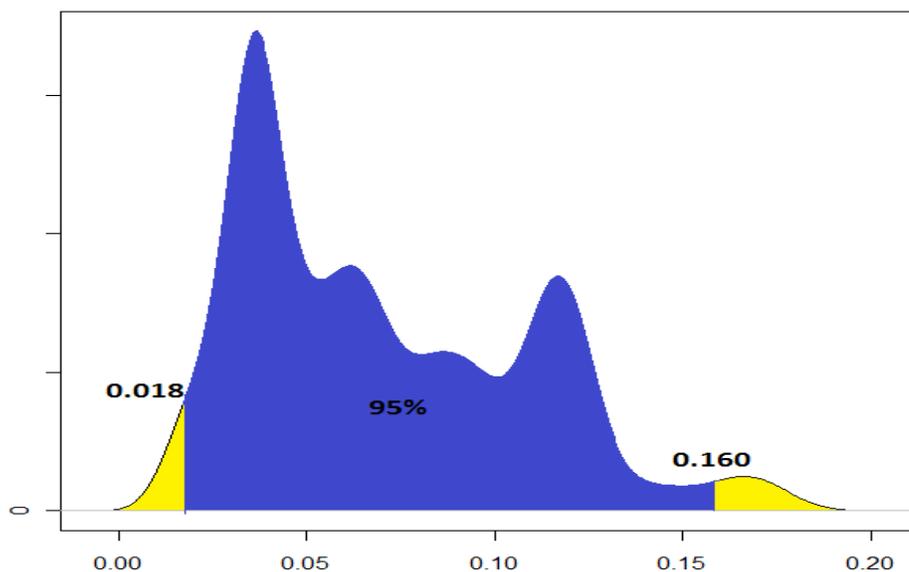


Figura 20: Intervalo al 95% de la distribución posterior marginal de la heredabilidad para la Desviación Típica.



4.2.3 Heredabilidad del Coeficiente de Variación

La media de la distribución posterior marginal de la heredabilidad para el coeficiente de variación del diámetro de fibra fue de 0,121, con valores extremos Mínimo=0,057 y un Máximo=0,216; con un intervalo del 95% de la distribución posterior marginal de la heredabilidad comprendido entre 0,074 y 0,184 (figura 22).

Los resultados obtenidos de la media de la heredabilidad para el coeficiente de variación son más bajos que los encontrados por Gutiérrez y col. (2009) que reporta heredabilidades de 0,321 para alpacas, mientras que en llamas Frank (2007) reporta una heredabilidad de 0,310.

Las figuras 21 y 22 muestran que la convergencia, al igual que en la desviación típica, fue muy errática conduciendo a una distribución posterior irregular. Esto unido a la baja heredabilidad obtenida en comparación con los resultados previos de otros autores (Gutiérrez y col, 2009 y Frank, 2007) nos sugiere que los datos no aportan información

suficiente para estimar bien este parámetro, si bien parece ser algo mejor que en el caso del carácter desviación típica.

Figura 21: Dispersión de los datos de la distribución posterior marginal de heredabilidad para el coeficiente de variación.

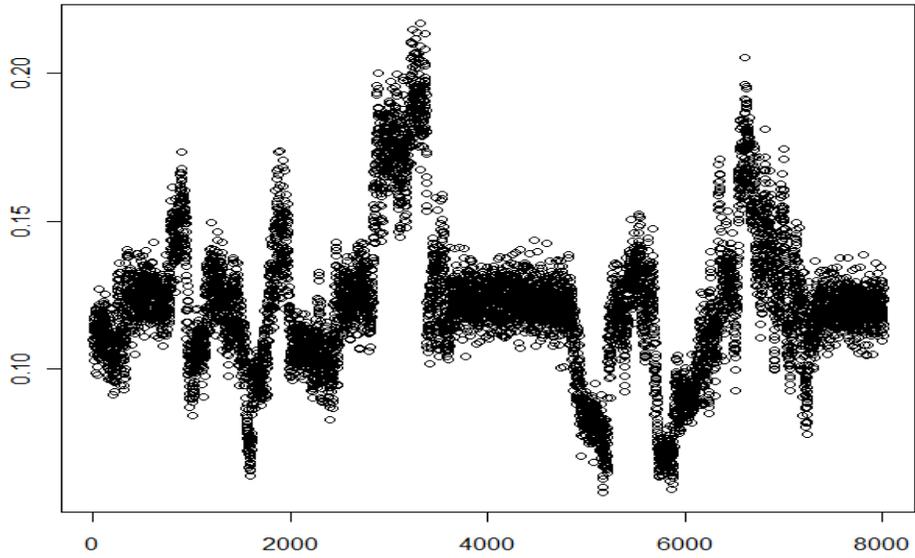
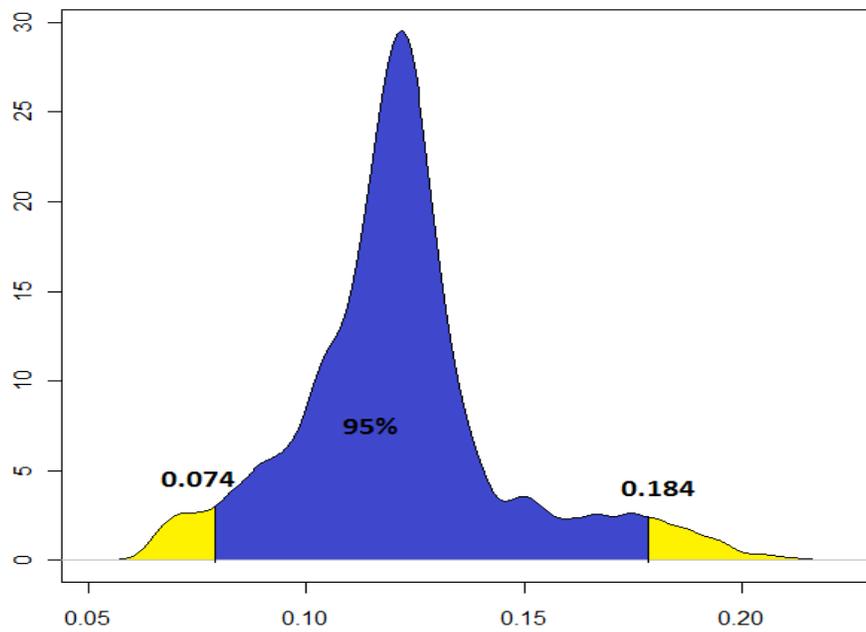


Figura 22: Intervalo al 95% de la distribución posterior marginal de la heredabilidad del coeficiente de variación.



4.2.4 Repetibilidad

La media de la distribución posterior de la repetibilidad para el diámetro de fibra es 0,893, con un intervalo al 95% de la distribución posterior de repetibilidad comprendida entre 0,880 y 0,905 (figura23).

La media de la distribución posterior de la repetibilidad para la desviación típica es 0,835, con un intervalo al 95% de la distribución posterior comprendida entre 0,814 y 0,854 (figura 24).

La media de la distribución posterior de la repetibilidad para el coeficiente de variación es 0,788, con un intervalo al 95% de la distribución posterior comprendida entre 0,763 y 0,812 (figura25).

Figura 23: Distribución posterior de la repetibilidad del diámetro de fibra.

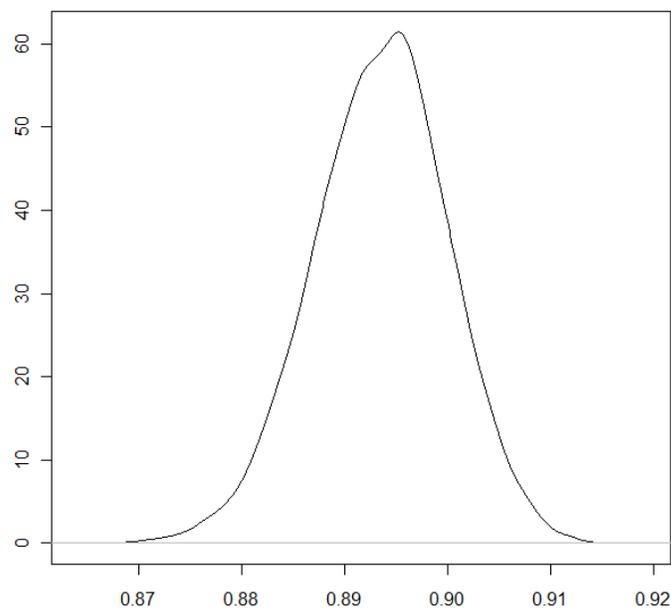


Figura 24: Distribución posterior marginal de la repetibilidad de la desviación típica.

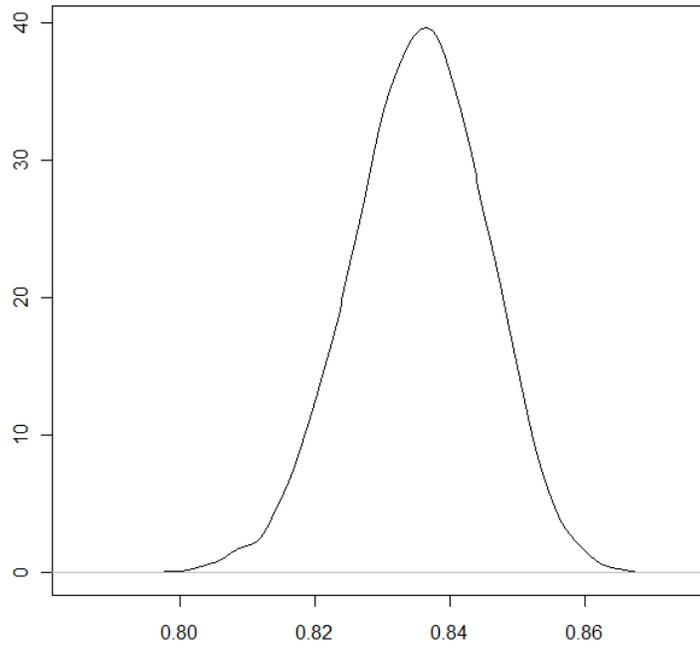


Figura 25: Distribución posterior marginal de la repetibilidad del coeficiente de variación.

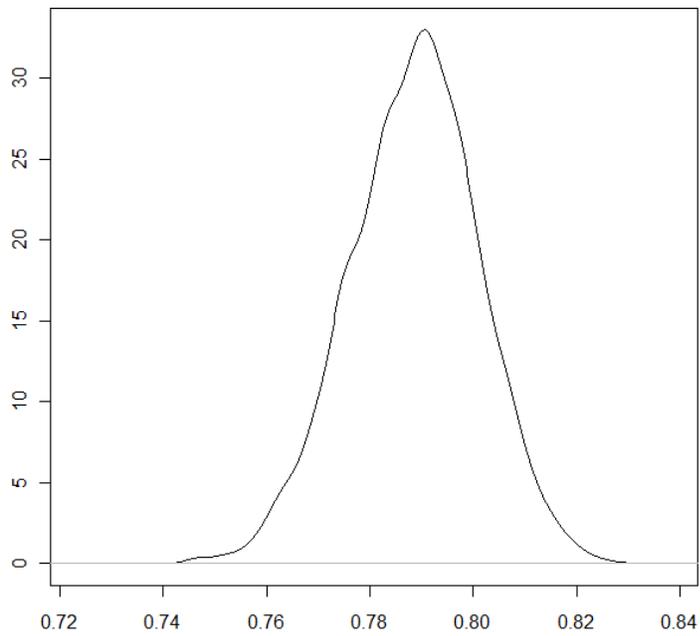
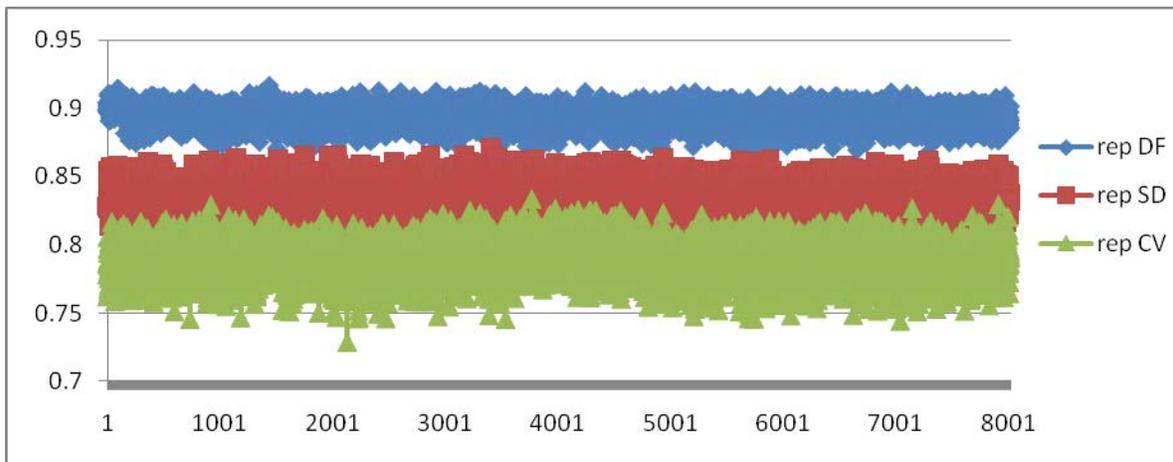


Figura 26: Convergencia de la repetibilidad entre el diámetro de fibra, desviación típica y coeficiente de variación.

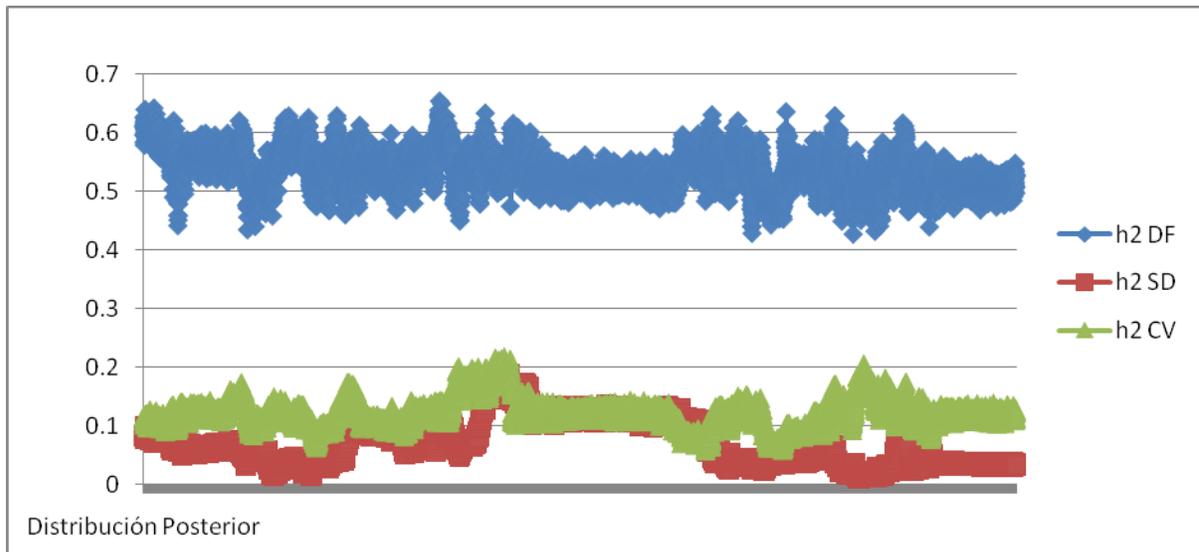


Las distribuciones posteriores de este parámetro (figuras 23, 24 y 25) y su convergencia (figura 26) nos muestran que sus estimaciones resultan fiables. Dado que las componentes de la repetibilidad (las varianzas genética aditiva y ambiental permanente) no se estiman tan bien podemos deducir que la información de pedigrí disponible en la actualidad no permite separar ambas componentes que aparecen finalmente confundidas.

Al representar juntos la convergencia de la heredabilidad del diámetro de fibra, desviación típica y coeficiente de variación se observa que muestra una convergencia aceptable el diámetro de fibra, mientras que la desviación típica y el coeficiente de variación tienen una convergencia muy errática debido a los valores obtenidos para la varianza genética aditiva, asignando la mayor parte de la variación al ambiente permanente, como se observa en la tabla 5 y en la figura 27. La repetibilidad, que presenta una excelente convergencia (figura 26), representa la correlación que hay entre las medidas consecutivas de un mismo animal y en nuestro caso han resultado muy elevadas. Además el valor de la componente permanente sugiere que el efecto puede estar confundido con el genético aditivo y que mejorar la cantidad y calidad de pedigrí

permitirá incrementar la heredabilidad estimada para los dos últimos caracteres con la consecuente mejoría en la respuesta a la selección.

Figura 27: Evolución de datos durante la convergencia de las heredabilidad del diámetro de fibra, desviación típica y coeficiente de variación.



4.2.5 Correlaciones³ genéticas entre los caracteres Diámetro de Fibra, Desviación Típica y Coeficiente de Variación.

La media de la distribución posterior marginal de la correlación genética entre el diámetro de fibra y la desviación típica fue $r_{12}=0,716$, por lo que a medida que durante la selección se intente disminuir el diámetro de fibra, la desviación típica también disminuirá por tener una correlación positiva muy alta, lo que supone un cambio en el sentido favorable del carácter. En cambio la correlación genética entre el diámetro de fibra y el coeficiente de variación fue $r_{13}= -0,828$ y la correlación genética entre la desviación típica y el coeficiente de variación fue $r_{23}= -0,242$, siendo en este caso su valor mucho menos extremo que el obtenido usando metodología Frecuentista. Tal como se muestran en la tabla 5, 6 y figura 28, la convergencia de las correlaciones genéticas muestra una evolución muy errática, teniendo incluso como en r_{23} correlaciones positivas, lo que

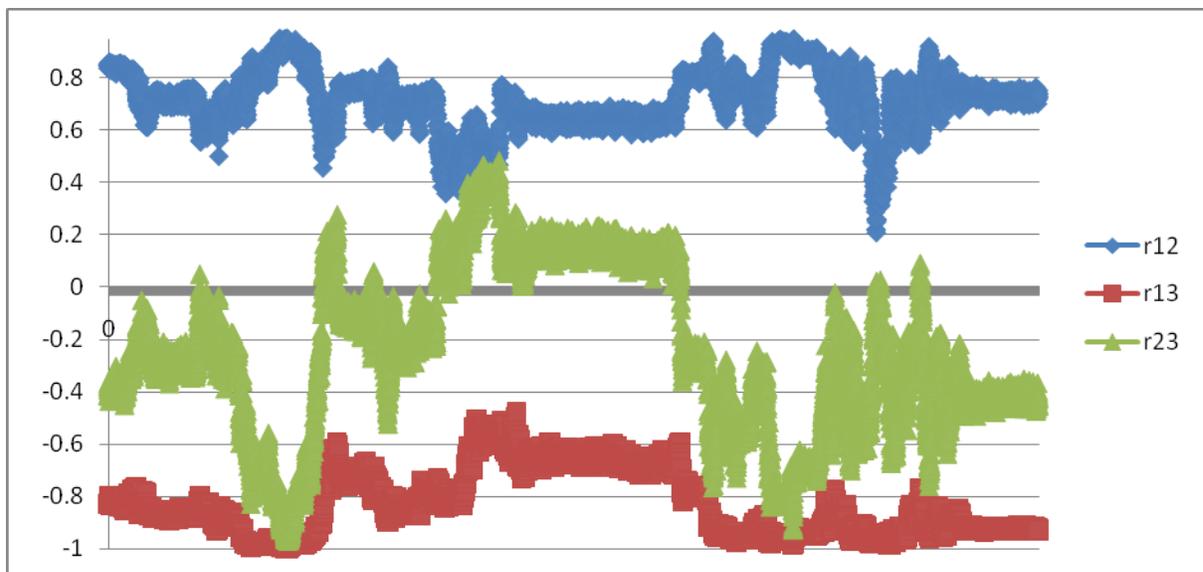
³ La correlación denominada con la letra "r", sub índice: 1= Diámetro de Fibra, 2= Desviación Típica y 3= Coeficiente de Variación.

indicaría que los datos de la desviación típica y el coeficiente de variación no aportan información suficiente para la estimación de estos parámetros.

Tabla 6: Medias (y desviaciones típicas) de la distribución posterior de las heredabilidades y de los parámetros estimados por metodología Bayesiana.

	Medias (h^2)	sd.	cv. (%)
DF	0,535	0.032	6.04
SD	0,070	0.038	54.28
CV	0,121	0.024	20.02

Figura 28: Convergencia la correlación genética entre el diámetro de fibra, desviación típica y el coeficiente de variación.



El diámetro de fibra y la desviación típica resultaron correlacionados positivamente de acuerdo con los resultados encontrados por Cervantes y col. (2010), que reportan una correlación de 0,719 y 0,750 para Huacaya y Suri respectivamente, y Gutiérrez J.P. (2010) que reporta una correlación de 0,669 para ambas subespecies.

La correlación genética entre el diámetro de fibra y el coeficiente de variación resultó negativa de valor $-0,828$ para la Ganadería San Simón S.A. difiriendo de los encontrados por Gutierrez y col. (2009) que reportan $0,032$ y $-0,027$ para ambas subespecies (Gutierrez, J.P. 2010). Asimismo Cervantes y col. (2010) reportan una correlación positiva baja de $0,094$ y $0,087$ para Huacaya y Suri. Obviamente el valor de la correlación genética obtenida aquí resulta de dudoso valor a la vista de la convergencia y distribuciones posteriores obtenidas (Figura 27 y 28).

Asimismo la correlación genética entre la desviación típica y el coeficiente de variación encontrados para la Ganadera San Simón difieren de los encontrados por Cervantes y Col. (2010) que reportan una correlación de $0,751$ y $0,719$ para Huacaya y Suri respectivamente.

Si bien la heredabilidades y correlaciones genéticas encontradas en la Ganadería San Simón y Pacamarca para el diámetro de fibra y desviación típica son congruentes, las diferencias encontradas pueden explicarse por las diferencias en la toma de datos y al análisis del micronaje que reportan los sistemas de medición como el OFDA 100 y el Sirolan Laser Scan lo que supone un incremento de la varianza de los datos no explicada en el modelo.

4.2.6 Influencia de los efectos sistemáticos sobre el diámetro de fibra

Procediendo de la misma forma que en el análisis Frecuentista, se consideró la media general de la distribución posterior marginal para el diámetro de fibra esta sería de $22,78 \mu$.

En la figura 29 se muestra que el sexo tendría una influencia muy pequeña sobre el carácter, mostrando que las hembras poseen un diámetro de $0,12 \mu$ menos que los machos; este efecto pequeño del sexo sobre el diámetro es congruente con los trabajos encontrados por Villarroel, J. (1959), Estrada, J. (1987) y Melo, C. (2007) y con los resultados obtenidos en un capítulo previo con estos mismos datos bajo metodología

frecuentista. El resto de resultados para los efectos sistemáticos, que se presentan a continuación, son igualmente concordantes con lo obtenido previamente.

Por otro lado el efecto de los colores sobre el diámetro de fibra muestra que, el color Gris posee $2,53 \mu$ menos que el promedio general, mientras que los otros colores muestran un ligero incremento del diámetro de la siguiente manera: negro $+0,76$, marrón $+0,75$, LF $+0,35$ y blanco $+0,67 \mu$ respecto a la media general (figura 30). Esta diferencia sobresaliente con respecto al color Gris, puede explicarse por el pequeño número de datos de este color en los datos (17 análisis de muestras), ya que al ser considerado “exótico” su población es pequeña y su adquisición dificultosa.

En tanto el efecto de la subespecie dentro de la Ganadería San Simón para el diámetro de fibra tiene un efecto pequeño donde la Huacaya tiene $0,26 \mu$ de diámetro menos que la Suri (figura 31), esto es similar a los encontrados por Gutiérrez, J.P. y Col. (2009) que reporta una diferencia de $1,74 \mu$ menos de la Huacaya respecto la Suri.

Asimismo el efecto de los años muestra que los tres primeros tienen un promedio por debajo de la media general, $0,15$, $0,57$ para los años 2004 y 2006 respectivamente mientras que el 2005 se tiene el menor diámetro de fibra con $2,99 \mu$ por debajo de la media, y a partir del 2007 el diámetro se incrementó en $0,06$, y $0,68$ para el año 2008, $1,34$ para el 2009 y $1,64$ para el año 2010 (figura 32), esto sugiere que el criterio de selección utilizado durante este proceso no ha sido el adecuado (peso y diámetro) si se quiere disminuir el diámetro de fibra, lo que es corroborado con el trabajo presentado por Gutiérrez y col. (2009) donde reportan una correlación positiva entre el peso del vellón sin grasa y el diámetro de fibra de $0,405 \pm 0,081$. Por otro lado probablemente pueda tener influencia la mejora en las condiciones ambientales procedentes de un mejor manejo.

Figura 29: Influencia del sexo sobre el diámetro de fibra.

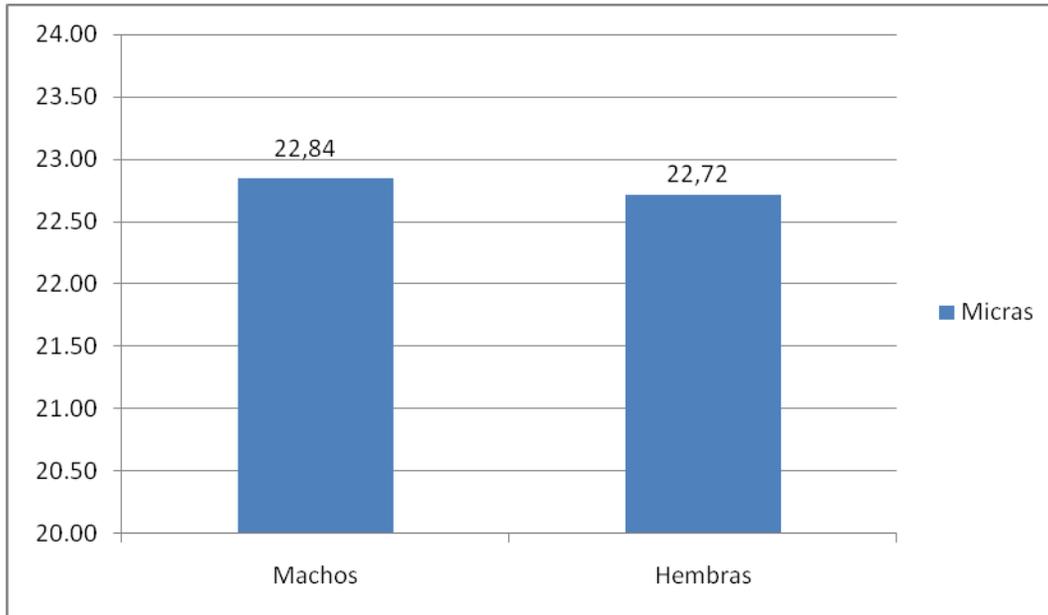


Figura 30: Influencia del color de la capa sobre el diámetro de fibra.

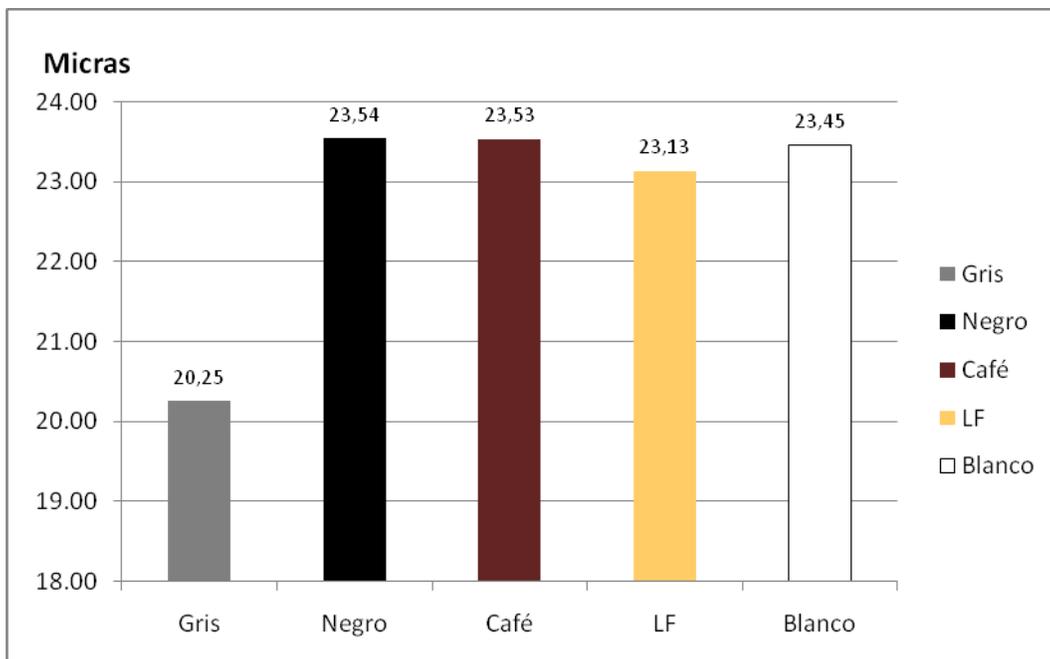


Figura 31: Influencia de la subespecie sobre el diámetro de fibra.

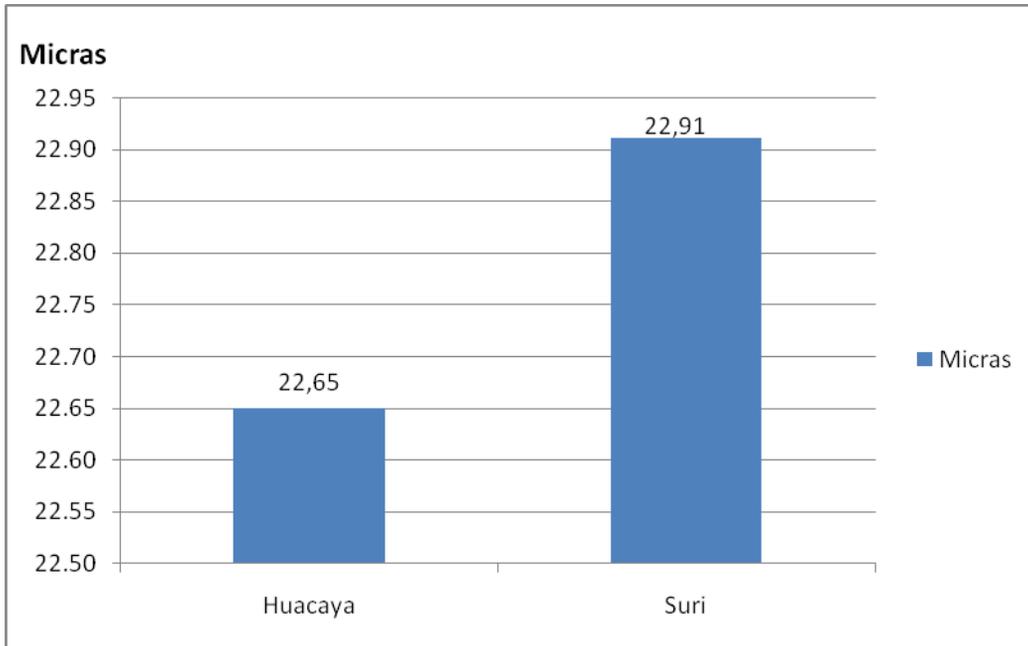
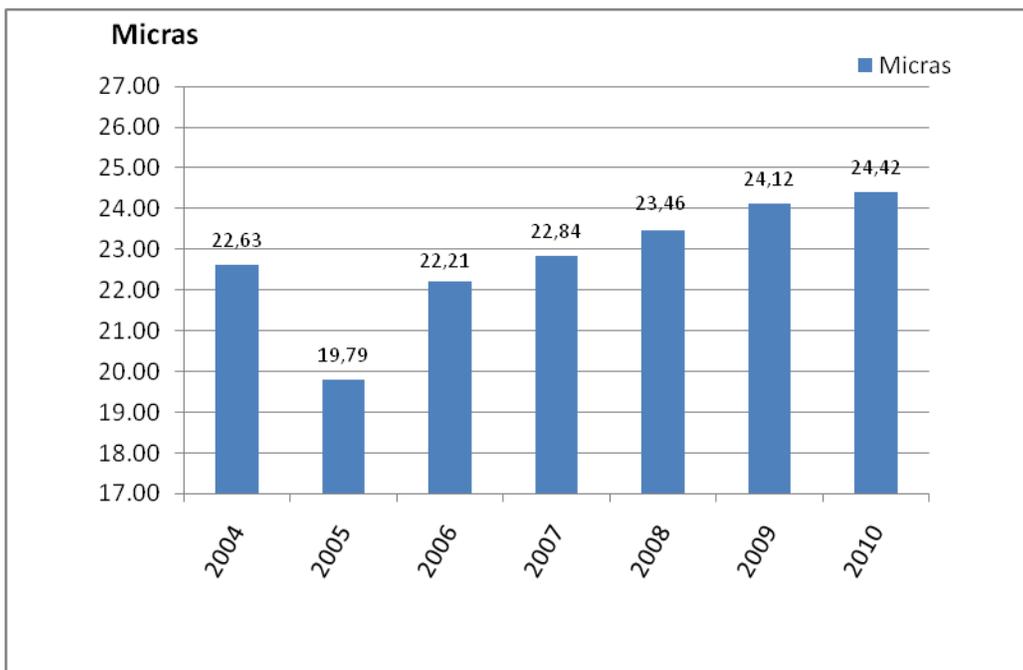


Figura 32: Influencia del año de muestreo sobre el diámetro de fibra.



4.2.7 Influencia de los efectos sobre la desviación típica

Procediendo como en el carácter anterior se consideró una media general de la distribución posterior marginal para la desviación típica de $5,23 \mu$, en donde el sexo tendría una influencia muy pequeña sobre este carácter, mostrando que las hembras poseen una desviación típica de $0,070 \mu$ menos que los machos (figura 33); lo que es corroborado con los trabajos encontrados por Villarroel, J. (1959), Estrada, J. (1987) y Melo, C. (2007). Asimismo, la influencia de los colores muestra que el color gris tiene $0,26 \mu$ por debajo de la media general, mientras colores como el negro, café, LF y Blanco muestran $0,02$, $0,01$, $0,07$ y $0,14 \mu$ por encima de la media general respectivamente (figura 34). Por otro lado la diferencia entre subespecies, Huacaya y Suri de $0,25 \mu$, indica una diferencia irrelevante (figura35). De igual forma los datos muestran que durante los años 2004 y 2005 la desviación típica se encuentra por debajo de la media general en $0,07$ y $0,94 \mu$, en cambio del 2006 al 2010 esta sube en $0,16$, $0,26$, $0,18$, $0,23$ y $0,16 \mu$ respectivamente (figura 36). Nuevamente las conclusiones son muy similares a las obtenidas bajo la óptica Frecuentista.

Figura 33: Influencia del sexo sobre la desviación típica.

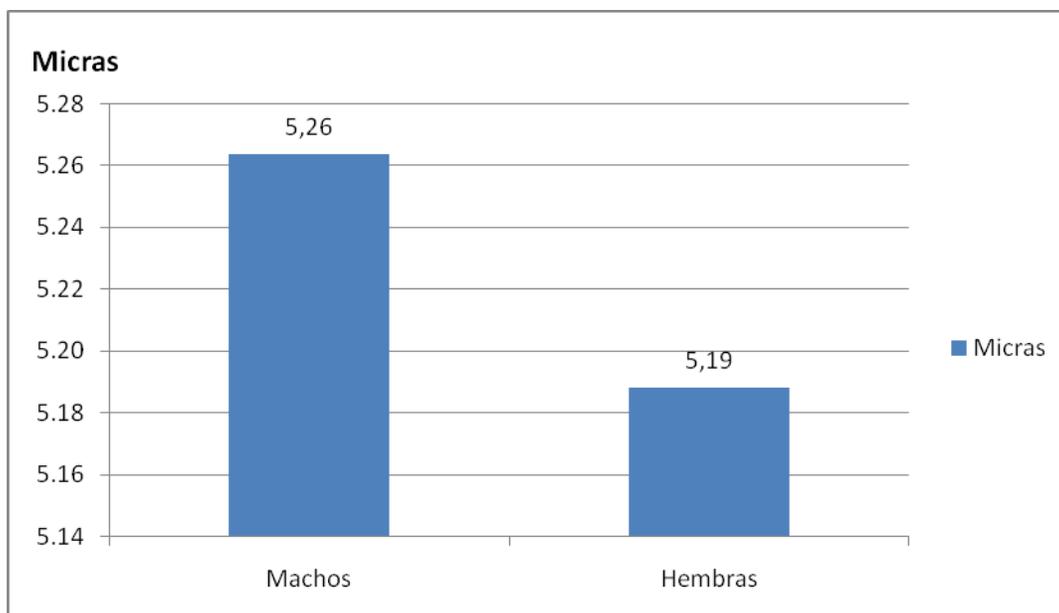


Figura 34: Influencia del color de la capa sobre la desviación típica.

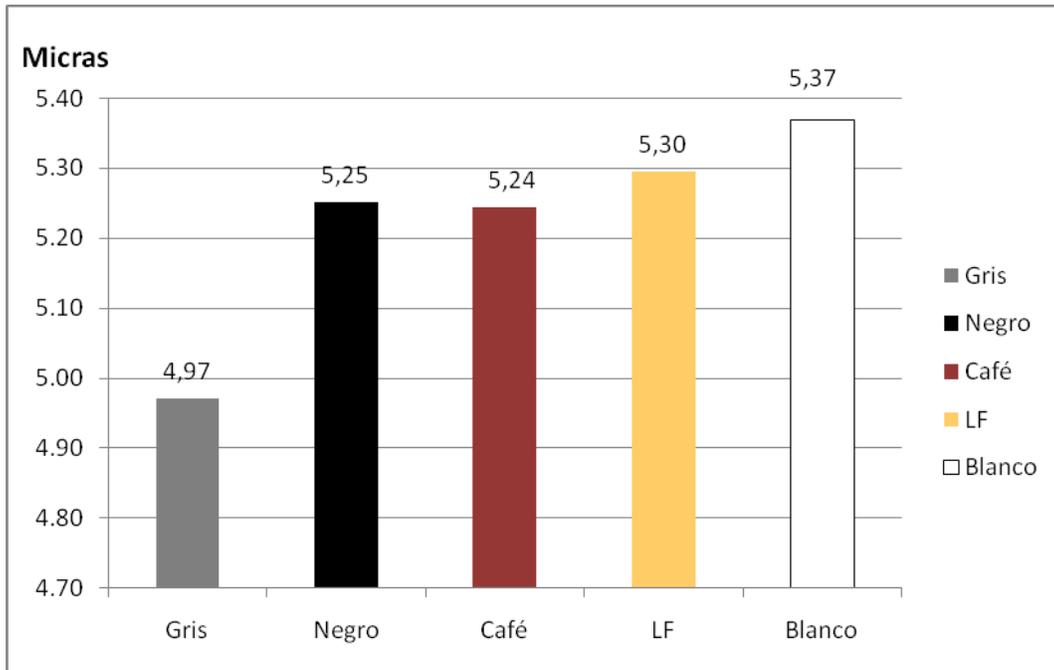


Figura 35: Influencia de la subespecie sobre la desviación típica.

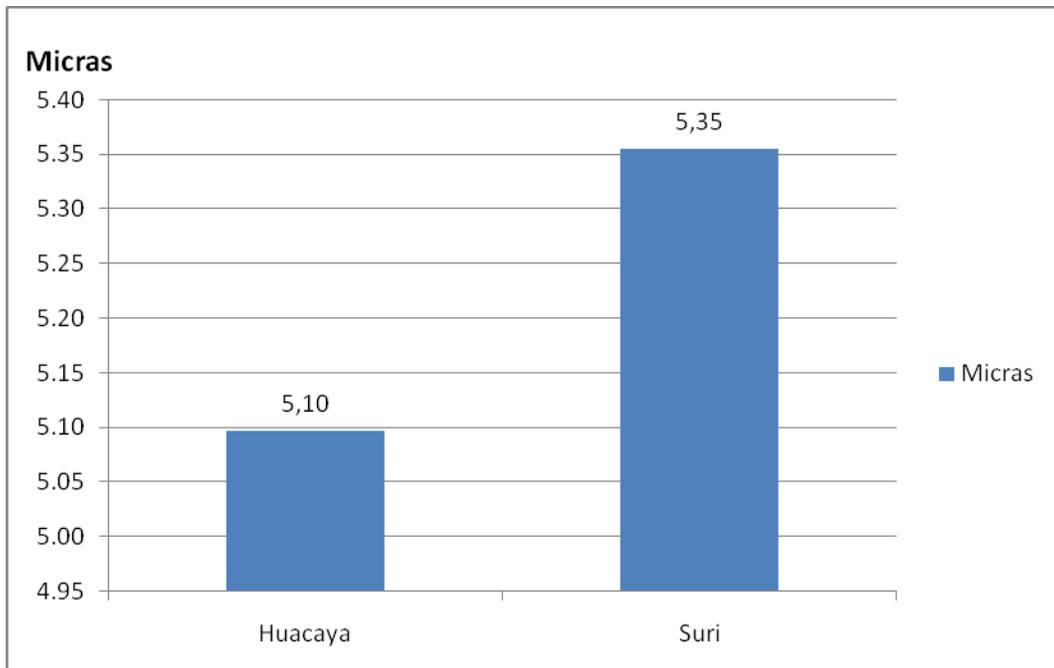
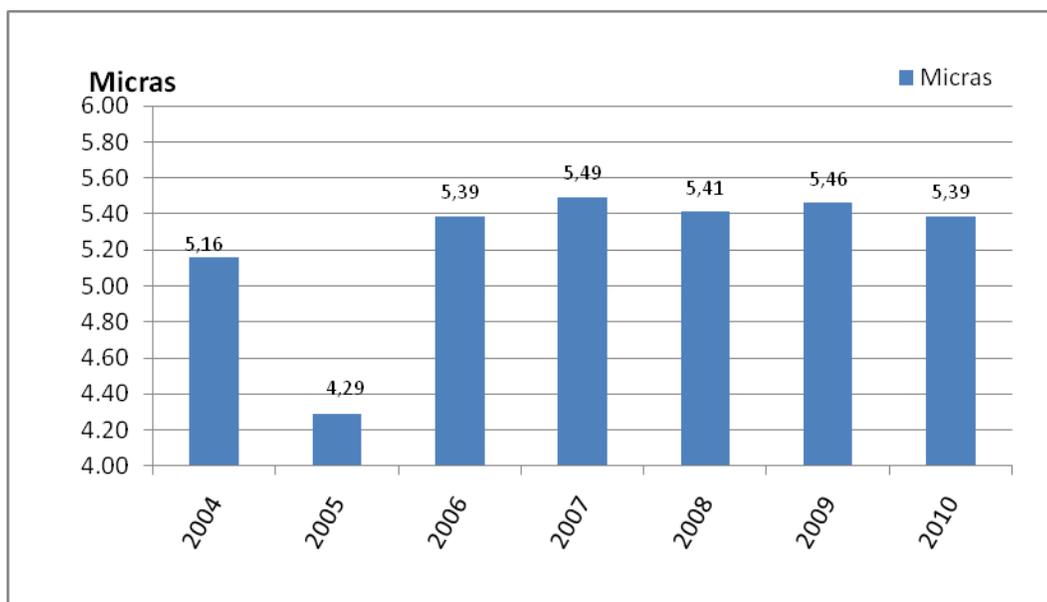


Figura 36: Influencia del año de muestreo sobre la desviación típica.



4.2.8 Influencia de los efectos sobre el carácter Coeficiente de Variación

Si se considera procediendo como en los casos anteriores una media general de la distribución posterior marginal para el coeficiente de variación esta es de 22,99 %, el sexo tendría una influencia irrelevante de 0,19 % de las hembras respecto a los machos (figura 37), mientras que a nivel del color de la capa el color gris tendría 1,59 % por encima de la media general, mientras que el negro, café, LF, blanco tendrían una diferencia muy pequeña de 0,78, 0,64, 0,13 y 0,03% respectivamente (figura 38). Asimismo el efecto de la subespecie es irrelevante 0,85% de la Huacaya menos que la Suri (figura 39). Por otro lado el efecto del año muestra que no tiene un efecto relevante sobre el coeficiente de variación ya que solo durante el año 2005 se muestra una diferencia de 1,6 % menos que

la media general, mientras que durante los años 2006, 2007 y 2008 el coeficiente de variación se incrementó en 1,23, 1,09 y 0,26% sobre la media general, disminuyendo nuevamente durante los años 2009 y 2010 (figura 40).

Figura 37: Influencia del sexo sobre el coeficiente de variación.

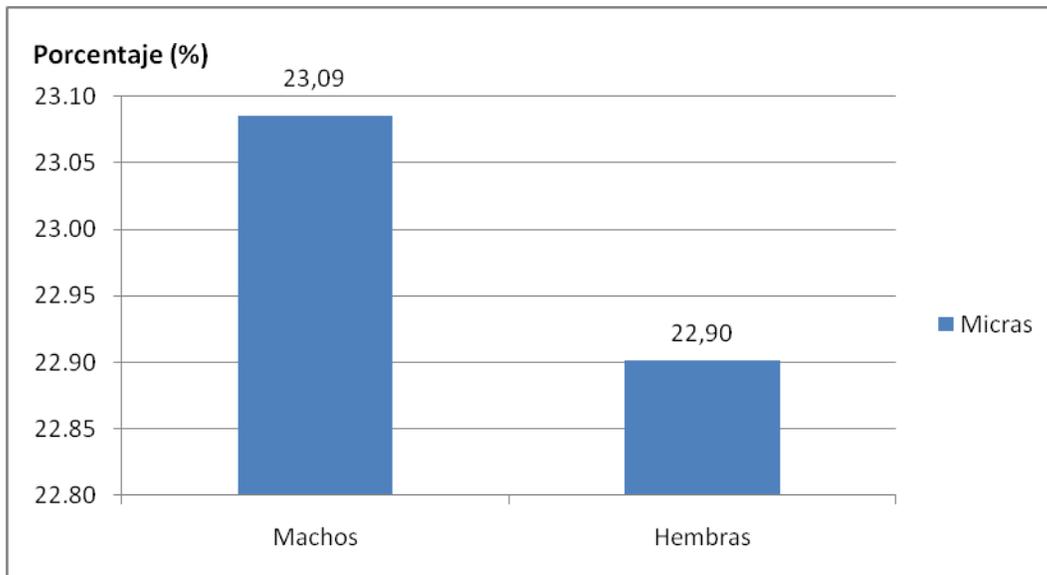


Figura 38: Influencia del color de la capa sobre el coeficiente de variación.

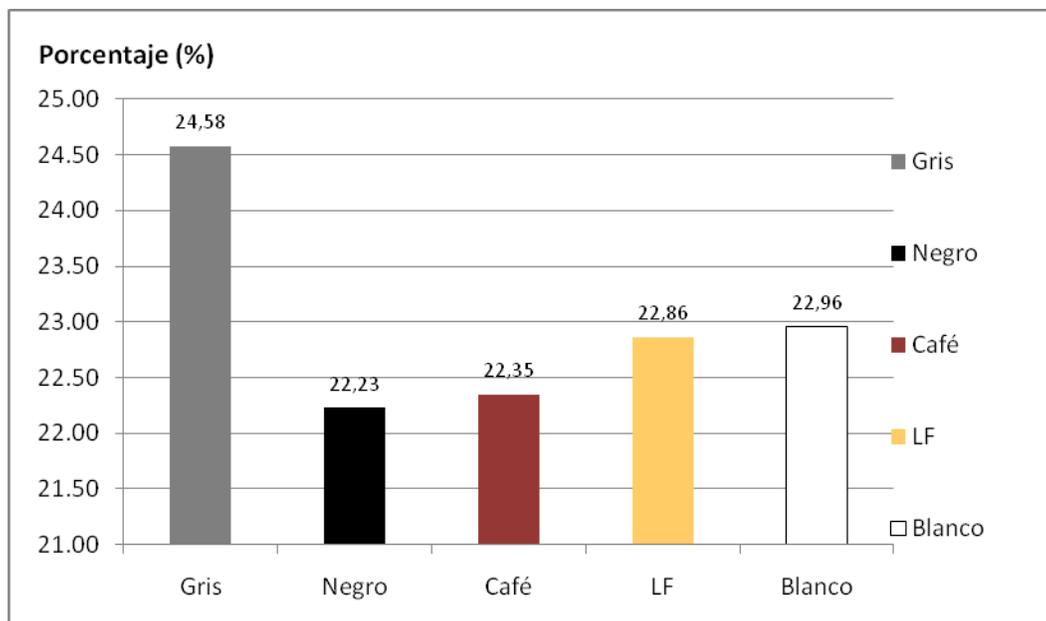


Figura 39: Influencia de la subespecie sobre el coeficiente de variación.

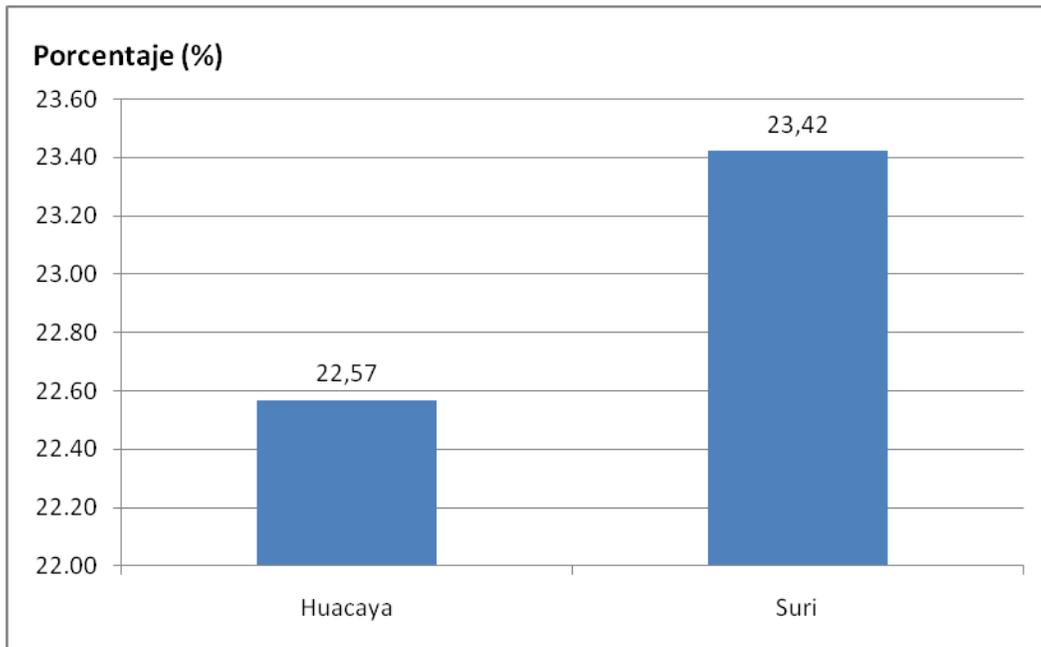
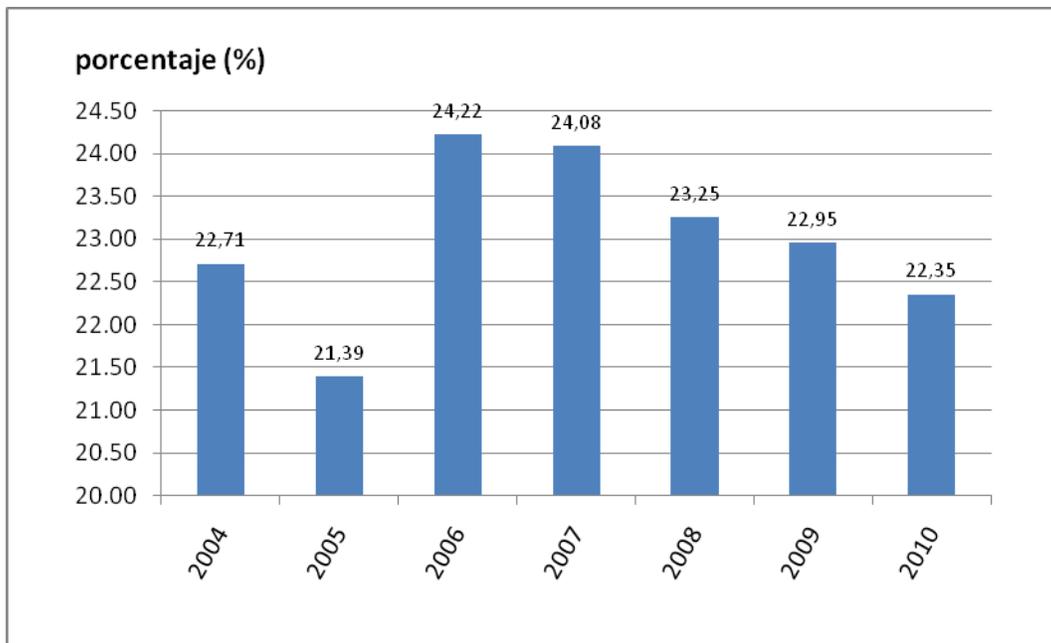


Figura 40: Influencia del año de muestreo sobre el coeficiente de variación.



Capítulo V

CONCLUSIONES

1. Las heredabilidades estimadas fueron alta para el diámetro de fibra y bajas para la desviación típica y el coeficiente de variación, mostrando que la selección sería especialmente eficaz para el primero de estos caracteres.
2. Las correlaciones genéticas muestra que existe una correlación positiva alta para el diámetro de fibra y la desviación típica, mientras que los datos muestran una correlación negativa alta para el diámetro de fibra y el coeficiente de variación y una correlación negativa media para la desviación típica y el coeficiente de variación, aunque sólo la primera de las correlaciones parece estimada de forma razonablemente robusta.
3. Los efectos sobre el diámetro de fibra son irrelevantes para el sexo y la subespecie. Respecto a los colores solamente el gris mostró 2,53 μ menos en relación a la media general. El efecto del año muestra que a partir del 2005 al 2010 la fibra se ha ido engrosando, probablemente por una mejora en las condiciones ambientales procedentes de un mejor manejo y también por un inadecuado criterio de selección hasta entonces.
4. El efecto del sexo, color de la capa, subespecie, y año fue irrelevante sobre la desviación típica.
5. Los efectos sobre el coeficiente de variación indican que ni el sexo ni la subespecie poseen una influencia relevante sobre este carácter. Asimismo el efecto del color de la capa muestra que solamente el gris presenta 1.59% de variabilidad más respecto a la media general. Respecto a la influencia del año solamente el 2005 presenta un 1.6% menos respecto a la media general.

6. La repetibilidad resultó elevada en los tres caracteres (DF, SD y CV) aunque en los dos últimos no podemos separar la parte común a los datos que se debe a la genética o al ambiente permanente.
7. Los resultados de este trabajo han permitido aclarar que el criterio de selección que se venía aplicando (peso de vellón y diámetro de fibra) no ha sido el adecuado, el cual en vez de ir disminuyendo el diámetro lo ha ido incrementando a lo largo de los años.

SUGERENCIAS

1. Utilizar aretes con numeración correlativa para evitar duplicidad en el sexo.
2. Enriquecer el registro de pedigrí, para utilizar otros modelos y métodos de estima de parámetros genéticos.
3. Utilizar el diámetro de fibra directamente como criterio de selección en un Plan de Mejora para alpacas.

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Amills, M. 2009.** Mejora genética en ovino y caprino Marcel Amills Producción ovina y caprina. Universidad Autónoma de Barcelona. España.
2. **Antonini, M. 2010.** Conclusiones del III Simposium Internacional de Investigaciones sobre Camélidos, Arequipa – Perú.
3. **Ayala Paniura JE y Chávez Cossio JF. 2006.** Mejoramiento Genético de la fibra de alpaca Huacaya mediante una estrategia de capacitación y fortalecimiento institucional de productores. Presentation al Technical Workshop to define breeding strategies for south american camelids IAEA, Lima Perú.
4. **Baychelier, P. 2000.** Suri and Huacaya: Two Alleles or Two Genes? Proc. Australian Alpaca Ass. Nat. Conf., Camberra, Australia. 79-85.
5. **Cabrera A. 1932.** Sobre los camélidos fósiles y actuales de la América austral. *Revista del Museo de la Plata* **33**: 89-117.
6. **Carpio M. 1991.** Aspectos tecnológicos de la fibra de los camélidos Andinos. In: Novoa C, Florez A, eds. Producción de rumiantes menores: Alpacas. Lima: RESUMEN, 297-359.
7. **Cervantes, I., Pérez-Cabal, M.A., Morante, R., Burgos, A., Salgado, C., Nieto, B., Goyache, F., Gutiérrez, J.P. 2010.** Genetic parameters and relationships between fibre and type traits in two breeds of Peruvian alpacas. *Small Ruminant Research*, **88**:6-11.
8. **Cid, M. 2010.** Sanidad en alpacas en la etapa neonatal “por Jane Wheeler, Clasificación de las alpacas dentro de los camélidos sudamericanos”. Manual para estudiantes y profesionales de veterinaria. Pág. 19-26. Editorial Complutense S.A. España.
9. **DESCOSUR, 2010.** Desarrollo de Competencias en buenas prácticas de esquila y valor agregado de fibra de alpaca, Manual Técnico. Perú.

10. **Elvira, M. 2000.** Usos y Aplicaciones del Instrumento de medición de Finura OFDA 2000, Laboratorio de Lanass Rawson Convenio INTA – Gobierno de la Provincia de Chubut – Argentina.
11. **Escobar Calle, R. 1984.** Animal Breeding and Production of American Camelids. Ron Hennig - Patience, Lima, Peru.
12. **Espinoza, J.R. 2009.** Uso de marcadores genéticos de ADN en el mejoramiento genético de la alpaca. INCAGRO en convenio con la Universidad Cayetano Heredia, Perú.
13. **Frank, E.N. y Col. 2007.** Heredabilidades, correlaciones fenotípicas, correlaciones genéticas y repetibilidades de variables productivas en llamas argentinas. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
14. **Frank E.N., Hick M.V.H., Gauna C.D., Lamas H.E., Reniere C., Antonini M., 2006.** Phenotypic and genetic description of fibre traits in South American domestic camelids (llamas and alpacas). Small Ruminant Research. 61, 113-129.
15. **Franklin VM. 1982.** Biology, Ecology, and Relationship to Man of the South American Camelids. In: Mares MA, Genoways HH, eds. *Mammalian Biolog* in South America. Linesville, Pymatuning Laboratory of Ecology Special Publication 6, University of Pittsburgh, 457-489.
16. **García, X. 1980.** Mejoramiento genético de ovinos. Publicación docente. Universidad de Chile, Facultad de Agronomía. (6): 70.
17. **Groeneveld, E., 1997.** VCE package.
18. **Gutierrez, J.P. 2010.** Iniciación a la valoración genética animal. Metodología adaptada al EEES. 1ra edición, UCM, Editorial Complutense S.A. España.
19. **Gutiérrez, J.P., Goyache, F., Burgos, A. y Cervantes, I. 2009.** Genetic analysis of six production traits in Peruvian alpacas. Livestock Science, 123: 193-197.
20. **INDECOPI. 2005.** Catálogo de Normas Técnicas Peruanas Textiles, Serie N° 2. "Reporte Especial para PYMES", Lima. Perú.
21. **Kadwell, M., Fernández, M., Stanley, H.F., Baldi, R., Wheeler, J.C., Rosadio, R. and Bruford. M.W. 2001.** Genetic analysis reveals the wild ancestors

- of the llama and the alpaca. The Royal Society. Proc. R. Soc. Lond. B (2001) 268, 2575-2584.
22. **Legarra A., Varona, L. y López, E. 2008.** Manual "Threshold Model".
23. **León, E. 2004.** Métodos de Estimación de Componentes de Varianza, una reseña histórica, Revista Computadorizada de Producción Porcina Vol. 11 No. 1, La Habana, Cuba.
24. **Leqque, E. 2009.** Estándar Racial en el juzgamiento de Alpacas. Consejo Nacional de Camélidos Sudamericanos (CONACS).
25. **López Aranguren DJ. 1930.** Camélidos fósiles argentinos. Anales de la Sociedad Científica Argentina (Buenos Aires) 109: 15-35, 97-126.
26. **Melo, C. 2009.** Análisis de la diversidad mitocondrial de alpacas en nueve zonas del sur de Perú.
27. **Pérez-Cabal, M.A., Cervantes, I., Morante, R., Burgos, A., Goyache, F., Gutiérrez, J.P. 2010.** Analysis of the existence of major genes affecting alpaca fiber traits. Journal of Animal Science, 88: 3783-3788.
28. **Ponzoni, R.W., Hubbard, D.J., Kenyon, R.V., Tuckwell, C.D., McGregor, B.A., Howse, A., Carmichael, I., Judson, G.J. 1997.** Phenotypes Resulting From Huacaya by Huacaya, Suri by Huacaya and Suri by Suri Alpaca Crossings. Proc. Int. Seminar on Alpaca Industry, Sydney, Australia 11-13.
29. **Ponzoni R.W., Grimson R.J., Hill J.A., Hubbard D.J., McGregor B.A., Howse A., Carmichael I. y Judson G.J. 1999.** The inheritance of and association among some production traits in young Australian alpacas. Proc. Australian Association Advancement of Animal Breeding and Genetics. Vol. 13, pp. 468-471.
30. **Presciuttini, S., Valbonesi, A., Apaza, N., Antonini, M., Huanca, T. and Renieri, C. 2010.** Fleece variation in alpaca (*Vicugna pacos*): a two-locus model for the Suri/Huacaya phenotype. BMC Genetic 2010 Jul 20;11:70.
31. **R Development Core Team, 2010.** <http://cran.r-project.org/>
32. **Ramirez, L., Egaña, B. 2003.** Guía de Conceptos de Genética Cuantitativa. Departamento de Producción Agraria, Universidad Pública de Navarra. España.

33. **Renieri, C., Frank, E.N., Rosati, A.Y. y Antonini, M. 2009.** Definición de Razas en Llamas y Alpacas. *Animal Genetic Resources Information*. Pág.45, 45-54.
34. **Renieri, C., Valbonesi, A., La Manna, V., Antonini, M. and Asparrin, M. 2009.** Inheritance of Suri and Huacaya type of fleece in Alpaca. *Ital. J. Animal Science* 2009, 8:83-91.
35. **Smith, B.J., 2008.** Bayesian Output Analysis Program (BOA) for MCMC, version 1.1.7-2.
36. **Torres H. ed., 1992.** South American Camelids An ActionPlan for their Conservation. Gland: IUCN.
37. **Valera, M., Arrebola, F., Molina, A., Rodero, A., Arajas, F., Ambrona, J., Peña, F., Herrera, M. y Rodero, E. 2007.** Caracterización Genética de la Lana en la Raza Merino Español.
38. **Velasco, J. 1980.** Mejoramiento Genético de Alpacas. Anales III Reunión Científica Animal, Sociedad Peruana de Producción Animal, Lima – Perú.
39. **Velita, F. 2007.** Estimación de los costos económicos de la producción de fibra de alpaca, Facultad de Ciencias Administrativas y Recursos Humanos, Universidad San Martín de Porres. Perú.
40. **VILLARROEL, J. 1959.** A study of alpaca fibers, Thesis, University of New South Wales Australia.
41. **Wuliji, T., Davis G.H., Dodds K.G., Turner P.R., Andrews R.N. y Bruce G.D. 2000.** Production performance, repeatability and heritability estimates for live weight, fleece weight and fiber characteristics of alpacas in New Zealand. *Small Ruminant Research* 37, 189-201.

ANEXOS

Anexo 1: Alpacas de la subespecie Huacaya (arriba), y Suri (Abajo).

