

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POST GRADO
PROGRAMA DE DOCTORADO EN
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE



EXPRESIÓN FENOTÍPICA DEL COLOR DE
FIBRA EN ALPACAS (*Vicugna pacos* Linneaus)
EN EL ALTIPLANO PERUANO

TESIS

PRESENTADA POR :

ROBERTO FLORO GALLEGOS ACERO

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTORIS SCIENTIAE:
EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE



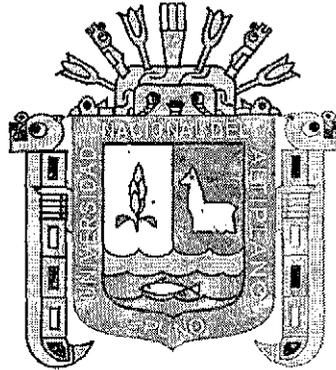
PUNO - PERÚ

2012

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO	
BIBLIOTECA CENTRAL	
AREA DE TESORO	
Fecha Ingreso	16 OCT 2014
Nº	100705



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POST GRADO
PROGRAMA DE DOCTORADO EN
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE



EXPRESIÓN FENOTÍPICA DEL COLOR DE
FIBRA EN ALPACAS (*Vicugna pacos* Linneaus)
EN EL ALTIPLANO PERUANO

TESIS

PRESENTADA POR:

ROBERTO FLORO GALLEGOS ACERO

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTORIS SCIENTIAE:
EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

PUNO – PERÚ

2012

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POST GRADO**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

**EXPRESIÓN FENOTÍPICA DEL COLOR DE
FIBRA EN ALPACAS (*Vicugna pacos* Linneaus)
EN EL ALTIPLANO PERUANO**

TESIS

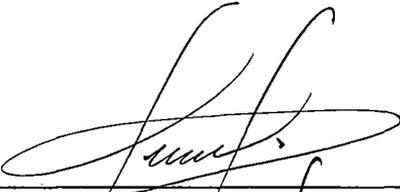
PRESENTADA POR:

ROBERTO FLORO GALLEGOS ACERO

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTORIS SCIENTIAE:
EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

PRESIDENTE

:


Dr. Hugo Cofacallapa Gutiérrez

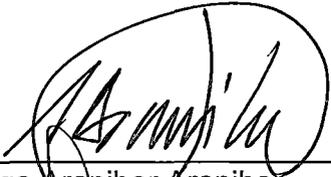
PRIMER MIEMBRO

:


Dr. Sabino Atencio Limachi

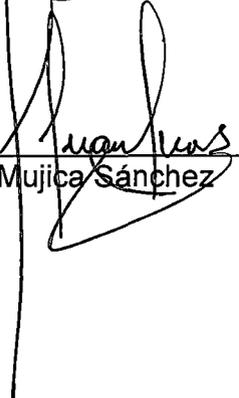
SEGUNDO MIEMBRO

:


Dr. Jorge Aranibar Aranibar

TERCER MIEMBRO (Asesor)

:


Dr. Ángel Mujica Sánchez

DEDICATORIA

A mi esposa Nelly
por su apoyo constante y
soporte diario de mi vivir.

A mis hijas
Sonia Virginia, Marybel Julieta y
Jhovana Lucy, por su constante
aliento y apoyo moral.

A la memoria de mi padre José y
mi madre Sabina por haberme
legado su sabiduría

AGRADECIMIENTO

Mi reconocimiento a la Universidad Nacional del Altiplano y a la Escuela de Post Grado por la oportunidad brindada en el Programa de Doctorado en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

Al Dr. Teodocio Huanca Mamani, Jefe del Programa Nacional de Investigación en Camélidos del Instituto Nacional e Innovación Agraria, Estación Experimental Illpa Puno, por su gran apoyo en la ejecución del presente trabajo.

Al personal Profesional Técnico y Administrativo del anexo Quimsachata Estación Experimental Illpa – Puno – Perú, por su apoyo en el manejo y toma de datos de alpacas de color del Banco de Germoplasma.

Al Dr. Ángel Mujica Sánchez, por su asesoramiento acertado en la conducción del presente trabajo.

Finalmente al personal administrativo del Programa Doctorado de la Escuela de Post Grado y a mis colegas y compañeros de estudio de Doctorado del grupo “B” y grupo “A”, promoción 2006 – 2008, por compartir su amistad, sus inquietudes, consejos, a todos ellos mi gratitud y sincero agradecimiento.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Justificación	5
1.3. Objetivos	8
1.3.1. Objetivo General	8
1.3.2. Objetivos Específicos	8
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	9
2.1. Color de Fibra en alpacas	9
2.1.1. Origen de los camélidos sudamericanos	9
2.1.2. Pigmentos de melanina	10
2.1.3. Teoría del color	18
2.1.4. Color capa en mamíferos	21
2.1.5. Genética del Color de la fibra en alpacas	26
2.1.6. Clasificación del color de fibra en alpacas	37
2.2. Expresión de caracteres fenotípicos de la fibra de alpacas	43
2.3. Tipo de vellón en alpacas	54
2.4. Características físicas de fibra en alpacas de color	59
2.4.1. Peso vivo	59
2.4.2. Peso de Vellón	62
2.4.3. Longitud de mecha	63
2.5. Frecuencia de alpacas de color	63
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	67
3.1. Lugar	67
3.2. Material Experimental	69
3.3. Metodología	69
3.3.1. Trabajo experimental	69
3.3.2. Evaluación de la expresión fenotípica del color de fibra	70
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	73
4.1. Expresión fenotípica de dominancia del color de fibra	73

4.1.1. Apareamiento de alpacas Blanco x Blanco	73
4.1.2. Apareamiento de alpacas Blanco x Color	77
4.1.3. Apareamiento de alpacas Negro x Negro	82
4.1.4. Apareamiento de alpacas Negro x Café	86
4.1.5. Apareamiento de alpacas Café x Café	89
4.2. Expresión fenotípica del tipo de vellón	92
4.3. Peso vivo	97
4.3.1. Peso vivo al nacimiento	97
4.3.2. Peso al destete	101
4.3.3. Peso vivo al año	102
4.4. Peso vellón	103
4.5. Longitud de mecha	106
CONCLUSIONES	109
RECOMENDACIONES	111
BIBLIOGRAFÍA	112
ANEXOS	

Lista de Cuadros

Cuadro 2.1	Melaninas totales espectrofotométricas y clasificación Munsell en alpacas Huacaya y Suri del Perú.	14
Cuadro 2.2	Variación del color de fibra en la llama y alpaca según el patrón de pigmentos	29
Cuadro 2.3	Denominaciones del color de vellón en alpacas en quechua y español	37
Cuadro 2.4	Clasificación de la fibra de alpaca por tipo de color, simbología y fenotipo	39
Cuadro 2.5	Las 4 dimensiones de variación de color de fibra en llamas y alpacas en relación a variantes fenotípicas	40
Cuadro 2.6	Peso vivo promedio (Kg) en alpacas Suri según sexo y edad	59
Cuadro 2.7	Peso vivo promedio (Kg) al nacimiento, destete y ganancia de peso en alpacas Huacaya de color	60
Cuadro 2.8	Peso vivo promedio (Kg) al nacimiento y destete en alpacas Huacaya según color uniforme de fibra del anexo Quimsachata	61
Cuadro 2.9	Peso vellón (Kg) en alpacas Huacaya de color según sexo y número de esquilas del anexo Quimsachata	62
Cuadro 2.10	Longitud de mecha (cm) en alpacas Suri y Huacaya de color en la región del Altiplano	63
Cuadro 3.1	Número de alpacas machos y hembras de color entero para el cruce recíproco de Huacaya x Suri del anexo Quimsachata	70
Cuadro 4.1	Expresión de colores enteros y colores manchados según tipo de apareamiento en cruce recíproco de alpacas Huacaya x Suri	91
Cuadro 4.2	Expresión del tipo de vellón Suri y tipo Huacaya en cruce recíproco de alpacas Huacaya x Suri según tipo de apareamiento por color de fibra	94
Cuadro 4.3	Peso vivo (Kg) de progenie F1 del cruce recíproco de alpacas Huacaya x Suri según tipo de apareamiento, sexo y color de fibra	100

Cuadro 4.4	Peso vellón (Kg) en primera esquila para progenie del cruce recíproco de alpacas de color Huacaya x Suri, según sexo y tipo de vellón	105
Cuadro 4.5	Longitud de mecha (cm) en progenie de cruce recíproco de alpacas de color Huacaya x Suri según sexo y tipo de apareamiento	108

Lista de Figuras

Figura 2.1	Formación del pigmento de melanina	17
------------	------------------------------------	----

RESUMEN

El Perú produce el 87% de alpacas del mundo, 56% se encuentra en la región Puno, su crianza a 4,000 m. genera recursos económicos por la producción de fibra. En el Banco de Germoplasma de alpacas de color de Quimsachata, Estación Experimental Illpa INIA-Puno, durante 2006 a 2009 se determinó la dominancia del color de fibra, tipo de vellón y efecto de peso vivo, peso vellón y longitud de mecha, mediante el cruce recíproco de Huacaya x Suri en apareamiento: Blanco x blanco, blanco x color, negro x negro, negro x café y café x café. Cada cruce utilizó un macho por 15 hembras, con monta natural controlada. Efectos de cruzamiento se evaluaron en F1 por observación fenotípica y análisis mendeliano. Los resultados muestran para cruce entre blancos, mayor expresión de vellón blanco regulado por gen dominante W; en cruce blanco x café hay mayor expresión del café, regulado por 2 pares de genes, B^C regula el café y gen E controla el color entero; en cruce negro x café la mayor expresión fue para café, regulado por gen dominante B^C, siendo el café dominante sobre el negro. Vellón tipo Suri se expresa en 71.8% regulado por genes dominantes H ó S, tipo Huacaya en 28.2% controlado por genes codominantes H y S. El peso vivo para tipo Suri fue 6.8 Kg, 23.4 Kg y 29.3 Kg y para tipo Huacaya de 7.0 Kg; 23.5 Kg y 28.1 Kg para peso al nacimiento ($P < 0.01$), destete y 1 año de edad ($P < 0.05$) respectivamente. Peso vellón en primera esquila para tipo Suri de 1.3 Kg y Huacaya 1.5 Kg ($P < 0.01$). Longitud de mecha para tipo Suri fue 16.4 cm y Huacaya 10.5 cm ($P < 0.05$). En conclusión el vellón blanco entero es dominante sobre vellón LF, blanco manchado, café claro, café dominante sobre el negro y tipo de vellón Suri sobre vellón tipo Huacaya.

Palabras clave: Alpaca; Altiplano peruano; color fibra; tipo vellón.

ABSTRACT

Peru has 87% of alpacas in the world where Puno region has the highest population with 55%, upbringing to 4 000 is the only domestic species which generates financial resources for the production of fiber. In the Germplasm Bank of colored alpacas Annex Quimsachata, Illpa Research Station - Puno, during the years 2006 to 2009, we determined the dominant of color fiber, type fleece, effect of live weight fleece and length staple by reciprocal cross Huacaya x Suri alpacas mating one entire color: white x white, white x brown, black x black, black x brown and brown x brown in 17 males and 224 females, in each cross was used one male per 15 females with controlled natural mating. The effects of cross were evaluated in F1, by observing genotypic and Mendelian genetic analysis. The results show that the cross between whites there are greater expression the white fleece color, regulated by the dominant gene W; in white x brown crosses showed higher expression of brown fleece regulated by two pairs of genes, the gene B^C regulates the brown and dominant gene E controls the entire color; to cross between blacks showed higher expression of black fleece, regulated by the dominant gene B^N; in crossing black x brown the higher expression was for brown and tonalities fleeces regulated by the dominant gene B^C, with brown dominant over black. The Suri fleece type was expressed in 71.8%, dominant genes regulated by H or S, the Huacaya type in 28.2%, controlled by dominant genes H and S. The weights live in F1 for Suri was 6.8 kg, 23.4 kg, and 29.3 kg, and for Huacaya type of 7.0 kg, 23.5 kg and 28.1 kg for birth weight (P<0.01), weaning and one year old (P<0.05) respectively. The fleece weight at first shearing for Suri type was 1.3 kg and 1.5 kg, for Huacaya type (P<0.01). Staple length for Suri type was 16.4 cm. and for Huacaya type 10.5 cm (P<0.05). In conclusion the fleece of dark colors is dominant over light colors and type of Suri fleece on fleece Huacaya type.

Keywords: Alpaca; Fiber color; Fleece type; Peruvian altiplano.

INTRODUCCIÓN

La alpaca (*Vicugna pacos* Linneaus), es una de las cuatro especies de camélidos sudamericanos, que habita la zona altoandina, la crianza de esta especie por encima de 4,000 m constituye una actividad de suma importancia en el sector agropecuario, siendo la única especie que genera recursos económicos para el poblador rural, por la producción de fibra que exhibe características textiles muy particulares, comparado con otras especies como los vacunos, ovinos posiblemente por su falta de adaptación, por su falta de adaptación a estas condiciones ecológicas.

El Perú como el centro originario de la domesticación de los camélidos, presenta la mayor población de alpacas a nivel mundial con el 87%, seguido de Bolivia con el 9% (INIA, 2006), mientras que a nivel nacional la mayor población se encuentra en la región Puno, con el 56%, cuya distribución tiene una relación directa a dos ecosistemas bien definidos; la zona de la cordillera oriental o puna húmeda donde está la mayor población con el 56%, zona de la cordillera occidental o puna seca que solo posee el 44% de la población regional.

Durante la época incaica, había unos siete millones de camélidos domésticos, de estos 4 millones estaban formados por alpacas, distribuidos en rebaños de 500 animales según raza y colores de fibra definidos hasta 32 colores naturales, con promedio de finura de fibra de 18 micras, además utilizaban una clasificación bien práctica en base al color de vellón blanco, color gris, café y negro (Garcilazo de la Vega, 1959), actualmente la población de alpacas de color, presenta todavía gran diversidad de colores que constituye un potencial genético, como recurso genético animal muy valioso para los países andinos que poseen esta especie, que presenta pérdida gradual de colores, con riesgo a la posible extinción por el proceso de blanqueamiento de los rebaños por exigencia del mercado, en la región Puno las alpacas de color entero se encuentran en una mínima proporción, especialmente las alpacas Suri, que se estima en 10 a 15 mil animales con los colores como: café claro, café oscuro y negro.

La expresión de caracteres fenotípicos en la fibra de camélidos, está controlado por dos tipos de acción de genes; primero por los genes de efectos simples o mendelianos que se refiere a los caracteres cualitativos, regulados por pocos pares de genes, ejemplo el color de vellón, tipo de vellón, ondulación de la fibra, color de ojos; segundo por genes aditivos o genes de efectos múltiples que forman los caracteres cuantitativos, regulados por muchos pares de genes ejemplo, el peso de vellón, peso vivo, finura, longitud de mecha, uniformidad del vellón.

En la actualidad existen pocos estudios sobre el control genético del color de fibra en alpacas y llamas, así como la expresión fenotípica, se menciona que los colores básicos son el café y el negro, siendo el color café dominante sobre el negro, el vellón de color es dominante sobre el vellón blanco, falta realizar estudios sobre otros colores particularmente en alpacas Suri y en los cruces recíprocos de Suri x Huacaya; la importancia de la investigación radica en que la crianza de alpacas de color constituye una ventaja competitiva para la artesanía textil, por tener acceso a fuentes de financiamiento, con la finalidad de incrementar la población y producción de fibras de colores enteros, para elevar el nivel de vida del poblador alto andino, que se dedica al manejo de esta especie.

Por estos considerandos se plantea el presente estudio, con la finalidad de caracterizar la expresión fenotípica del color de fibra en alpacas, cuyos resultados en la práctica contribuirán a generar programas de conservación, mejora genética y formación de rebaños de alpacas de colores enteros, porque constituyen los recursos genéticos valiosos que son el patrimonio de nuestro país, siendo los objetivos la determinación de dominancia del color de fibra y tipo de vellón en la progenie de alpacas del cruce recíproco de Suri x Huacaya de colores definidos y sus efectos como peso vivo, peso de vellón y longitud de mecha.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

En la región de la sierra del Perú, se encuentra la mayor población ganadera, con más del 80% a nivel nacional, pero el 100% de la población de alpacas y llamas se encuentra en esta región, cuya alimentación básica constituye los pastos naturales, que presenta limitaciones como la baja soportabilidad por efecto de sobrepastoreo, la mayor población de estos camélidos se encuentra en poder de comunidades campesinas y pequeños criadores, bajo un sistema de manejo propio de las comunidades que son deficitarios en recurso tierra y fuentes de agua.

La presencia de la cordillera de los Andes en Sudamérica, ha modificado su condición de zona tropical, formando especiales ecosistemas altoandinos, donde se han desarrollado y adaptado los camélidos como la alpaca, donde su crianza está orientada a la producción de fibra como un factor principal y la producción de carne. La fibra de alpaca es considerada como parte de las fibras especiales en razón de sus características textiles particulares, en promedio un 85% corresponde a fibra blanca y solo el 15% representa la fibra de color, que tiene mayor demanda para la artesanía de exportación, así

mismo los índices productivos de la alpaca no se han incrementado, por un deficiente sistema de manejo, como la falta de uso de métodos de mejora genética consistentes, aún faltan definir los objetivos apropiados para realizar programas de selección y cruzamiento especialmente en alpacas de color.

La preferencia de la crianza de alpacas Huacaya, está generando una paulatina y constante disminución de alpacas Suri, que está acompañado con la falta de manejo en la conservación de los pastizales propios de la puna alta, falta de organización de los productores para la formación de grupos selectos de reproductores, como un problema actual ignorado por la mayoría de los especialistas, pero sentida por los criadores de alpaca, se refiere al blanqueo de los rebaños, para obtener una fibra blanca, por efecto de exportación de la fibra al mercado textil internacional, que prefieren la fibra blanca, para producir hilados de diversos colores, mediante el teñido con tintes artificiales de uso industrial, que como consecuencia genera un proceso acelerado de erosión genética, por la pérdida de la variabilidad genética, particularmente en las alpacas de color, en la región Puno las alpacas de color se encuentran en una mínima proporción, para alpacas Suri de color se estima en 10 a 15 mil animales, con los colores café claro, café oscuro y negro. (Enríquez, 2006)

Con el propósito de conservar la población de alpacas de color, que presenta todavía una diversidad de colores de fibra que constituye un recurso genético muy valioso para los países andinos que poseen esta especie, para su posterior formación de rebaños de alpacas de color entero, se plantea las siguientes interrogantes:

¿Cómo es la expresión fenotípica de dominancia del color de fibra y tipo de vellón, en el cruzamiento recíproco de alpacas Huacaya x Suri de colores enteros?

¿Cuál es el efecto del color de fibra sobre el peso vellón y longitud de mecha en el cruce recíproco de alpaca Huacaya x Suri de colores definidos?

1.2. Justificación

El Perú se ubica, entre los diez países de mayor diversidad biológica de la tierra, que pertenece a los países megadiversos, por su diversidad de ecosistemas, especies, recursos genéticos y culturas autóctonas, por ello posee una alta diversidad genética, ya que constituye uno de los principales centros mundiales de la agricultura y la ganadería; siendo el punto originario de la domesticación de los camélidos sudamericanos como la alpaca y llama, que habitan la zona alto andina. La crianza de alpacas de color constituye una ventaja competitiva para la artesanía textil, por tener acceso a fuentes de financiamiento, para incrementar la producción de fibra de color y mejorar el nivel de vida del poblador rural, que se dedica al manejo de esta especie.

El color de vellón en los camélidos andinos tiene su importancia por los siguientes aspectos:

- Regula la temperatura corporal, donde los colores claros de fibra refleja la radiación solar, en cambio los animales de vellón oscuro o negro captan mayor fuente de calor, para contrarrestar el frío intenso durante la noche.

- Prevención de enfermedades de la piel, la presencia de pigmentación de fibra de color oscuro alrededor de los ojos y mucosas reduce la presentación de la fotosensibilización y cáncer de ojo.
- En la industria textil artesanal, los colores naturales de fibra tienen una mayor demanda para la confección de prendas de vestir de vistosos colores.
- Las pieles de color entero tienen un mayor precio, que las pieles de colores manchados o moteados, que tiene una relación directa con el color entero de los animales.
- El color de vellón blanco en alpacas y llamas está relacionado con costumbres rituales propias de los pobladores de la región andina, como el pago a la pachamama (pago a la tierra madre) y los colores oscuros como el negro entero se utiliza para la confección de ponchos y otras prendas de vestir.
- En general los productores han observado que hay una mayor tasa de mortalidad de crías de alpacas de vellón blanco entero frente a las crías de alpacas de colores. (Bustinza, 1996).

La crianza de alpacas en la región alto andina, por encima de 4,000 m constituye una actividad muy importante del sector agropecuario, siendo la única especie que genera recursos económicos para el poblador rural, donde otras especies domésticas como vacunos, ovinos, etc. no prosperan como los camélidos andinos. El Perú presenta la mayor población de alpacas a nivel mundial con 3'156,100 animales que representa el 87.38%; seguido de Bolivia con solo el 9% (INIA, 2006).

En el ámbito nacional, la mayor población de alpacas se encuentra en la región Puno, con 1'712,110 animales, que representa el 54.25% luego la región Cusco con 12.70%, Arequipa con 12.17%, Huancavelica con 6.45%, Ayacucho con 5.14%, etc. La distribución de alpacas en la región Puno está en relación a dos zonas ecológicas bien diferenciadas: a) Zona de la cordillera oriental o puna húmeda, donde se encuentra la mayor población de alpacas con el 56% de la población regional, destacando las provincias de Melgar y Carabaya. b) Zona de la cordillera occidental o puna seca, que posee el 44% de la población regional, siendo las provincias de Lampa y Chucuito las que presentan la mayor población de alpacas (Ministerio de Agricultura, 2006).

Estudios sobre la caracterización de la fibra de alpaca, como peso de vellón, diámetro, longitud de mecha, rizado, rendimiento, etc. no están bien sistematizados de acuerdo a las necesidades de los criadores y exigencias del mercado, no existen estudios sobre la expresión de dominancia, tipo de vellón en la fibra de alpacas de color, escasos estudios sobre la frecuencia de alpacas de color en las zonas ecológicas del altiplano, ni respuesta a la selección, por estas consideraciones se plantea el presente estudio, con la finalidad de caracterizar la expresión fenotípica de alpacas de color para generar programas de conservación; mejora genética, formación de rebaños de alpacas de colores enteros, de esta manera contribuir a mejorar el nivel de vida del poblador rural al mismo tiempo evitar el proceso de pérdida de estos valiosos recursos genéticos, que son el patrimonio de nuestro país.

1.3. Objetivos del Estudio

1.3.1. Objetivo General

Determinar la dominancia fenotípica del color de fibra y tipo de vellón en la progenie de alpacas, producto del apareamiento recíproco de alpacas Huacaya x Suri de colores definidos, como sus características de peso vivo, peso vellón y longitud de mecha.

1.3.2. Objetivo Específicos

- a) Determinar la expresión de dominancia del color de fibra y tipo de vellón en la progenie, resultado del apareamiento recíproco de alpacas Huacaya x Suri de colores definidos (Negro, Café, LF, Blanco).
- b) Determinar el efecto del color de fibra, sobre peso vivo, peso vellón y longitud de mecha en la progenie, resultado del apareamiento de alpacas Huacaya x Suri de colores definidos.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Color de Fibra en alpacas

2.1.1. Origen de los camélidos sudamericanos

Sobre el origen de los camélidos sudamericanos se conoce muy poco, la aparición posible de los camélidos en nuestro planeta fue en Norteamérica, al final de Plioceno hace 7 millones de años, con mucha anterioridad a la aparición del hombre, que se estima hace 10 a 25 millones de años, esta afirmación está basado en estudios, relacionados a la edad de la tierra, el sistema solar, cambios climáticos, los cambios ancestrales de mamíferos primitivos y las formas primitivas de los camélidos, con la finalidad de conocer el origen de estas especies a partir de la prehistoria (Pizarro, 1999).

Durante la era terciaria entre 65 a 2 millones de años, Sudamérica fue un continente separado de Norteamérica, luego al final de esta era terciaria, hace 3 millones de años se forma el istmo de Panamá, permitiendo que una gran mayoría de familias de mamíferos terrestres, se desplazaran de Norteamérica hacia Sudamérica y en forma viceversa; al final del Mioceno la familia de mamíferos *Camelidae* se originó en Norteamérica, a partir de un grupo de estos mamíferos se formaron 2 tribus: a) Tribu Lamini que migró

hacia el continente sudamericano, dando origen al primer camélido del género *Plianchenia*, considerado como el primer lamini de hace 18 a 24 millones de años, b) Tribu Camelini, que migró hacia el continente asiático, para luego desplazarse hacia Europa y África, formando el género *Paracamelus*, que originó a los camellos del viejo continente, que presentan 2 especies, el camello bactriano (*Camelus bactrianus*) que presenta dos jorobas y se encuentra en la zona de Mongolia; el camello árabe o dromedario (*Camelus dromedarius*), que se encuentra en la zona sur oeste de Asia y desiertos del norte de África, se caracteriza por presentar una sola joroba (Bonavia, 1997).

La familia *Camelidae* según Flores (2008) comprende 3 géneros: *Camelus*, *Lama* y *Vicugna*, aunque algunos estudios solo consideran 2 géneros, incluyendo el género *Vicugna* dentro del género *Lama*; el género *Camelus* presenta 2 especies: el camello bactriano (*Camelus bactrianus*) y camello árabe o dromedario (*Camelus dromedarius*); el género *Lama* presenta 4 especies: el guanaco (*Lama guanicoe*), la llama (*Lama glama*), la alpaca (*Lama pacos*) y vicuña (*Lama vicugna*).

Mientras que Wheeler y Rodríguez (2004), indican que la familia *Camelidae* presenta dos tribus, a) Tribu Camelini, formado por los géneros *Camelus bactrianos* y *Camelus dromedarios*, b) Tribu Lamini que comprende dos géneros; el género *Lama* formado por 2 especies como *Lama glama* (llama) y *Lama guanicoe* (guanaco) y el género *Vicugna* formado por dos especies como: *Vicugna pacos* (alpaca) y la *Vicugna vicugna* (vicuñas).

2.1.2. Pigmentos de melanina

En los mamíferos el color de pelaje está controlado, tanto por el tipo y la cantidad de melanina, que es un pigmento producido por melanosomas

intracitoplasmáticos de los melanocitos, que se localizan en el folículo de la piel y están relacionados con los queratocitos del pelo, químicamente hay dos tipos de pigmentos de melaninas; las eumelaninas varían del negro a café y las feomelaninas del color amarillo al rojizo, que a su vez se dividen en feomelaninas poliméricas y diméricas tricromos. En forma general se acepta que la eumelanina natural se deriva a partir de la copolimerización de 5,6-dihidroxiindol (DHI) y 5,6-dihidroxiindol-2-carboxil ácido (DHICA), mientras que la feomelanina se caracteriza por la presencia de 1,4-benzotilacilanina, que es una estructura unida bioquímicamente a 3,4-dihidroxifenilalanina (DOPA) y la cisteína (Cecchi *et al*, 2006, Renieri *et al*, 2004).

El vellón blanco en alpacas se debe a la ausencia de pigmentación, porque los melanocitos foliculares que producen los pigmentos de melanina, no se encuentran en la piel de los animales, en el ojo, en el oído interno, en las meninges y en otros órganos internos. El primer tipo de albinismo oculocutáneo, origina en los animales ciertas alteraciones auditivas y visuales que se deriva de dos mecanismos genéticos, a) El albinismo tipo tirosinasa negativo (OCA1), se refiere a una mutación con pérdida de funciones de los genes silvestres del locus estructural, para la acción de tirosinasa que regula la formación de los pigmentos de melanina a partir de la tirosina, para convertir al dihidroxifenilalanina (DOPA quinona), b) El albinismo tipo "tirosinasa positivo", tiene relación con la mutación de muchos genes asociados con ojos rosa (OCA2), con TYRP1 (OCA3) y MATP (OCA4), se han observado varias formas de hopomelanosis, mencionándose los siguientes síndromes: Hermansky – Pudlack, Chediak-Higachi, Griscelli, Angelman, Prader – Wille, Ataxia Telangiectasia, Histidinemia, Homocistinuria, Phenil Ketonuria, etc. Todas

estas alteraciones patológicas no se consideran para obtener alpacas con vellón blanco uniforme (Renieri, 2003).

El contenido de melanina en fibra de color negro, marrón oscuro, marrón claro y sus tonalidades en llamas de Argentina, se ha determinado el contenido total de melanina (EM a 500/1mg) donde las cantidades disminuyen desde 0.461 mg para negro, 0.439 en marrón oscuro, 0.214 en marrón claro, en forma similar para eumelaninas (EM a 350/1mg) observándose también una disminución de la cantidad de melanina, desde 0.353 para color negro, 0.268 en color marrón oscuro y 0.080 para marrón claro; mientras que para feomelaninas (Sp. PMA 400 /1mg), las cantidades de melanina fueron de 0.034 para color negro, de 0.062 en marrón oscuro, 0.048 para marrón claro, pero las melaninas solubles en álcali (Sp. ASM a 400/1mg), fueron de 0.239 para el negro, 0.305 para marrón oscuro y 0.223 para marrón claro (Renieri, 2003).

El color del pelaje en mamíferos, se debe a la acción de los pigmentos denominados melaninas, que se sintetizan a partir del aminoácido tirosina y se separan en dos grupos diferentes; Eumelaninas son pigmentos insolubles negros y marrones; las feomelaninas son pigmentos solubles en álcali que varían del color amarillo al marrón rojizo, los últimos estudios han determinado que las feomelaninas aparecieron por una desviación de la eumelanina, por efecto de la acción del amino ácido cisteína (Castrignano *et al*, 2001).

Las características morfológicas de los melanocitos foliculares, en la piel de camélidos sudamericanos, descritas para color marrón claro, marrón oscuro y negro, denominados como doberman, los resultados muestran que los melanosomas para el color marrón oscuro, fueron numerosos en general de forma redondeada con algunas estructuras ovoides, para el color marrón claro

se observó numerosos melanocitos de forma redonda, estos datos permiten concluir que los colores marrones claro y marrones oscuros, parecen deberse a la presencia de feomelanosomas con características morfológicas diferentes y específicas para cada color, mientras que para el color negro se ha observado eumelanosomas de morfología común y feomelanosomas ocasionales en diversas etapas de maduración (Cozzali *et al*, 2001).

Para la descripción del color de vellón en llamas, se han adaptado de las alpacas y de otras especies, la evaluación directa del fenotipo de colores, se realiza con la ayuda de un mapa de color de vellón, sin embargo esta apreciación no es muy exacta, porque requiere el apoyo de técnicas y métodos bioquímicos de laboratorio que permiten determinar la concentración de eumelaninas y feomelaninas; así como la espectrofotometría para la observación de melanina álcali soluble, que permite el análisis de la eumelanina para la expresión del color castaño (Cecchi *et al*, 2001, Lauvergne, 1994).

La observación al microscopio electrónico, también proporciona la información sobre la diferenciación de eumelaninas y feomelaninas y los tipos intermedios de melaninas, que ayuda en la descripción de los fenotipos de color, que resulta difícil de estimar en forma visual en el vellón de alpacas de color, la mayor dificultad en la descripción del fenotipo de color, está en saber distinguir entre las feomelaninas y fibras de eumelaninas para el color castaño, este problema se ha solucionado en parte, mediante el desarrollo de la técnica alcalino soluble (Frank, 2001, Ito *et al*, 1993).

Cecchi *et al* (1999), reporta el proceso de pigmentación en camélidos sudamericanos, relacionado a la melanogénesis, donde analizaron los

eumelaninas y feomelaninas en 120 alpacas del Perú y 179 llamas de Argentina, mediante el método espectrofotométrico y análisis ultraestructurales, indican que la calidad y cantidad de melaninas que se sintetizan en los melanocitos foliculares, son los pigmentos que determinan el color de pelo, fibra y lana en los mamíferos, observándose dos tipos de melaninas, las eumelaninas (negro y marrón) y feomelaninas (amarillos y rojos) que a su vez se dividen en poliméricas y tricromos diméricos. Los resultados experimentales obtenidos expresan como impresión general, en que las eumelaninas y feomelaninas combinadas que se forman en los melanocitos foliculares, aumentan al disminuir la clasificación Munsell que representa a los colores claros, las muestras oscuras clasificadas como 5YR2.5/2 castaño rojizo oscuro fueron difíciles de solubilizar en Solveno-350, inclusive a mayor temperatura, mayor tiempo de reacción en la proporción solvente/soluto (Cuadro 2.1).

CUADRO 2.1.
MELANINAS TOTALES ESPECTROFOTOMÉTRICAS Y CLASIFICACIÓN
MUNSELL EN ALPACAS HUACAYA Y SURI DEL PERÚ.

Alpacas	Clave Munsell	Color	Melaninas totales
Huacaya	5YR2.5/1	Negro	0.394-0.396
	7.5YRN2	Negro	0.474-0.719
	2.5YR2.5/2	Rojo muy oscuro	0.266
	2.5YR2.5/4	Castaño rojizo oscuro	0.142-0.375
	5YR2.5/2	Castaño rojizo oscuro	0.244
	5YR3/2	Castaño rojizo oscuro	0.147-0.204
	5YR3/3	Castaño rojizo oscuro	0.143-0.227
	5YR3/4	Castaño rojizo oscuro	0.083-0.222
	5YR4/4	Castaño rojizo	0.051-0.161
	5YR5/3	Castaño rojizo	0.031
	5YR5/4	Castaño rojizo	0.060
	5YR6/3	Castaño rojizo claro	0.021-0.030
	5YR7/2	Gris rosado	0.031
	7.5YR5/4	Café (marrón)	0.044-0.063
	2.5YN6/	Gris claro	0.138
Suri	5YR3/4	Castaño rojizo oscuro	0.127
	7.5YR4/4	Café (marrón) oscuro	0.103
	7.5YR6/2	Gris rosado	n.d.
	7.5YR7/2	Gris rosado	0.021

Fuente: adaptado de Cecchi *et al.*, (1999).

Para el conocimiento de la base molecular de la pigmentación en los mamíferos, intervienen varios loci, se han caracterizado varios mutantes, el grupo de genes de la tirosinasa cumple un rol importante, en el proceso de la biosíntesis de la melanina y está formado por: a) la tirosinasa regulado por el locus albino, b) la proteína-1 (TRP-1) vinculado a la tirosinasa y codificado por el locus brown (marrón) y c) La proteína-2 (TRP-2) regulado por el locus slaty (color pizarra), estos genes se han aislado y secuenciado en humanos y ratones y otros animales, habiéndose observado una semejanza de 40% entre ellos y la presencia de varias regiones homólogos, así mismo fue posible diseñar cebadores o primers específicos, para amplificar mediante la técnica de reacción en cadena de polimerasa (PCR) el ADN de los diferentes animales (Jackson *et al*, 1994), con estos cebadores fue posible obtener un fragmento de ADN de la alpaca, en el análisis de la secuencia y comparación con proteínas conocidas (TRP), muestran una gran semejanza del fragmento con el TRP-1 del ratón y el hombre, (Castignano *et al* 2001).

Así mismo el color de pelaje en mamíferos, se debe a la acción de pigmentos de melanina, los que se sintetizan a partir del aminoácido tirosina y se separan en dos grupos diferentes: la eu-melaninas son pigmentos insolubles negros y marrones, las feo-melaninas que son pigmentos solubles en álcali varían del amarillo al marrón rojizo (Prot, 1992), los estudios iniciales y pioneros de Raper (1938) y Mason (1967) facilitaron establecer el esquema Raper – Mason de melanogénesis, posteriores estudios determinaron que las feomelaninas aparecieron por una desviación de la eumelanina, por efecto de la participación de la cisteína.

Sin embargo estudios de las últimas dos décadas, determinaron que en la expresión de melanogénesis a nivel molecular, participan más de 85 genes, cumple un rol importante en este proceso la tirosinasa, que es una enzima codificado por el locus albino, se observa una ausencia de mutantes para este locus en la melanina, por ello no hay formación de pigmentos, la tirosinasa constituye el primer componente del grupo de proteínas TRP-1, TRP-2, trabajos recientes mostraron que la TRP-1 actúa como una oxidasa DHICA, mientras que la TRP-2 se denomina como tautomerasa DOPA chroma (Jackson *et al* 1992).

Johansson y Rendel (1972) mencionan que el estudio del color de pelaje en mamíferos, fue iniciado por Wright durante los primeros años del siglo XX, dentro del área de genética bioquímica, determinando que el aminoácido tirosina es la precursora de la formación del pigmento de melanina en la piel, pelo, fibra, la tirosina se puede producir en el organismo de un mamífero por oxidación de un aminoácido la fenilalanina, que debe estar incluido en la ración, en el metabolismo de estos aminoácidos se puede producir diversos bloqueos genéticos por ausencia o deficiencia de enzimas.

Normalmente los alimentos contienen una mayor cantidad de fenilalanina, de lo que requiere el organismo para la síntesis de proteínas, como consecuencia el exceso se oxida para producir la tirosina, pero cuando hay deficiencia del enzima fenilalanina hidroxilasa, se produce una acumulación de fenilalanina produciendo la fenilcetonuria, la tirosina por acción de la tirosinasa se transforma en la Dehidroxifenilalanina (DOPA), esta misma enzima actúa para transformar el DOPA en melanina, pero por ausencia o

deficiencia de la tirosinasa no se produce ningún pigmento, como consecuencia se produce el albinismo (Figura 2.1).

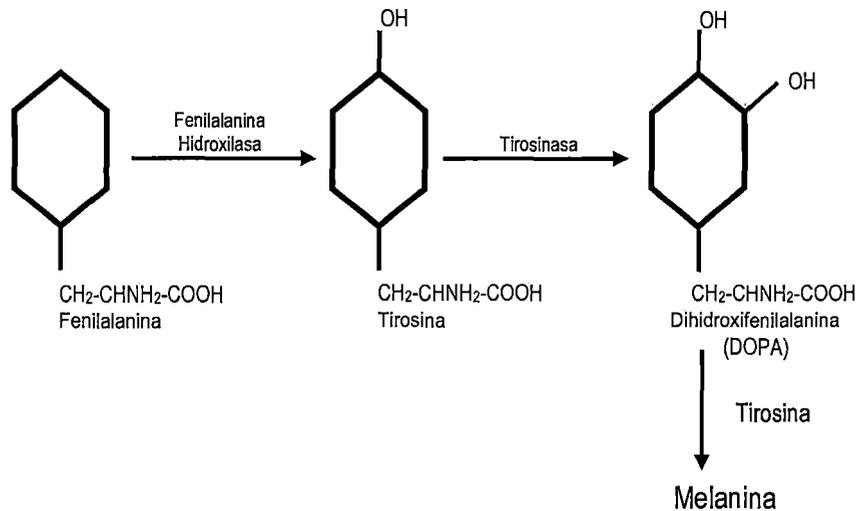


FIGURA 2.1.
FORMACIÓN DEL PIGMENTO DE MELANINA

Searle (1968), menciona que el color de pelaje en mamíferos, está relacionado en forma directa con la presencia o ausencia de gránulos de pigmento o melaninas, que se encuentran en la capa cortical y medular de los pelos y fibras, en la epidermis, en iris, otras partes del ojo y en algunas partes del cuerpo, también considera que existen 7 formas de acción de los pigmentos de la coloración del pelaje, los cuales son:

- La variación del número por célula medular a lo largo del pelo.
- Si tiene un volumen similar a una célula medular promedio, se ubica generalmente próximo a la punta del pelo.
- El arreglo distal en el interior de células medulares, es evidente en fenotipos ligeramente coloreados.
- Tamaño de las células medulares.

- Formas como: largo oval, oval, redondo, irregular y en fragmentos.
- Organización en masas sueltas y esponjosas o acumulos granulares bien definidos y de mayor tamaño.
- Color como: amarillo, negro a marrón grisáceo, marrón rojizo o marrón oscuro.

2.1.3. Teoría del color

El color es una sensación producida al incidir en la retina, los rayos luminosos reflejados por los cuerpos, es una sensación que se percibe por los órganos visuales, producida por los rayos luminosos, que depende de su longitud de onda y de las características del órgano receptor; es un fenómeno fisicoquímico que está asociada a infinitas combinaciones de la luz, relacionada a las diferentes longitudes de onda en la zona visible, del espectro electromagnético percibido por las personas y animales, todo cuerpo luminoso puede absorber una parte de las ondas electromagnéticas y refleja los restantes, donde las ondas reflejadas son captadas por el ojo y luego interpretadas como colores, según las longitudes de onda correspondientes pero el ojo humano solo percibe el color cuando la iluminación es abundante o bien clara, mientras con poca intensidad de luz solo podemos ver en blanco y negro (De Corso, 1990).

En un experimento Newton reprodujo en una habitación de su casa el mismo fenómeno del arco iris, encerrándose en un cuarto completamente oscuro, dejando pasar tan solo por un pequeño agujero un rayo de luz solar, se interceptó ese rayo con un prisma de forma triangular y logró descomponer la luz blanca en colores de espectro como: púrpura, rojo, amarillo, verde, azul cian, azul oscuro. Años más tarde el físico Young hizo lo contrario que Newton,

recompuso la luz mediante un experimento de linternas, proyectando los seis haces de luz con los seis colores del espectro y obtuvo la luz blanca, investigando con sus linternas de colores determinó por eliminación, que los seis colores del espectro podían ser reducidos a tres colores básicos del mismo espectro, demostrando que con solo estos colores rojo, verde y azul oscuro podía recomponer la luz blanca y mezclando estos tres colores por parejas obtenían los restantes, con lo cual determinó los colores primarios (rojo, azul y amarillo) y los colores secundarios (Parramon, 2009).

Fisiológicamente percibimos los diferentes colores gracias a la acción de tres genes a nivel de las células de la retina denominados conos. Donde cada gen codifica una proteína receptiva con una frecuencia distinta, muchos mamíferos de origen africano como el ser humano presentan una percepción tricrómica, mientras que los mamíferos de origen sudamericano solo tienen dos genes para la percepción del color, en el reino animal los mamíferos no diferencian bien los colores, en cambio las aves sí tienen ésta capacidad, aunque tienen preferencia por los colores rojizos, pero los insectos suelen tener mejor percepción del color azul.

Algunos colores toman el nombre de los objetos o sustancias que las representan en forma natural, orientado al espectro solar o espectro puro, cada uno de los 7 colores en que se descompone la luz blanca del sol como: el rojo, naranja, amarillo, verde, azul, turquesa y violeta, el conocimiento del color es importante porque denota luz, belleza, armonía y deleite a la vista, sobre todo produce un equilibrio psíquico, confort y educación; se podría afirmar que es un mago que transforma, altera y lo embellece todo, aquello que rodea al hombre.

El principio sobre la teoría del color hasta hoy aceptada, fue planteado por Isaac Newton (1647 – 1719), denominado como la Teoría Newtoniana, quien utilizó por primera vez la palabra espectro, que deriva del latín cuyo significado es apariencia o aparición, Newton en 1671 realizó un experimento y descubrió que cuando un estrecho haz de luz solar, se incide sobre un prisma de vidrio triangular con un ángulo, donde una parte se refleja y otra pasa a través del vidrio, generando y mostrando diferentes bandas de colores que forma un espectro. La hipótesis de Newton era que la luz estaba formado por corpúsculos o partículas de diferentes colores y la diversidad de colores se producía por efecto de la diferencia de velocidades de cada uno, Newton dividió el espectro en siete colores como son: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul (celeste), añil (azul violáceo) y violeta (De Grandis, 1985).

Entonces, Isaac Newton fue uno de los primeros en estudiar el fenómeno de la luz y la teoría del color, las diferentes longitudes de onda percibidos como “colores” que forman una pequeña parte del espectro electromagnético de la luz solar, en el mundo del arte se conoce como ciclo cromático. Uno de sus experimentos más famosos, es el círculo cromático giratorio, denominado “círculo de newton”, que consiste en colocar sectores circulares iguales pintado, cada sector circular con uno de los colores del espectro en orden correlativo. Rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil y violeta. Cuando se gira este círculo cromático, en la superficie del círculo se percibe el color blanco, al detenerse desaparece el color blanco y vuelve a reaparecer los colores mencionados.

De Corso (1990), menciona que el fundamento de la clasificación de colores, está basado simplemente en la sensación y experiencia humana y no

de tipo científico, se clasifica en dos grupos: a) colores cálidos, representado por amarillo y rojo, que presentan matices claros, cremas y rosas, sugiere características como, delicadeza, feminidad, amabilidad, hospitalidad y regocijo, mientras que los matices oscuros con predominio de rojo, expresan vitalidad, poder, riqueza y estabilidad, b) colores fríos, representado por verdes y azules, se considera por la asociación con el agua al color azul, violeta y verdoso, donde los colores fríos con matices claros, expresan delicadeza, frescura, expansión, descanso, soledad, esperanza y paz, pero los matices oscuros con predominio del azul, indican melancolía, reservado, misterio, depresión y pesadez.

El mismo autor manifiesta que la expresión de los colores, desde el aspecto psicológico están determinados por reacciones inconscientes de las personas y por diversas asociaciones que tienen relación con la naturaleza. El amarillo es el color que se relaciona con el sol y significa luz radiante, alegría y estímulo, el rojo está relacionado con el fuego y sugiere calor y excitación: el azul color del cielo y el agua indica serenidad infinita y frialdad; el naranja mezcla de amarillo y rojo presenta las cualidades de éstos aunque en menor grado; el verde color de praderas húmedas, es fresco, tranquilo y reconfortante; el violeta indica madurez y en su matiz claro expresa delicadeza.

2.1.4. Color de capa en mamíferos

La importancia del estudio de color de pelaje y fibra de los animales domésticos radica en los siguientes aspectos:

- Regula la temperatura corporal de animales que se desarrollan en zonas áridas tropicales, donde los colores claros reflejan la radiación solar, en cambio los pelajes oscuros captan mayor fuente de calor.

- Prevención de enfermedades de la piel, la pigmentación y pelaje oscuro reduce la presencia del cáncer de ojo y mucosas.
- Para la identificación y evaluación de razas de animales, los animales de raza pura tienen colores definidos.
- Valor de animales y pieles, debido a que los colores uniformes tienen mayor valor.
- En la industria artesanal los colores naturales de fibra, lana, tienen mayor demanda para la confección de prendas de vestir.
- El color de pelaje de los animales se utiliza como referencia para determinar las líneas de progenitores denominados como razas marcadas.
- El color uniforme o entero del pelaje o fibra de los animales produce ciertas expresiones como: belleza, confort, armonía, deleite a la vista, produce un equilibrio psicológico, constituye un aspecto que transforma y embellece todo el ambiente que rodea al hombre, (Gallegos, 2005; Caballero de la Calle y Carrión, 1995).

El color de pelaje blanco uniforme no albino, que es característico en varias especies de mamíferos, se obtiene por efecto de mutación, donde hay pérdida de funciones de genes, que intervienen en la migración embrionaria de melanoblastos, a nivel de la cresta neural del folículo piloso de los animales en su propio desarrollo, en la actualidad están identificadas y clonadas en los mamíferos unos 22 genes, que participan en esta función, la mayor proporción de mutaciones relacionadas al vellón blanco en estos loci, se comportan como genes letales (Bennett y Lamoreaux, 2003, Baxter *et al*, 2004).

La variación del color de pelaje en los mamíferos, está influenciado también por un gran número de otros genes, ejemplo hay cerca de 127 genes identificados que regulan al color de pelaje en ratones, de estos cerca de 59 genes están relacionados con las mutaciones del color de pelaje en esta especie, que en la actualidad han sido molecularmente clonados (Bennett y Lamoreux, 2003).

Considerando la correspondencia entre fenotipos y genotipos, de los loci que regulan el color de capa, la serie Aguti que contiene genes para la pigmentación, es probablemente la responsable de la mayoría de variaciones, de los patrones de color en los mamíferos y su semejanza con los camélidos sudamericanos, también los genes de la serie extensión tendrían su acción en este patrón, para las eumelaninas de color marrón, aunque no haya sido identificado con mucha claridad, la semejanza sería con genes mutantes que regulan los colores beige (Bg), Brown (B) o slate (Sl), en análisis de los genes que han mutado, por alteración del pigmento como los diseños blancos, también requieren de una clasificación mendeliana con mayor detalle (Lauvergne, 1998).

Griffiths *et al* (2000), indican que para la expresión del color de pelaje en mamíferos, intervienen diferentes genes para determinar un carácter de color, siendo el ratón el mejor mamífero estudiado para determinar el control genético del color de pelaje, en los mamíferos este mecanismo de regulación genética, es muy parecido a lo que ocurre en el ratón, por ello se considera como un sistema modelo, se ha determinado que al menos 5 genes participan en la determinación del color de pelaje en ratones como los siguientes: el gen A, controla la distribución del color en el pelaje, donde el gen A controla el aguti

(color grisáceo) su alelo "a" regula el color no-aguti (color oscuro más denso), el gen B controla el tipo de pigmento que se produce, presenta 2 alelos principales, donde A- B- regula el Aguti normal, A-bb regula el color canela (marrón claro), aaB- regula el color negro y aabb controla el color marrón más denso; el gen C presenta 2 genes, donde C regula la pigmentación normal (color), su alelo c regula la falta de pigmentación (albino), cc es epistático sobre otros genes de color, el gen D regula la intensidad de la pigmentación producida por otros genes del color, donde los genotipos DD y Dd controlan la expresión del color, dd diluye la pigmentación hacia un tono lechoso, el gen S regula la frecuencia o ausencia de manchas, donde S regula la ausencia de manchas (color entero), s regula la presencia de manchas.

En general los diversos tipos de pelaje, fibra, lana, se definen por el color que presentan y su distribución en las diferentes regiones del cuerpo animal y se pueden clasificar en: a) colores simples o uniformes, se caracterizan cuando todo el cuerpo del animal está cubierto por un solo color, se mencionan 4 tipos de colores, blanco, amarillo, rojo y negro, que reciben diferentes denominaciones según la especie animal, ejemplo: el negro azabache, blanco mate, etc. b) Colores compuestos o discontinuos, denominado también como los colores combinados, compuestos, dobles o binarios y colores triples, los colores compuestos se refieren a la mezcla de 2 o más colores simples, donde la superficie del cuerpo presenta pelajes, fibras de varios colores, también se refiere a la presencia de 2 colores bien definidos, que ocupan ciertas zonas determinadas del cuerpo, caso de pelaje blanco y negro.

En este grupo también se incluye los colores que se presentan con uniformidad en el cuerpo del animal, pero se transforman en zonas periféricas

en un color diferente, como pueden ser las crines, cola, regiones del morro, orejas, cañas, cuartillas, etc. Esta simple clasificación del color de capa en los animales, se puede modificar por la presencia de pelos, fibra de color diferente en ciertas zonas del cuerpo animal como: cabeza, tronco y extremidades, influenciados por la dirección de pelos, la intensidad de coloración a lo largo del pelo, fibra, el estudio clásico del color de capa en los animales, se ha realizado en base a las coloraciones que se presentan en el caballo (Caballero de la Calle y Carrión, 1995).

En relación al control genético del color de pelaje y fibra en los mamíferos, falta mucho por estudiar y descubrir el metabolismo de la acción génica, sin embargo se acepta que existen 6 series de genes autosómicos que regulan la producción y distribución de los pigmentos de melanina, también existen 2 o más genes en cada serie que regula el color de pelaje, aunque no todos los mamíferos presentan todos los alelos conocidos de cada serie, estas series son:

- a) Serie Aguti (A), el color se refiere al aspecto jaspeado del pelaje de ratones, conejos, cuyes silvestres donde el gen A regula el color agutí y su alelo "a" regula el color negro.
- b) Serie Brown (B), se refiere al color marrón que controla la forma de los gránulos de pigmento, el gen B regula los gránulos de pigmento normales de forma alargada y de color negro, su alelo "b" regula los gránulos de forma ovoide o esférica de color marrón, chocolate o castaño.
- c) Serie albino (C), los genes de esta serie regulan la estructura de la tirosinasa, que controla el primer paso de la conversión de tirosina en

melanina, donde el gen C regula la producción normal de tirosinasa por tanto hay una pigmentación normal, su alelo "c" controla una deficiencia de la producción de tirosinasa, que produce el albinismo.

- d) Serie Dilución (D), controla la intensidad de la pigmentación, por efecto de la aglutinación de los gránulos de pigmento, en general diluye los colores negro y amarillo, el gen D regula los colores normales, su alelo "d" diluye el color negro hacia el color azul y el amarillo hacia el color crema.
- e) Serie Extensión (E), los genes de esta serie extienden el color negro, el amarillo en toda la capa, en lugar de extender en cada pelo por separado, el gen E regula la extensión de los colores enteros y su alelo "e" regula el color jaspeado, que es una mezcla del color negro y amarillo.
- f) Serie Ojos Rosa (P), actúa sobre las eumelaninas, diluyendo los colores oscuros, con mayor intensidad que los colores claros, el gen P regula los colores claros, y el gen "p" regula los colores oscuros, produce la ausencia del pigmento en la retina, produciendo los ojos rojos (Nicholas, 1990).

2.1.5. Genética del Color de la fibra en alpacas

En un estudio sobre alpacas peruanas de color, mediante cruces recíprocos de Huacaya x Suri, de animales no emparentados, la herencia del color de vellón blanco, puede ser definido por una segregación de un simple gen, sin ningún efecto que modifique esta expresión, que es independiente y completamente dominante sobre los vellones pigmentados, sin ninguna diferencia en la segregación sobre el patrón de color negro y café, así mismo el

negro es dominante sobre el café, ésta hipótesis está demostrado totalmente por la segregación observada en los cruzamientos realizados entre machos de color negro y hembras de color café, también como en los cruzamientos de parientes de alpacas negras.

En el mismo trabajo, se ha estudiado el mecanismo de regulación del gen *Asip* y *MC1R*, en la variación del color de fibra en la alpaca, se ha caracterizado toda la región de codificación (CDS) de genes *Asip* y *MC1R* del ADN celular en 35 alpacas de color; el CDS completo del gen *Asip* comprende 402 pares de bases, siendo idéntico en 89% a los vacunos, 88% a ovinos y 85% a los equinos, mientras que el CDS completo del gen *MC1R* comprende 954 pares de bases, que resulta ser idéntico en 97% al camello, en 90% al delfín y 88% al porcino (Renieri *et al*, 2010).

Es muy conocido la acción del gen receptor Melanocortin 1 (*MC1R*), como responsable para el color rojo comparado con el vellón negro, es hipotéticamente considerado como gen candidato para regular la variedad de tonos de color en alpacas, la heredabilidad de pigmentación rojo versus la pigmentación negra, en el contexto de mutación genética, es bien conocido en muchos animales domésticos, se ha caracterizado el gen *MC1R* en una población multicolor de alpacas, con el objeto de entender mejor su efecto sobre el vellón de alpacas, esta evaluación a revelado 11 mutaciones, de estos 1 contiene 4p^b, cuatro son mutaciones silenciosas y 6 solo son polimorfismos de nucleótidos (SNPs), que alteran la secuencia de aminoácidos (T28V, M87V, S126G, T128I, S196F, R301C), ninguna mutación presenta una correlación total, con el color de vellón en alpacas a nivel de locus *MC1R*, lo que podría

deberse a la relación epistática de MC1R, con otros genes de colores, especialmente con el Aguti (Powell *et al*, 2008).

El vellón de color negro uniforme, deriva de la acción de eumelaninas presente en la fibra del animal, estas eumelaninas son negras debido a que en el heteropolímero que lo caracteriza, se presenta una prevalencia neta del monómero DHI (Dihidroindol), pero cuando la prevalencia es de forma acidificada (DHICA) las eumelaninas son de color marrón, desde el aspecto genético el negro uniforme presenta 2 orígenes; la primera puede derivarse a partir de una mutación, con pérdida de la acción del locus agutí, en este caso se comporta como recesivo, con relación a los otros tipos de pigmentación; la segunda puede derivarse de mutaciones con expresión génica del locus MC1R, que presenta una acción dominante (Cecchi *et al*, 2006, Renieri, 1995).

Para determinar los mecanismos genéticos, que regulan el color de vellón en llamas y alpacas de Argentina, se ha planteado 2 hipótesis de genes recesivos y dominantes, habiéndose analizado para cada uno de los fenotipos, los resultados muestran que el vellón blanco entero no albino, es un carácter dominante con penetrancia incompleta a todos los modelos pigmentados y blancos manchados, algunos animales de color castaño con cara y extremidades de color negro, son dominantes sobre otro fenotipo de color, el fenotipo de eumelanina negro o castaño es recesivo a otros modelos pigmentados, que son regulados por el locus Aguti, (Frank *et al*, 2006, Frank 2001a).

La diversidad de colores en el vellón de alpacas y llamas es muy amplia, no se ha realizado ningún tipo de selección para el color de vellón, excepto para el blanco entero (Mc Quarrie, 1995), la gran variedad de colores de vellón,

es una de las principales características de los camélidos sudamericanos, se distinguen 22 tonos de color diferentes desde el blanco, hasta las variaciones entre el castaño y el negro. La variación del color se ha establecido en función a 4 dimensiones fenotípicas: El patrón del pigmento, el tipo de eumelaninas, la alteración de pigmento y el tipo de diseño blanco, estas variaciones fenotípicas identificadas en llamas y alpacas se presenta en cuadro 2.2, de acuerdo a los análisis de segregación; los planes para la selección; en base al color de vellón en la llama y la alpaca, se puede realizar de 2 formas: Para el primer caso, realizar la selección para blanco entero y selección para patrones de color, en el segundo caso se considera, la selección de patrones uniformes (negro eumelanico, castaño eumelanico y feomelanico), selección contra patrones no uniformes, selección de plomos y plomizos y selección contra los diseños blancos (Frank *et al*, 2002).

CUADRO 2.2
VARIACIONES DEL COLOR DE FIBRA EN LA LLAMA Y ALPACA SEGÚN
EL PATRÓN DE PIGMENTOS.

Patrón de pigmentos	Variación del tipo de melaninas	Expresión de genes
Uniforme	Eumelanina	Completo recesivo frente a otros patrones.
	Rojo feomelánico	Desconocido
Compuesto por partes eumelánicas y feomelánicas	Eumelanico y café	Desconocido
	Feomelánico con estremidades eumelánicas	Dominante frente a eumelanino y patrón salvaje
	Franja de mula	Desconocido
	Vicuña salvaje	Desconocido
Eumelánicas	Guanaco salvaje	Desconocido
	Negro	Dominante
Alteración de pigmento	Marrón	Recesivo
	Plomo, plomizo	Dominante
	Dilución	Dominante
Diseño blanco	Blanco entero	Dominante
	Manchas irregulares	Recesivo
	Pintadas	Desconocido

Fuente: Adaptado de Frank *et al*. (2002).

Sponenberg (2004), menciona que existen pocos estudios sobre el control genético del color de fibra en alpacas, la mayoría de las investigaciones no han considerado las zonas del cuerpo sin vellón, en base a datos de productores de alpaca se han analizado y se plantea que los principales genes que regulan el color de fibra son. a) colores básicos; el locus Aguti, regulan los biodiseños simétricos con pigmentos negros morenos o pardos, donde los colores pardos son dominantes sobre el negro, locus extensión los genes de esta serie incluyen primero el negro dominante, con acción dominante en relación a otros genes de este locus, el segundo alelo regula la expresión del locus agutí, el color pardo uniforme sin negro es regulado por un gen recesivo, estos locus agutí y extensión determinan la mayoría de las variantes del color de fibra en alpacas, b) otros colores, se menciona los siguientes:

- Locus pangare, regula las zonas más claras y ventrales, similar al color de los equinos, estas áreas claras cambian del pardo claro uniforme a un pardo más claro.
- Colores diluidos, es muy raro en alpacas, es posible que los pardos claros pueden ser diluidos de feomelaninas, un color diluido raro es el gris oscuro regulado por un gen dominante.
- Color payaso, presenta manchas oscuras redondas con fondo muy claro, la cara presenta pequeñas manchas con fondo casi blanco, que están reguladas por un gen dominante.
- Color pio, presentan algún color alrededor de los ojos y blanco alrededor del cuello distribuido en forma ventral, es regulado por un gen recesivo, aunque en algunos rebaños actúa como dominante.

- Color capirote, presenta algún color en la región dorsal, en el cuello y cuerpo, los colores claros en la zona ventral y en la cara son regulados por un gen dominante.
- Color gris, presenta el cuerpo con una mezcla de fibras diluidas oscuras (negras) y blancas, la cabeza es blanca con orejas oscuras, piernas blancas, el gris es regulado por un gen dominante.
- Color rosillo, presenta la cabeza y piernas oscuras, está regulado por un gen dominante, algunos rosillos pueden presentar una mezcla de fibras blancas de forma uniforme.
- Color pecoso, presentan manchas de color en el cuerpo, cabeza de color con manchas blancas en la región ventral hasta casi blanco, es posible que sea regulado por un gen dominante.
- Vellón blanco, depende de varios mecanismos, los blancos pueden ser muy diluidos, muy manchados o ambos, hay varios mecanismos genéticos para el blanqueo de fibra en alpacas, muchas alpacas blancas producen crías blancas o muy pálidas, cuando se cruza con alpacas de colores, que se debe a un gen dominante, pero también hay pocas alpacas blancas que producen crías de color que se debe a la acción de un gen recesivo.

Los principales colores de pelaje en los camélidos sudamericanos de acuerdo a los estudios citoquímicos de la piel y pelo de mamíferos, está en relación directa con la presencia o ausencia de pigmentos de melanina, que son de 2 tipos; la eumelanina o melanina parda, la pheomelanina o melanina roja, estas melaninas se encuentran en la capa cortical y medula de los pelos, en el estrato malpigio de la epidermis (melanocitos), en el iris otras partes de

los ojos y la otras partes del cuerpo. La formación de los gránulos de melanina se debe a la acción de enzimas específicas que actúan sobre la tirosina, que es un aminoácido precursor de la melanina. En los camélidos la presencia del gen "W" de la serie Blanca, la tirosina del pelo se convierte en pro-melanina; luego sobre esta actúan una segunda serie denominado como la serie Negra, en estado de homocigota recesiva 'bb', regula la síntesis de la eumelanina y los animales presentan pelos negros, en cambio en estado de homocigota dominante BB, se produce la síntesis de la Pheomelanina y los animales presentan pelos rojos, pero cuando es heterocigota Bb se sintetizan las 2 melaninas, entonces los animales expresan pelos marrones, por efecto de la mezcla de los 2 tipos de melanina (Bustinzá, 2000).

Los primeros estudios sobre la herencia del color de fibra en los camélidos sudamericanos, fueron realizados por Toledo, San Martín (1948), que plantearon la acción de 3 series de genes múltiples y 2 pares de genes simples, serían los responsables que controlan el color de fibra en estas especies, en base a estos planteamientos se propone la teoría sobre el color de fibra en alpaca y llamas, como una característica multifactorial, regulado posiblemente por 7 a 8 series alélicas de genes autosómicos e independientes como son: a) Serie Negra (B), que estaría formado por 3 genes principales; B^N regula el vellón de color negro, B^C controla el vellón rojo, B^B regula el vellón blanco con la piel y mucosas negras, B regula el vellón rojo de dominancia parcial y b regula el vellón de color negro, b) Serie blanca, presenta dos genes, W regula el vellón blanco y su alelo recesivo w regula el vellón de color (pigmentado), c) Serie Agutí o silvestre, presenta los genes K regula la pigmentación silvestre de color vicuña o canela, con dorso oscuro y vientre

claro, los genes K y B regulan la pigmentación de color guanaco, con cara y extremidades de color negro, marrón en el dorso y más claro en dirección dorsoventral, d) Serie de genes modificadores, donde el gen E regula el vellón de color entero, su alelo "e" regula el vellón blanco con negro denominado como alqha o apaluza, también regula el vellón blanco con café, e) Serie Canas o mezcla de pelaje, con genes R que regula la pigmentación uniforme del vellón y gen "r" regula el vellón gris o rosillo, f) Serie manchados, con genes S regula el vellón con manchas o chejche y gen "s" regula el vellón sin manchas, g) Serie dilución, presenta efectos de interacción con genes D y d con dominancia parcial, genes E y e que controla la intensidad del color, donde los genes D y E regulan el vellón oscuro, ddee regula vellón de color muy claro y Ddee o ddEe regula vellón de color claro, (Bustinza, 1996).

Farver (1989), en camélidos sudamericanos de Estados Unidos, describe 6 fenotipos de color de vellón y propone 16 genotipos correspondientes como los siguientes. Blancos regulado por genes A*, B y W, guanacos, con el color original silvestre regulado por A*, bb y aw, Bayo controlado por genes A, ww, marrón aleonado controlado por genes A*, ww, negro verdadero (recesivo) regulado por Aa, B y ww, marrón verdadero, regulado por los genes Aa, bb, ww.

Gandarillas (1971), considerando los genes que regulan, el color de pelaje en vacunos, equinos y conejos, realizó un estudio sobre la herencia del color de fibra en llamas y alpacas del altiplano boliviano, en el cruzamiento controlado de camélidos blancos y coloreados, con los resultados obtenidos planteó la teoría siguiente.

- a) Los colores básicos del vellón en llamas y alpacas, son el café y negro, siendo el color café completamente dominante sobre el negro, donde intervienen 3 series de alelos simples y una sola serie de alelos múltiples como: primer alelo, V que regula el color café y su alelo "v" regula el color negro, segundo alelo, para la expresión del vellón de color, es necesario la presencia del gen dominante C, que regula el vellón de color y su alelo recesivo c regula el vellón blanco; Tercer alelo S controla el color entero y su alelo s regula el color manchado; cuarto alelo controla el tamaño de la mancha y requiere la presencia del gen modificador Lw.
- b) De la interacción de estos 4 genes principales se expresan, los colores enteros como el café y negro, con participación de genes C y S, los vellones blancos se presentan por la acción del gen recesivo c, los vellones manchados se expresan por acción de genes C, V, v y s, las fibras completamente pigmentadas estaría regulado por los genes homocigotes del gen modificador LWLW, mientras que las fibras blancas enteras serían controlados por homocigotas recesivos lwlw.
- c) Los colores gris y rosillos, resultan de la mezcla de fibras blancas con negras y blancas con café respectivamente, dentro del color gris se presentan los grises enteros, gris con mancha blanca, gris con blanco, los blancos con mancha gris, se debería a la acción de los genes C, c en presencia de genes V o el gen v.
- d) El color ancestral de la llama sería el café, con patas y cara de color negro, lo que estaría determinado por el mayor porcentaje de llamas y alpacas de color café, a nivel de la población nacional.

En base a las observaciones realizadas, en comunidades campesinas y en granja modelo de Auquénidos La Raya del departamento de Puno, propone que el color de pelaje en alpacas, se debe principalmente a la acción de 4 genes: el gen V^+ que regula el color vicuña, C^+ para color negro, n^+ para color negro y el gen e^+ para extensión, Bustinza (1968), ésta serie de genes a permitido identificar los siguientes genotipos; color vicuña o silvestre regulado por los genes v^+ , c^+ , n^+ y ee , color café regulado por genes c^+ , n^+ , v^+ y ee , color negro regulado por los genes n^+ y c^+ el negro recesivo por los genes homocigotos vv y gg , el vellón blanco dominante regulado por el gen V^B , que presenta piel y mucosas pigmentadas, color L.F. o cervatillo, similar al color bayo en caballos, está regulado por el gen v^+ (Bustinza, 2000).

Toledo y San Martín (1948), en base a las informaciones analizadas y observaciones sobre el color de pelaje en animales indican lo siguiente:

- En el cruce de blanco x blanco puede producir cualquier color.
- En el cruce de animales de pigmentación uniforme, puede generar individuos manchados.
- En cruces de negro x negro o café negro x café negro o café negro x negro producen los mismos colores.
- Cruces de animales café x café pueden producir café negro o negro.
- En animales blancos se observa dos tipos: un tipo albino sin pigmentación y el otro blanco con diferentes grados de pigmentación.

Los mismos autores, para explicar la variabilidad del color en alpacas en base a sus observaciones, proponen que por lo menos participan en forma simultánea 3 pares de genes autosómicos, que se agrupa en 3 series:

- I Serie: Conformado básicamente por 3 genes, gen B regula el blanco dominante completo sobre toda la serie, C regula el café dominante incompleto sobre la serie, N controla el color negro, es un factor recesivo de la serie.
- II Serie: también formado por 3 genes, genes K' y K regula el color café dominante completo o incompleto sobre la serie, gen k regula el blanco recesivo de la serie.
- III Serie: Formado por 3 genes o 2 pares homólogos, un gen E regula la pigmentación uniforme y total, es dominante completo sobre la serie, gen y regula la presencia de manchas, con falta de dominancia sobre la serie, gen "x" regula los colores compuestos con falta de dominancia con el gen y recesivo para el gen E.

Plantean también las diferentes interacciones de genes como las siguientes: el gen B presenta una interacción con dominancia completa sobre los genes de la serie II, los genes C y N interaccionan con dominancia incompleta sobre genes de la serie II, el gen y en homocigosis disocia la dominancia, expresando las diversas manchas que corresponde a los genes de la serie I y II, el gen "x" en homocigosis convierte la dominancia de los genes de serie I, sobre serie II, regulando los colores compuestos, el par de genes xy actúa produciendo falta de dominancia entre los genes de la serie I y disociando la dominancia de genes de serie I sobre la serie II, generando colores compuestos con manchas de color simple, como también a los vellones de 3 colores.

2.1.6. Clasificación del color de fibra en alpacas

Barreda (2004), un reconocido criador de alpacas de la región Puno, manifiesta que la nomenclatura de colores en alpacas, puede variar del blanco al negro en forma gradual o puede ser interferida por las variantes del color gris, que se presenta en más de 4 variantes como gris negro y 3 del color gris colorado, siendo las principales tonalidades y denominaciones las siguientes (Cuadro 2.3)

CUADRO 2.3.
DENOMINACIONES DEL COLOR DE VELLÓN EN ALPACAS EN QUECHUA Y ESPAÑOL.

Color de vellón	En español (ingles)	En quechua
Colores Claros	Blanco	Yuracc
	Light Fawn X	millu
	Light Fawn	K'quello
	Light Fawn Z	Vicuña
	Castaño claro	Ch'chumpi
	Brown bajo	Pacco
	Castaño sangre	Yaguar chumpi
	Zaino (Negro bahido)	Waira
	Negro Neto	Yana chillo
Color gris y variantes negro y rojo	Gris claro	Yuracc oqqe
	Gris azulado	Azul oqqe
	Gris plata	oqqe
	Gris oscuro	Yana oqqe
	Rosado	K'curusa
	Colorado	Paca
	Gris – colorado	Yana paca

Fuente: Barreda. (2004).

En la época de los incas, existían grandes rebaños de alpacas de color clasificados, que lograron fijar más de 30 colores naturales y definidos, de estos se han perdido muchos colores, por efecto de la selección a favor de

alpacas de vellón blanco y bajos precios de la fibra, en la actualidad es muy raro encontrar majadas de alpacas de color entero. Por el color de vellón las alpacas se pueden clasificar, de acuerdo a los colores básicos como: a) tonos blancos que comprende el vellón blanco (B), Blanco manchado claro (BMC), Blanco manchado oscuro (BMO), Beige claro (LFX1). b) tonos de color, que comprende los colores, Beige oscuro (LFX2) y vicuña claro (LFY1), vicuña medio (LFY2), vicuña oscuro (LFY3), vicuña intenso (LFZ), café oscuro (CO), café oscuro marrón (COM), café oscuro negro (CON), gris (G), gris plata claro 1 (GP1), gris plata claro 2 (GP2), gris plata claro 3 (GP3), gris indefinido (GI), gris oscuro (GO) y negro (N), Espezua (2004).

Según la norma técnica peruana NTP 231-301 (2004), que se encarga de controlar, regular las definiciones, categorización, requisitos y rotulado de la fibra de alpaca en vellón, indica que para la clasificación por grupos de calidades de fibra de alpaca, se deben considerar ciertos criterios como la finura, longitud de fibra y color de fibra, seleccionado en forma manual y visual de las diferentes tonalidades de colores básicos naturales, que debe ser clasificado por un personal calificado cuyas especificaciones se detallan en Cuadro 2.4.

CUADRO 2.4.
CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA DE ALPACA POR EL TIPO DE COLOR,
SIMBOLOGÍA Y FENOTIPO.

Tipo de color	Simbología	Denominación
Colores enteros:	B	Blanco
	LFX	Beige
	LFY	Vicuña
	LFZ	Vicuña intenso
	CC	Café claro
	COM	Café oscuro marrón
	CON	Café oscuro negro
	GP	Gris plata
	GO	Gris oscuro
	N	Negro
Colores canosos:	BMC	Blanco manchado claro
	BMO	Blanco manchado oscuro
	GC	Gris claro con canas blancas
	NM	Negro manchado
Colores indefinidos	CI	Diferentes tonalidades no determinados

Fuente: Norma técnica Peruana-NTP. (2004)

En alpacas y llamas de color, las relaciones de dominancia no están bien establecidas como para fijar una escala genotípica, pero ha reconstruido una escala fenotípica de color, en base a los estudios de campo realizados en camélidos de Argentina y Bolivia, este método está basado en el estudio fenotípico del color de pelaje, utilizada en los programas de investigación y desarrollo de la Unión Europea, de caprinos y ovinos, la escala fenotípica del color de fibra en alpacas y llamas, se establece según el principio de 4 dimensiones los cuales son: el patrón de pigmentos, tipo de eumelanina, alteración del pigmento, tipo de diseño blanco, los aspectos relacionados a este tema, se encuentran en varios estudios realizados por Lauvergne *et al* (1998,

1991 y Lauvergne 1988a, 1988b), las variaciones fenotípicas identificadas en camélidos sudamericanos domésticos se aprecian en el Cuadro 2.5.

CUADRO 2.5.

LAS 4 DIMENSIONES DE VARIACIÓN DE COLOR DE FIBRA EN LLAMAS Y ALPACAS EN RELACIÓN A VARIANTES FENOTÍPICAS.

Variación	Variantes Feontípicas
1. Patrón de pigmentos	Tapado oscuro Doberman Cara negra Raya de mula Panza negra Silvestre vicuña Silvestre guanaco Tapado claro
2. Tipo de eumelanina	Negra Marrón chocolate
3. Alteración de pigmento	Gris Diluido
4. Diseños blancos	Mancha irregular Pintado Cargado Blanco

Fuente: Adaptado de Lauvergne, *et al.* (1998).

Entre los factores que afectan el valor comercial de la fibra de los camélidos, como una de las medidas subjetivas se considera el color de vellón, siendo el vellón blanco el más común, pero la fibra de los camélidos presenta una amplia gama de colores, este efecto puede constituir un problema cuando se utiliza un color específico. En los últimos años se ha observado un incremento de preferencia, en el uso de tejidos de colores naturales, por el contexto de la corriente ecológica, por ello los colores de fibra más deseables en alpacas son: el blanco, negro, marrón, rojizo y el café o dorado, pero un

problema que se observa con frecuencia es la falta de uniformidad, de estos colores de fibra que se está produciendo (Mc Gregor, 1997, Galloti, 1995).

En el proceso de esquila y clasificación mínima de la fibra de alpaca, con frecuencia se presentan alpacas de color dentro de un rebaño, en este caso es conveniente separar el vellón de color y luego es recomendable realizar la categorización según el color de fibra como: castaño claro, castaño oscuro, gris, rojo claro, negro y mezcla de los diferentes colores (FAO, 1996).

Dentro de las características cualitativas, que se tomaron en cuenta para la selección de alpacas de la provincia de Caylloma – Arequipa, mediante el Programa de Mejoramiento Genético (PROMEGE), se ha considerado el color de vellón a favor del vellón blanco uniforme que no sea albino, también a favor del vellón de color entero como, negro, marrón, LF y color silvestre, es decir los modelos considerados para la selección de alpacas, son el blanco uniforme no albino y los modelos de pigmentación uniforme (Renieri, 1995, 1994a, 1994b).

La clasificación del color de fibra en alpacas, presenta una terminología muy variada y muy rica para su descripción; se consideraban 3 gamas o series principales de colores como: a) El blanco o yuraq en un extremo de la escala, b) el negro o yana en el extremo opuesto y c) el color o Kulur ubicado entre ambos extremos, sus principales características son:

- La gama de Kulur presenta 7 colores básicos, cada uno formado por varias tonalidades que suman un total de 15 colores, en cambio la serie blanco y serie negro solo presentan 2 tonalidades,
- El criterio para clasificar los colores básicos, está dado por la proximidad hacia uno de los extremos, sea blanco o negro.

- También es frecuente que las alpacas presentan el vellón combinado en diferentes colores, con manchas de diferentes tonalidades,
- En relación a los colores oscuros se mencionan: el negro, café (chumpi), marrón (paqo), rojo (puka), tabaco o vicuña.
- Los colores claros, como el blanco, mapha o crema, puka khurusa o wanaku, el waqra, en cambio los colores combinados más frecuentes son el alqa que presenta 2/3 del cuerpo del color claro y 1/3 de color oscuro se ha observado por lo menos 26 variedades básicas de alqas, pero si el color oscuro ocupa la mayor parte del cuerpo se denomina akqusa.
- El color negro se denomina yana akqusa, cuando presenta el color marrón se denomina paco akqusa.
- Finalmente existen otros grupos de colores, que presentan una variedad de manchas, que pueden ser difusas, moteadas, alargadas y otras tonalidades (Flores y Macquarrie, 1995).

En la alpaca se diferencian dos variedades o razas, que reciben los nombres de Huacaya o Huacayo y el Suri, ambas variedades presentan diferentes tonos de color como: Ligth Fawn, castaño claro o color vicuña, castaño y café, también en las 2 variedades de alpacas los colores básicos son: Blanco, castaño y negro, los colores naturales pueden presentarse como mezclas homogéneas o como manchados (Villarroel, 1964, 1963).

Cardozo (1954), menciona que el vellón de la alpaca, que también presenta pelos, en forma general expresa los vellones blancos y negros enteros, también estos colores pueden presentar diversas tonalidades de colores, siendo los colores simples: blanco, negro y rojo, los colores

compuestos y conjugados, el color canoso o tordillo se debe al efecto de la edad avanzada y no se debe considerar como una coloración propia, sino como un color influenciado por la edad.

Los colores del vellón en la alpaca se dividen: a) Colores simples, donde los colores básicos son el blanco, el café y el negro, observándose una gama de tonalidades que varían del blanco al café y del café al negro, b) colores manchados, están formados por colores como: los píos, overos o berrendos, en los que se puede presentar manchas de extensión variable, desde lunares en la cara hasta las manchas que abarcan la mitad del cuerpo, que puede ser de 1 ó 2 colores diferentes, en relación al color que predomina en el cuerpo, c) colores compuestos, se caracteriza por estar formado por la mezcla de fibras de 2 o más colores, generando los grises (blanco con negro), los roanos o ruanos (blanco y café, café y negro) y colores canelas (blanco, café y negro), también se observan animales de colores simples, que presentan manchas de color compuesto (Toledo y San Martín, 1948).

2.2. Expresión de caracteres fenotípicos de la fibra de alpacas

Klug *et al* (2006), mencionan que el mecanismo mediante el cual, los genes o caracteres se transmiten del progenitor a la progenie (padres a hijos), también de una generación a la siguiente generación, se denomina como la transmisión o genética de la transmisión, al respecto Puertas (1999) agrega que los individuos, que presentan una reproducción sexual como los mamíferos, presentan una variación genética de sus caracteres fenotípicos, debido a que durante el proceso de la reproducción cada progenitor transmite sus genes, es decir aporta diferentes caracteres.

El gen o gene es un término establecido por Johansen en 1909, originalmente en Alemán, posteriormente se designó como gene en inglés, el gen es la unidad básica de la herencia, de los caracteres cualitativos o cuantitativos, está constituido por una serie, número y secuencia definida de aminoácidos. Alelo o alelos son las formas alternativas de un gen, por tanto diferentes alelos, pueden producir diferencias en los caracteres observables, que se denomina fenotipo de un individuo, la dotación o conjunto de alelos que lleva un individuo, para la expresión de un carácter determinado se denomina genotipo (Klug *et al*, 2006, Tamarín, 1996). Gen dominante es aquel gen que expresa o manifiesta su carácter en estado homocigota o en estado heterocigota, impidiendo la expresión del gen recesivo, sea en forma total o en forma parcial en la F1, en cambio el gen recesivo es cuando su acción no se manifiesta, cuando está presente su alelo dominante, pero se puede expresar solo en estado de homocigota recesivo (Robles, 1995).

Cada alternativa de un carácter diferencial, está determinado por un factor hereditario denominado gen, en la mayoría de individuos superiores, cada individuo es portador de 2 genes para la expresión de cada carácter, así cada par de caracteres diferenciales planteados por Mendel, está determinado por 2 genes como, A y a, también conocidos como alelomorfos o simplemente alelos, de manera que el gen A es alelo del gen a, en forma similar a es alelo de A, formando ambos un par alélico. Por extensión el gen determinante de un carácter, que se expresa plenamente en la progenie o el híbrido F1 se llama dominante, mientras que el recesivo es el que no se expresa en el híbrido F1, pero vuelve a expresarse en la segunda generación (F2) y se dice que el gen A domina a su alelo a, a los individuos que presentan el genotipo AA o aa se

denomina homocigotas y heterocigotas a los que presentan el genotipo Aa, con las formas parentales constantes y a las formas híbridas de Mendel (Lacadena, 1999).

Todos los individuos reciben una información genética de sus antecesores, cuyas unidades se denominan genes, que están constituidos del mismo material que todas las células, como el ADN (Ácido desoxirribonucleico), con capacidad de replicación así mismo reproducirse de una generación a otra. Los caracteres biológicos son hereditarios, por tanto cada carácter biológico está directamente relacionado con un gen, debido a que un gen es una entidad biológica, si un hombre tiene ojos pardos (marrones), es porque su padre, su madre o ambos progenitores tienen ojos pardos, luego transmiten este carácter biológico a través de un gen llevado por sus gametos, en el cruzamiento de individuos que tienen caracteres diferentes, como distinto color de pelo, color de ojos, estos transmitirán a sus hijos diferentes genes y como consecuencia se observa una variación entre los hermanos, pues los diferentes gametos pueden llevar diferentes genes que regulan estos caracteres, sin embargo los individuos de una línea pura, transmiten a sus hijos siempre los mismos genes y puede presentarse una variación genética entre la progenie (Puertas, 1999).

Sobre la expresión de un carácter la misma autora manifiesta, el fenotipo que se observa en un individuo, ejemplo el color de ojos, el pigmento que se encuentra en los ojos necesitará para su biosíntesis, la acción de varias enzimas en las rutas metabólicas para la formación de pigmentos, de acuerdo a la hipótesis “un gen – un enzima”, en el carácter biológico como color de ojos, intervienen varios genes, el interés de los investigadores es conocer cuántos genes diferentes participan en la determinación de cada carácter biológico, se

ha definido los alelos, como la forma alternativa de un mismo gen producidos por mutación, por lo tanto los diferentes alelos afectan a un mismo carácter biológico, en la expresión fenotípica producida por la interacción de 2 alelos diferentes, cuando el alelo cuyo fenotipo se expresa en el heterocigota, se dice que es dominante, pero cuando no se expresa se dice que es recesivo, es importante recalcar que la dominancia y la recesividad no son propiedad de los alelos, al contrario constituyen el resultado de la interacción, de los 2 alelos en cada genotipo específico que regula un carácter.

Aunque la herencia del color de capa en los mamíferos, es un carácter cualitativo regulado por pocos pares de genes, sin embargo en la práctica pueden presentarse algunas dificultades, una de ellas es la epistasis o interacción entre genes, se refiere cuando un alelo determina la expresión fenotípica de otro alelo de distinto gen, es decir no permite que entre otro par de genes y se denomina hipostático (Puertas, 1999, Robles, 1995), un caso de epistasis se presenta por el enmascaramiento de varios alelos del locus tabby por el alelo no agutí, los gatos homocigotas para este locus presentan un color negro entero, otro problema se refiere a que se puede utilizar alelos en diferentes loci, con la misma validez para explicar ciertos colores de pelaje, al respecto existen 2 reglas válidas para la herencia del color de capa en caballos: "la Regla del castaño" dice que en el cruce de castaño x castaño, no se produce nunca una progenie de color negro, marrón, bayos ni grises, "Regla del Gris" plantea que un caballo gris, debe tener al menos un progenitor de color gris (Nicholas, 1998).

La segregación se refiere, al proceso de separación de 2 alelos que constituyen un heterocigota, en las células o individuos que se diferencian

fenotípicamente, se refiere a 2 condiciones, a) desde el punto de vista citológico, indica la separación de estructuras homólogos, en este caso la separación de cromosomas homólogos, hacia las diferentes gametos durante la meiosis, b) desde el punto de vista genético, se refiere al proceso de aparición de 2 fenotipos correspondientes, a los 2 alelos de un gen, que puede presentarse en individuos diferentes denominado como la segregación meiótica, ejemplo si un miocito diploide es heterocigota Aa, entonces la mitad de los productos haploides de la meiosis, llevarán el gen A y la otra mitad el gen a, o también en diferentes tejidos denominado como la segregación mitótica (Griffiths *et al*, 2000).

Las expresiones de dominancia y recesivo, deben aplicarse al fenotipo, en la que, el fenotipo dominante se establece después de comprobar la expresión del carácter en la progenie (F1), sin embargo un fenotipo que es una descripción del carácter observable, obviamente no puede ejercer una dominancia, al respecto Mendel demostró que la dominancia de un fenotipo sobre otro, se debe en realidad a la dominancia de un alelo, de la pareja génica sobre el otro. Para aclarar los términos relacionados al gen y alelo, se debe considerar sus significados a nivel del ADN, cuando se analizan los alelos A y a, con técnicas modernas de genética molecular, se descubre que son idénticos en gran parte de su secuencia, solo se diferencian en pocos nucleótidos, visto de otra forma el gen es un término genérico y alelo un término específico, por ello los fenotipos reflejan claramente las diferentes acciones de alelos diferentes, por tanto se debe utilizar legítimamente, los términos de alelo dominante y alelo recesivo, para referirnos a los

determinantes de los fenotipos dominantes y fenotipos recesivos (Griffiths *et al*, 1997).

Mendel ha desarrollado un esquema de análisis, para la identificación de los genes principales que controlan cualquier carácter o función biológica, empezando por 2 fenotipos diferentes como, el caso del color púrpura y color blanco de los pétalos del guisante de jardín, que presenta un tipo de gen, que ejerce un efecto profundo sobre el color de los pétalos en forma dominante C, regula los pétalos de color púrpura y en su forma recesiva "c" controla los pétalos blancos. El procedimiento o ruta básica, que se debe seguir para realizar el análisis mendeliano de un solo carácter, comprende los siguientes pasos, tomando como ejemplo el color de los pétalos:

- a) Procedimiento experimental que comprende lo siguiente:
 - Escoger 2 líneas puras que se diferencian en un carácter, caso de flores rojas (púrpuras) con flores blancas.
 - Realizar el cruzamiento de ambas líneas puras.
 - Auto fecundar los individuos de la primera generación (F1).
- b) Análisis de los resultados, donde los individuos de la primera generación (F1) de este cruce, todos deben expresar o presentar el color púrpura y en la segunda generación (F2), debe presentar $\frac{3}{4}$ para color púrpura y $\frac{1}{4}$ para blancos.
- c) Como inferencias, se plantean: primero la diferencia en el carácter está controlado por un gen principal para el color de la flor, segundo el alelo dominante de este gen, determina los pétalos de color púrpura y el alelo recesivo los pétalos de color blanco.

La interpretación simbólica, para este carácter de color de la flor es de la siguiente forma:

Fenotipo	Genotipo	Alelo	Gen
Púrpura (dominante)	CC (homocigota dominante)	C (dominante)	Gen par el color de la flor.
	Cc (Heterocigota)	c (recesivo)	
Blanco (recesivo)	cc (homocigota recesivo)		

Fuente: Griffiths *et al* (1997).

Una forma de comprobar la teoría de segregación o Ley de Segregación, es mediante el cruzamiento de prueba, que consiste en cruzar los individuos F1 con individuos homocigotas recesivas, debido a que los gametos que producen los homocigotos recesivos, contienen siempre el alelo recesivo, los fenotipos de la progenie estarán determinados por los alelos que llevan los gametos producidos por el otro progenitor, cuando un gameto del individuo que se prueba lleva el alelo recesivo. En este caso la progenie (F1) expresa el fenotipo recesivo, pero cuando lleva el alelo dominante la progenie F1 presentará o expresará el fenotipo dominante, de esta forma se puede comprobar los genotipos de un individuo que se somete a prueba, determinando los fenotipos de la progenie (Tamarin, 1996).

La herencia de color en humanos y animales, se debe a la acción de varios genes que regulan la formación de los pigmentos de melanina, con efectos de dominancia completa, sin dominancia, dominancia incompleta y los efectos recesivos, cuando se refiere a los genes que controlan caracteres de importancia, se debe hacer una diferencia muy clara, entre los genes cualitativos y los cuantitativos como:

- a) Genes cualitativos, que se denominan como genes de variación discontinua, genes mendelianos, genes simples, genes mayores, genes

de herencia simple y oligogenes, que regulan los caracteres cualitativos que expresan diferencias entre los fenotipos, ejemplo color de pelaje, color de ojos, se caracterizan por que estudian los caracteres de clase, con variación discontinua, no tienen efecto del ambiente, por lo general son genes sin ligamiento, las poblaciones no forman una curva de distribución de tipo normal, están reguladas por pocos pares de genes.

- b) Genes cuantitativos, también denominadas como e genes de variación continua, genes de efectos métricos, genes múltiples, genes menores, genes acumulativos, poligenes, que controlan los caracteres cuantitativos, como producción de carne, leche, peso vivo, peso de vellón, longitud de mecha, etc., se caracterizan por ser caracteres de grado, controlado por muchos pares de genes, con dominancia incompleta y ausencia de dominancia, variación continua, son influenciados por el ambiente, presentan muchos poligenes ligados, con distribución de una curva normal (Guzman, 1996; Cardellino y Rovira, 1987).

En forma general los caracteres fenotípicos de la producción de fibra en alpacas y llamas, están regulados por 2 tipos de acción de genes como los siguientes:

- 1) Acción de genes de efectos mendelianos o efectos simples, se refieren a los caracteres de Herencia Mendeliana o Herencia cualitativa, que se caracterizan por ser caracteres de clase, regulado por pocos pares de genes. Los principales caracteres de la fibra en alpacas, que son heredados mediante la herencia cualitativa son:

- Color de vellón o color de fibra, es una característica genética multifactorial, controlado por 7 a 8 series de genes autosómicos e independientes.
- El tipo de vellón, éste carácter es controlado por 2 series alélicas independientes, que interactúan con efectos epistáticos recesivos y letales donde los genes S y H controlan el vellón tipo Huacaya y los genes S-hh y ssHH regulan el vellón tipo Suri.
- Rizamiento de la fibra, la ondulación de la fibra es regulado por los genes R que regula el carácter liso y su alelo "r" controla el carácter rizado.
- Color de ojos, está regulado por el gen Z que controla la pigmentación normal del ojo y su alelo "z" controla la falta de pigmentación o los ojos zarco.

2) Acción de genes aditivos o efectos múltiples, son una serie completa de pares de genes, que constituyen la herencia cuantitativa, donde los genes actúan juntos, de tal forma que los efectos son aditivos o acumulativos, los caracteres productivos son regulados por muchos pares de genes, los más importantes son: diámetro de fibra, la uniformidad del vellón, densidad del vellón, peso de vellón, longitud de mecha, conformación, ondulación de fibra por pulgada (Bustinza, 1996).

Un fenotipo se refiere a cualquier característica medible o característica cualitativa que posee un individuo, que puede ser visible a la observación como el color de una flor, la textura del cabello, etc., también puede requerir pruebas especiales para su identificación, como el caso de las pruebas serológicas para determinar los grupos sanguíneos, en cambio el genotipo se refiere, al conjunto

de genes que posee un individuo. Cuando un par de alelos se expresa fenotípicamente, solo con el genotipo homocigota se denomina a este alelo como factor recesivo, mientras que el alelo, que se expresa tanto en estado de heterocigota, como en homocigota se denomina factor dominante, algunos términos relacionados a la expresión de caracteres mendelianos son:

- Homocigota, se refiere a la unión de gametos portadores de alelos idénticos, que produce un genotipo homocigota y que también produce un solo tipo de gametos.
- Heterocigota, es la unión de gametos portadores de alelos diferentes que produce un genotipo heterocigota y produce diferentes tipos de gametos.
- Línea pura, se refiere a un grupo de individuos con antecedentes genéticos similares, que con frecuencia se denomina, línea, cepa, variedad o raza, el apareamiento de individuos estrechamente relacionado por muchas generaciones, produce una población homocigota para casi todos los loci, cuando se cruzan individuos homocigotas entre sí de una línea pura, produce solo una descendencia homocigota similar a sus progenitores (Stansfield, 1992).

Los criterios que se consideran para determinar, si un carácter es dominante o recesivo, se utiliza como criterio de decisión lo siguiente: a) se considera como carácter dominante, aquel que se expresa en la primera generación (F1), en el cruzamiento entre individuos que exhiben, caracteres regulados por genes alélicos, donde los dominantes siempre se manifiestan en la primera generación, en cambio los recesivos permanecen ocultos, no solo en la primera generación, si no en las siguientes generaciones, debido al efecto de

los heterocigotas, es decir en estado de heterocigota el gen recesivo puede permanecer sin expresarse por muchas generaciones, b) el mayor número de individuos que presentan una característica determinada por un gen, no es un criterio decisivo para considerar si es dominante o es recesivo, ejemplo la mayor población de los vacunos presenta cuernos, que está regulado por un gen recesivo, mientras que la ausencia de cuernos se presenta en menor frecuencia, pero está regulado por un gen dominante (Oliver, 1982).

Cuando el fenotipo del heterocigota, no se diferencia de uno de los homocigotas, se presenta la condición de la dominancia, por lo tanto, "el principio de la dominancia" establece en la progenie de cualquier apareamiento entre individuos puros, recibe los alelos diferentes de cada progenitor, uno de estos alelos será dominante y el carácter regulado por este alelo dominante será expresado, mientras que el carácter regulado por el alelo recesivo permanecerá sin expresión, ejemplo en el color de vellón en alpacas propuesta por Velazco (1981), indica que un par de genes controla el contraste del color marrón versus el color negro. El alelo R regula el color marrón que sería dominante y su alelo recesivo "r" para color negro, de manera que los genotipos RR y Rr producirían el fenotipo marrón y el genotipo "rr" regularía el color negro, entonces en el cruce de alpacas heterocigotas Rr x Rr produce una segregación de 3:1 donde el 75% son marrones formado por 25% RR y 50% Rr y solo el 25% son negros (25% rr), un apareamiento del tipo Rr x RR o Rr x rr se denomina retrocruza, pero el tipo de apareamiento de un individuo, que lleva el gen dominante RR o Rr con un individuo homocigota recesivo "rr" se denomina como cruzamiento de prueba, es la forma más directa para determinar si el individuo es homocigota o heterocigota (Ruiz de Castilla, 1994).

2.3. Tipo de vellón en alpacas

En alpacas se han descrito dos tipos diferentes de vellón, el tipo Huacaya es una variedad como producto de la domesticación de la vicuña, actualmente constituye el fenotipo más común, presenta un vellón de capa simple con fibras compactas, suave fuertemente ondulado, que es parecido al vellón de ovinos Merino, que se ha encontrado en momias de la época pre-inca, en lugares arqueológicos, lo que sugiere que fue seleccionado a principios de la domesticación de la vicuña, mientras que el tipo Suri, se cree que se ha derivado del Huacaya a través de mutaciones de genes, presenta un vellón simple, es grueso y suave, menos ondulado, brillante y sedoso, las mechasson son de forma de sacacorchos, el tipo Suri es fácilmente detectado al nacimiento.

Después de la domesticación de las primeras razas de mamíferos productoras de lana, estos fueron sometidos a una fuerte presión de selección, para obtener una fibra textil de características superiores (Zeuner, 1963; Barber 1991), como consecuencia los folículos de la piel y estructura del vellón, han cambiado en forma drástica por efectos de las mutaciones, ejemplo las especies silvestres que presentaban una doble capa de vellón, comenzaron a producir variedades de razas, con una sola capa de vellón o vellón simple, varios tipos de animales de vellón simple figuran entre ellos están, los ovinos merino, caprinos, angora y cachemira, así como conejos productores de fibra (Purvis y Franklin, 2005; Allain y Renieri, 2010).

En base a los registros del libro genealógico de la Asociación de criadores de alpaca de Australia, se han probado 3 modelos sobre el tipo de vellón en alpacas: modelo 1 un locus con 2 alelos, modelo 2 un locus con 3

alelos y modelo 3 con 2 locus (epistasia), de acuerdo a los resultados obtenidos, el modelo 2 de un locus con 3 alelos es rechazada, mientras que el modelo 1 de un locus con 2 alelos es el más adecuado (Baychelier, 2000), también se probaron 4 modelos de herencia para tipo de vellón, en 588 crías y 19 familias del cruce Suri x Suri, en este caso el mejor modelo que se ajusta, fue el modelo de un locus y 2 alelos, lo que indica que el tipo Suri es dominante, así mismo este efecto hace notar, que un pequeño número de crías tipo Suri, se han observado entre la descendencia de un gran número de alpacas del cruce Huacaya x Huacaya, habiéndose observado 12 Suris nacidos de un total de 8,446 crías tipo Huacaya (Renieri *et al*, 2009).

Se han formulado diversas teorías, sobre el mecanismo hereditario del fenotipo de alpacas Suri respecto al Huacaya, en el rebaño de alpacas del Programa de Mejoramiento Genético (PROMEGE), del Centro de Desarrollo Alpaquero de Toccra – Arequipa, se ha analizado los datos de segregación; relacionado a 588 alpacas formado por 62 familias de medios hermanos paternos, nacidos del apareamiento de Suri x Suri y 2,126 alpacas formados por 177 familias de medios hermanos paternos, producto del cruce Huacaya x Huacaya, se han probado 4 hipótesis para un modelo de 2 fenotipos: a) la hipótesis de un solo gen dominante, hipótesis probada (7 Suris: 1 Huacaya), b) Tres hipótesis de epistasia como, Doble epistasia dominante (15 Suris: 1 Huacaya), doble epistasia recesiva (9 Huacayas : 1 Suri) y Epistasia dominante y recesiva (13 Suris : 3 Huacayas), solamente la hipótesis de un solo gen dominante, resultó apropiado para explicar la segregación entre el fenotipo de Suri y Huacaya, donde la frecuencia del gen recesivo Huacaya, estimado con el método modificado de Single Jackknife Estimator fue de 0.295, y la frecuencia

del gen dominante para Suri es de 0.705, la frecuencia de los heterocigotas resuelto en 0.416 en toda la población.

En este mismo estudio, para el cruce Huacaya x Huacaya nacieron 2,126 animales, de estos 1,009 fueron hembras y 1,117 machos, resultaron con fenotipo Huacaya 2,123 animales y 3 Suris, nacidos en 3 familias diferentes, el cual es producto de una nueva mutación inversa, a nivel de los gametos de progenitores, en este caso el gen responsable para la expresión del fenotipo Huacaya y Suri, estaría dado por efecto de una mutación recurrente, que se presenta con una tasa mutacional de $3/2126 = 0.000141$, en el caso de nacimiento de Suri se explica, por el hecho de que a veces se ha considerado como recesivo, algunos autores describen la presencia de un fenotipo intermedio denominado Chili, que también se ha descrito en la llama (Renieri *et al*, 2007).

Para caracterizar y analizar la estructura de la fibra en alpacas, como un parámetro principal, se puede utilizar la frecuencia de escamas de células de la cutícula, cuyo rango varía entre 3 y 18 (Antonini *et al*, 2001), el parámetro para diferenciar la fibra de tipo Suri, se podría considerar con un valor de 7 escamas/100 um, debido a que las fibras con menor finura a 35 um, presenta un valor de 7.5 y las fibras con mayor diámetro a 35 um, presenta 8.22 escamas o células cuticulares, los resultados de la frecuencia de escamas de la fibra de Suri, con relación al diámetro de fibra menor a 35 um, se puede utilizar en la selección, para obtener estructuras de una sola capa de vellón (Renieri *et al*, 2004).

La alpaca presenta 2 variedades la Suri y Huacaya, a) alpaca Huacaya presente un vellón de aspecto más esponjoso, más denso que cubre todo el

cuerpo, con temperamento nervioso, con aptitud para producción de fibra y carne, presenta una cabeza pequeña, línea superior ligeramente cóncava, con abundante crecimiento de fibra densa y compacta, la fibra es rizada muy similar al ovino Corriedale, b) alpaca Suri, es de menor población que el Huacaya (90%), se caracteriza por presentar un temperamento menos nervioso y más delicado que el Huacaya, la fibra es más fina, ligeramente ondulada, más fuerte, suave, flexible, sedosa, lacio, con mecha más larga, que cae desde la línea media de la espalda, dorso, parte de grupa a ambos lados del cuerpo, dando la apariencia de un ovino Lincoln, las mechass pueden llegar al suelo cuando el animal no es esquilado en forma adecuada, es más propenso al ataque de enfermedades que la alpaca Huacaya (Espezúa, 2004).

Barreda (2001), menciona que en el cruzamiento de 200 hembras Huacaya blancas por 8 machos Suri de alta calidad de 4 y 6 años de edad, que han producido 138 crías, con un porcentaje de natalidad de 68 a 70%, los resultados de este cruzamiento, fueron de gran efectividad, realmente inesperada y sorprendentes, donde el número de crías con fenotipo Suri alcanzó a 124 animales, solo habían 14 crías con fenotipo Huacaya, con estos resultados el Sr. Barreda afirma que está en condiciones de asegurar y certificar la pureza de Huacayos y Suris, por su homogeneidad fenotípica y productiva, sobre todo por su heredabilidad, en que los Huacayos solo dan Huacayos en forma similar los Suri solo producen Suris, concluyendo que el Suri es dominante.

En alpacas Huacaya las fibras y mechass se disponen en forma perpendicular a la superficie del cuerpo, en cambio en el Suri las mechass se mantienen en forma paralela a la superficie del cuerpo por falta de rizos, el

vellón de Huacaya presenta una superficie áspera con rizos pronunciados, semejante al vellón del ovino Corriedale, acepta con facilidad los tintes, mientras que el Suri presenta fibras de superficie lisa, es lacia, sin rizos, esto hace que no puede absorber fácilmente los tintes, se parece al vellón del ovino Lincoln, el Huacaya presenta un mayor poder fieltrante, debido a que las células cuticulares son más imbricadas y cerradas, en cambio el Suri tiene un menor poder fieltrante, el Huacaya presenta un vellón de menor flexibilidad, elástica y menor suavidad, por el contrario el Suri tiene una fibra flexible, elástica y suave a la palpación, solo es superado por la fibra de vicuña (Solis, 1997).

Entre los camélidos sudamericanos como la alpaca, se distinguen dos tipos de vellón, el tipo Huacaya y el Suri, con predominio del Huacaya que representa el 90% de la producción de fibra de alpaca que se procesa en el Perú (Hoffman y Fowler, 1995), el tipo Suri se caracteriza por presentar un vellón con fibra lustrosa y sedosa sin rizos, parecido al vellón de la cabra Angora, con una característica particular que es su lustre. La expresión del vellón tipo Suri parece ser dominante sobre el Huacaya, pero entre los cruces Suri x Huacaya, puede observarse animales intermedios, que no presentan una estructura determinada de vellón (Ponzoni *et al*, 1997).

El mecanismo de herencia de los fenotipos Suri y Huacaya no está bien definido, la hipótesis de Suri recesivo ha sido abandonado, dejando a favor del modelo de dominancia simple de Suri que presenta una mayor aceptación, en el cruzamiento de Huacaya x Huacaya se llegó a obtener 129 crías tipo Huacaya, en los cruces de Suri x Huacaya se obtuvo 9 Suris y 3 Huacayas pero en el cruzamiento de Suri x Suri se obtuvo 422 crías Suri y 89 crías

Huacaya, con estos resultados se ha planeado un modelo de un locus, con un alelo dominante para alpaca Suri (Calle, 1982 y Velazco, 1980).

2.4. Características físicas de fibra en alpacas de color

2.4.1. Peso vivo

El peso vivo al nacimiento (Kg) en alpacas Suri, en el CIP Quimsachata según color de fibra fueron: para Api (AP) con 7.0, Gris (GR) de 6.40, café oscuro (CO) de 6.15, Negro (N) con 6.10, Light Fawn (LF) con 6.06, café (CA) con 5,96, Café rojizo (CR con 5,83, manchado (MN) con 5.75, café claro (CC) con 5.67 y blanco (BL) con 5,53, presentando un mayor peso las alpacas de color Api y color gris, y con menor peso corporal los animales de color café claro y el blanco (Huanca *et al*, 2005).

La ganancia de peso vivo en alpacas Suri, es rápida desde el nacimiento hasta el año de edad, luego se incrementa en forma lenta conforme pasan los años, también se observa una ligera variación en relación al sexo, donde los machos presentan un mayor peso que las hembras (Cuadro 2.6).

CUADRO 2.6.

PESO VIVO PROMEDIO (KG) EN ALPACAS SURI SEGÚN SEXO Y EDAD

Edad (años)	Machos	Hembras	Promedio
1	31.02	30.34	30.68
2	40.38	42.60	41.49
>3	62.50	56.67	59.58

Fuente: Huanca *et al*. (2005).

El peso vivo promedio al nacimiento (Kg) en alpacas Huacaya de color, presenta una variación, siendo el peso vivo de crías de color café oscuro superior (6.82 Kg) al peso de crías de color negro (6.62 kg) y otros colores como LF, café claro y café, también son variables los pesos vivos al nacimiento, según las zonas agroecológicas como la puna seca y puna

húmeda de la región Puno. La mejor ganancia de peso vivo del nacimiento hasta destete fue para alpacas de color café oscuro con una ganancia de 21.18 Kg frente al color negro que solo alcanzó una ganancia de 20.81 Kg, en menor magnitud se presentó en alpacas LF con 17.09 Kg, estos valores obtenidos en estas alpacas de color, podría estar en relación a la pigmentación con menor pérdida de energía en alpacas de color, como café oscuro y negro, observándose un mayor peso vivo al destete, comparado con animales de fibra de colores claros como el café (Cuadro 2.7).

CUADRO 2.7
PESO VIVO PROMEDIO (KG) AL NACIMIENTO, DESTETE Y GANANCIA DE
PESO EN ALPACAS HUACAYA DE COLOR.

Color de fibra		Peso al nacimiento	Peso al destete	Ganancia de peso (Kg) nacimiento – destete
Café oscuro	(CO)	6.82	28.00	21.18
Negro	(N)	6.62	27.43	20.81
Light Fawn	(LF)	6.55	23.61	20.25
Café claro	(CC)	6.35	26.60	19.87
Café	(CA)	6.28	26.15	17.06
Promedio		6.52	26.36	19.83

Fuente: Adaptado de Huanca *et al.* (2005).

En base a 3 campañas de producción, el peso vivo y peso al destete en alpacas Huacaya de color, las crías de color negro presentaron el mayor peso al nacimiento con 6.54 Kg, mientras que las crías de vellón blanco registraron pesos menores, con relación a los animales de vellón oscuro con significación estadística, en forma similar el peso vivo promedio al destete, se observó en alpacas de color oscuro como el gris con 29.90 Kg, color negro con 26.80 Kg y con menor peso, los animales de vellón blanco con 24.05 Kg, estos resultados permiten señalar que la selección a favor de alpacas de vellón blanco, implican

la pérdida de genes valiosos, que controlan el color de fibra, con relación al peso vivo (Cuadro 2.8).

CUADRO 2.8
PESO VIVO PROMEDIO (KG) AL NACIMIENTO Y DESTETE EN ALPACAS
HUACAYA SEGÚN COLOR UNIFORME DE FIBRA DEL ANEXO
QUIMSACHATA.

Color de fibra		Número animales	Peso al nacimiento	Peso al destete
Negro	(NE)	129	6.54	26.80
Café claro	(CC)	105	6.38	25.61
Café rojizo	(CR)	65	6.36	26.31
Café	(CA)	171	6.33	24.78
Color crema	(LF)	137	6.32	25.50
Café oscuro	(CO)	167	6.23	24.91
Api	(AP)	21	6.10	26.06
Gris	(GR)	24	6.04	29.90
Blanco	(BL)	159	6.10	24.05
Promedio		978	6.27	25.65

Fuente: Apaza y Huanca, (2003).

En alpacas Huacaya del CIP La Raya, el peso vivo promedio en la primera esquila fue de 28.97 Kg y en la segunda esquila de 49.36 Kg, el peso vivo para alpacas de color, para la primera y segunda esquila se determinó para color café oscuro en 39.20 Kg, café claro en 39.39 Kg, LF de 40.21 Kg y negro con 37.85 Kg, observando que alpacas LF presenta un peso relativamente mayor que los otros colores (Loza *et al*, 2001).

En alpacas de vellón blanco, el peso vivo es ascendente de tuis a los adultos, los machos tanto de Huacaya y Suri presentan un mayor peso que las hembras, los tuis machos Suri pesan 44.80 kg y los Huacayos pesan 46.90 Kg, mientras que las hembras Suri pesan 51.25 Kg y Huacayas tienen un peso de

50.40 Kg, estos datos indican que los tuis machos son de menor peso que los tuis hembras (Solis y Sierra, 1996).

2.4.2. Peso de Vellón

Apaza y Huanca (2003), determinaron el peso de vellón en 310 alpacas Huacaya, en la primera, segunda esquila y en los adultos en 9 colores definidos, del Banco de Germoplasma de alpacas de color del anexo Quimsachata, los pesos de vellón varían según la edad de los animales y el sexo, para la primera esquila los mayores pesos se registran, para alpacas de color gris con 1.60 Kg, café rojizo con 1.50 Kg, y el menor peso en alpacas de color Roano con 1.10 Kg, también el peso de vellón en machos alcanzó a 1.42 Kg y las hembras solo registró en 1.35 Kg (Cuadro 2.9).

CUADRO 2.9
PESO VELLÓN (KG) EN ALPACAS HUACAYA DE COLOR SEGÚN SEXO Y
NUMERO DE ESQUILAS DEL ANEXO QUIMSACHATA.

Color de fibra	Primera Esquila			Segunda Esquila			Adultos		
	M	H	Prom.	M	H	Prom.	M	H	Prom.
Gris (GR)	1.70	1.50	1.60	2.6	2.3	2.45	3.4	2.7	3.29
Café rojizo (CR)	1.51	1.49	1.50	2.3	2.1	2.20	2.6	2.3	2.45
Café (CA)	1.50	1.46	1.48	2.4	2.2	2.30	2.4	2.5	2.43
Café claro (CC)	1.50	1.40	1.45	2.4	2.3	2.35	2.8	2.2	2.53
Negro (NE)	1.50	1.35	1.43	2.7	3.0	2.85	3.4	2.8	3.10
Color crema (LF)	1.45	1.35	1.40	2.4	2.2	2.30	3.4	2.9	3.13
Blanco (BL)	1.40	1.33	1.34	2.1	2.2	2.14	2.5	2.1	2.30
Café oscuro (CO)	1.20	1.20	1.19	2.3	2.0	2.13	2.9	2.6	2.73
Roano (APL)	1.10	1.09	1.10	1.7	1.9	1.80	3.3	2.4	2.85
Promedio	1.42	1.35	1.39	2.32	2.24	2.28	3.01	2.50	2.76

Fuente: Apaza y Huanca, (2003).

2.4.3. Longitud de mecha

El vellón de alpacas de color, con relación a la longitud de mecha en la región Puno, también presenta una variación de acuerdo a la clase, número de esquilas, color de fibra, zonas ecológicas, sistema de crianza. En alpacas Suri de 1-2 años de edad, la mayor longitud de mecha presentan las alpacas de color café claro con 14.18 cm el color negro y roano con 14.14 cm, con menor longitud de mecha las alpacas de color gris con 13.34 cm. En cambio en alpacas Huacaya presentan una variación desde 13.11 cm en alpacas de color negro hasta 9.88 cm en alpacas de vellón blanco (Cuadro 2.10).

CUADRO 2.10
LONGITUD DE MECHA (CM) EN ALPACAS SURI Y HUACAYA DE COLOR
EN LA REGIÓN DEL ALTIPLANO.

Color de fibra	(1) Suri Quimsachata	(1) Huacaya Quimsachata	(2) Huacaya La Raya	(3) Huacaya La Raya	(3) Huacaya R.Alianza	(4) Huacaya Mazo Cruz
Café claro	14.8	11.96	11.13	11.12	10.84	10.06
Negro	14.14	12.08	11.36	11.91	11.81	13.11
Roano	14.14	11.95	-	-	-	-
Café rojizo	14.10	11.86	-	-	-	10.70
Café	14.09	11.90	-	11.17	11.49	-
LF	13.71	12.08	11.13	11.21	10.50	12.11
Blanco	13.55	11.99	-	-	-	9.88
Café oscuro	13.53	11.88	11.0	10.33	10.33	12.20
Gris	13.34	11.81	-	-	-	-

Fuente: 1) Montesinos, (2000), 2) Loza, (2001), 3) Clavetea. (2003) y 4) Mamani, (2006).

2.5. Frecuencia de alpacas de color

En rebaños de alpacas de color a nivel de comunidades campesinas y pequeños criadores de la provincia de Lampa (cordillera occidental o puna

seca) y provincia de Carabaya (cordillera Oriental o Puna húmeda), en una población de 43,190 alpacas Huacaya y 3,796 alpacas Suri, se determinó la variabilidad de la frecuencia de alpacas de color mediante la observación fenotípica, los resultados muestran para color entero en alpacas Huacaya una frecuencia de 85.41%, otros colores indefinidos 11.55%, colores dobles en 3.03% y colores triples de 0.01%, en colores enteros se ha identificado 7 fenotipos como blanco con 88.71%, LF 4.83%, café claro 2.68%, café 1.78%, negro 0.94%, café rojizo 0.64% y café oscuro con 0.48%, en alpacas Suri para vellón blanco 85.10%, café rojizo 6.09%, café claro 3.59%, café oscuro 1.56%, LF 1.53%, café 0.55% y color negro con 0.98%; para colores dobles se ha identificado 28 fenotipos de alpacas Huacaya, en mayor proporción para blanco y LF con 23.92%, blanco y café 14.62%, café y blanco 13.21%, mientras que en alpacas Suri se ha identificado 12 fenotipos como blanco y LF con 23.7%, café y blanco 19.58% , blanco y café 13.99%, en alpacas de triple color se ha observado 3 fenotipos, en Huacaya el color api y gris y el otro api y blanco, en cambio en alpacas Suri solo se ha observado el color blanco y gris (Gallegos *et al*, 2009).

En la región de Huancavelica, se ha evaluado la variabilidad del color de fibra en 538 alpacas Huacaya y 20 alpacas Suri, en alpacas Huacaya se ha determinado 10 fenotipos con proporciones como: color crema claro 26.6%, café medio 19.5%, café claro 12.8%, café oscuro 11.9%, crema oscuro 10.4%, crema medio 8.9%, negro 6.5%, marrón 2.8%, gris 0.4% y api con 0.2%; en alpacas Suri se ha observado solo 6 colores de estos las frecuencias son, para crema claro 45.0%, café medio 15.0% y para colores crema medio, crema oscuro, café claro y negro con 10.0%, en general los colores de vellón crema y

café y sus tonalidades son las de mayor porcentaje, representan cerca del 90% de alpacas de color para Huacaya como el Suri, el color negro presenta una baja proporción y el color gris se podría considerar como desaparecido en la zona de Huacavelica, lo mismo ocurre con el color api o ruano (Oria *et al*, 2009).

Enriquez (2006), menciona que en las comunidades campesinas y pequeños criadores de alpacas, del distrito de Nuñoa de la provincia de Melgar – Puno, la frecuencia de alpacas Suri de color en 468 animales, presenta las siguientes frecuencias, para color crema claro (LF) 56.2%, café claro con 17.9%, café oscuro 13.1%, negro 6.0%, café 2.4%, gris 2.2%, api 0.6%, gris indefinido 0.4%, gris plata 0.4%, gris oscuro 0.2%, negro oscuro 0.2% y pintado con 0.2%, estos resultados muestran que en esta zona alpaquera, se observa mayor proporción de alpacas Suri de color crema claro, con más del 50% de los rebaños evaluados, también se puede indicar que las alpacas Suri de color solo representan el 0.9% de la población de alpacas Huacaya.

En comunidades campesinas, de la zona alpaquera del distrito de Ananea, ubicado en la cordillera oriental de la región Puno, la frecuencia de alpacas Huacaya de color fueron, para color café 11.6%, LF 6.7%, color vicuña 3.0%, negro 2.1%, habiéndose determinado los colores básicos de alpacas como los colores café, LF, color vicuña y negro (Gálvez, 1991).

Gandarillas (1971), realizó un censo de alpacas de color, en las localidades de Turco, Challapata del departamento de Oruro y zona de Ulla Ulla del departamento de la Paz, en 1691 alpacas obteniendo como resultado 10 fenotipos, con las frecuencias siguientes: para el color café un 30%, negro 21%, blanco 13%, café con mancha blanca 7%, café y blanco 7%, negro con

mancha blanca 7%, negro y blanco 6%, gris 4%, blanco y mancha café 2% y blanco con mancha negra con 2%, observándose que cerca de una tercera parte de la población de alpacas de color, están representados por animales de color café, seguido de color negro, lo que indicaría que estos colores constituyen los colores básicos de la alpaca.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Lugar

El estudio se realizó en el anexo Quimsachata de la Estación Experimental Illpa – INIA Puno, ubicado entre los distritos de Cabanillas provincia de San Román y Santa Lucía provincia de Lampa de la región Puno, correspondiente a las coordenadas geográficas de 15°46' Latitud Sur y de 70°39' Longitud Oeste, situado a una altitud comprendida entre 3,900 a 4,500 m.

Cuenta con una extensión total de 6,390 hectáreas, dividida en canchas de pastoreo para la crianza extensiva de alpacas y llamas, el clima pertenece a la zona agroecológica de Puna Seca, con factores climáticos de amplia variación, la precipitación pluvial promedio anual para el periodo 1998 al 2008 fue de 649.49 mm³, presentándose la mayor precipitación durante los meses de enero a marzo, que llega hasta 334.2 mm³ en el mes de enero y la menor precipitación durante los meses de mayo a noviembre, habiéndose registrado ninguna precipitación en los meses de mayo y junio en el periodo 2004 al 2008. La temperatura ambiental también es variable, registrándose para el mismo periodo de 10 años, una temperatura máxima anual de 15.18°C, temperatura

mínima de -1.04°C y temperatura media de 7.09°C, con temperatura mínima de -6.37°C en el mes de junio y temperatura máxima de 18.19°C durante el mes de noviembre (Estación Agrometeorológica de Quimsachata, 2010).

Presenta un tipo de pastos nativos altoandinos, siendo la familia de gramíneas como las especies vegetales más abundantes, destinadas de preferencia para los camélidos andinos. En las praderas nativas del anexo Quimsachata se ha determinado 100 especies de plantas nativas, agrupadas en 25 familias, siendo las gramíneas y las compuestas las más predominantes, clasificado según la condición de sitios de pastizales por su grado de deseabilidad en:

- Especies deseables con 29.4%, las especies más abundantes para vacunos y llamas son: *Festuca dolichophyla* (chillihua o Q'oya ichu), *Calamagrostis amoena* (Kheña), en cambio para ovinos y alpacas son: *Hypochoeris taraxacoides* (miski pilli), *Poa horridula* (Kofña pasto), *Alchemilla pinnata* (sillu sillu) y *Bromus catharticus* (cebadilla).
- Especies poco deseables representa el 24.2%, las especies más abundantes para vacunos son: *Calamagrostis vicuagnarum* (crespillo), *Poa horridula* (Kofña pasto), mientras que para alpacas, ovinos, vicuñas son: *Calamagrostis vicuagnarum* y *Stipa brachyphylla* (Gramma ichu).
- Especies indeseables con 15.8%, las especies más abundantes para vacunos, ovinos, alpacas, llamas y vicuñas al pastoreo son: *Parastrephia lucida* (Romero thola), *Margaricarpus pinnatus* (Canlli), *Adesmia espinosissima*, etc. (Ccorimanya, 2010; Miranda, 1990).

3.2. Material Experimental

Se utilizaron reproductores seleccionados según el color de fibra, que fueron fijados mediante el empadre controlado entre colores enteros, durante 18 años (1989 - 2007) que comprenden 4 generaciones, del Banco de Germoplasma de alpacas de Color del anexo Quimsachata, para determinar la dominancia del color de fibra y tipo de vellón, se realizó el cruzamiento de 1 reproductor con 12 a 15 hembras, bajo el tipo de cruce recíproco de un Suri macho x hembras Huacaya y de un Huacaya macho x Suri hembras, para los colores enteros como blanco, LF, café y negro, para alpacas Suri 9 machos y 89 hembras, en alpacas Huacaya 8 machos y 135 hembras, en un total de 17 machos y 224 hembras (Cuadro 11).

3.3. Metodología

3.3.1. Trabajo experimental

En general se ha utilizado un diseño propio para el trabajo experimental de campo, cuyo procedimiento fue el siguiente:

- a) Selección de reproductores de acuerdo al color de fibra, durante los meses de agosto a setiembre del 2006.
- b) Prueba de apareamiento de alpacas de color, mediante el empadre controlado, se realizó en los meses de enero – febrero del 2007, bajo el esquema que se muestra en el cuadro 3.1.
- c) Evaluación del proceso de gestación (fertilidad) se realizó:
 - Primera evaluación a los 30 días después del último empadre, por medio de ultrasonografía (ecógrafo).
 - Segunda evaluación a los 9-10 meses de gestación, por palpación externa del vientre.

d) Evaluación del fenotipo de la progenie (F1)

- Primera evaluación del fenotipo de la progenie se realizó al nacimiento (parición) en meses de enero a marzo del 2008.
- Segunda evaluación del fenotipo de la progenie, se realizó en la primera esquila, donde se determinó el peso vivo, peso de vellón y longitud de mecha, durante el mes de noviembre del 2008 y abril del 2009.

CUADRO 3.1
NÚMERO DE ALPACAS MACHOS Y HEMBRAS DE COLOR ENTERO PARA
EL CRUCE RECÍPROCO DE HUACAYA X SURI DEL ANEXO
QUIMSACHATA

Tipo de cruzamiento	Machos	Hembras
1. Blanco x Blanco	2 Suris	30 Huacayas
	2 Huacayas	30 Suris
2. Blanco x Color	2 Suris	30 Huacayas café
	2 Huacayas	12 Suris L.Fy
3. Negro x Negro	2 Suris	30 Huacayas
	2 Huacayas	17 Suris
4. Negro x Café	1 Suri	15 Huacayas café
	1 Huacaya	15 Suris café
5. Café x Café	2 Suris	30 Huacayas
	1 Huacaya	15 Suris
TOTAL	17	224

3.3.2. Evaluación de la expresión fenotípica del color de fibra

a) La determinación de la expresión de dominancia del color de fibra, se ha realizado mediante el método de análisis mendeliano para la identificación del control genético, de cualquier carácter, que expresa 2 fenotipos diferentes, que comprende los siguientes pasos:

1º) Procedimiento experimental, consiste en escoger dos líneas puras

(colores enteros) que se diferencian en un carácter, luego se realizó el cruzamiento de ambas líneas.

2º) Análisis de los resultados, en los individuos de la primera generación (F1) de este cruce entre líneas puras, todos deben expresar o presentar el color de fibra dominante.

3º) Como hipótesis se planteó primero la diferencia en la expresión del carácter, está controlado por un gen principal o gen dominante, segundo el gen dominante determina la expresión del carácter que es dominante sobre el carácter recesivo.

b) La determinación del tipo de vellón Suri o Huacaya, se realizó mediante la observación del fenotipo de la progenie (F1) al nacimiento y destete, según el número de animales que expresaron los tipos de vellón.

c) El peso vivo y peso vellón, se determinó en el proceso de la primera esquila, mediante una balanza de precisión, la longitud de mecha también se ha determinado durante la esquila, según las indicaciones del American Society for Testing and Materials (2001).

d) Análisis Estadístico

Los datos de las variables, para las características físicas de la fibra de color, como peso vivo, peso vellón y longitud de mecha, previo ajuste de datos, se utilizó el diseño completo al azar con arreglo factorial, para cada característica cuantitativa del vellón de color, considerando el tipo de apareamiento, color de fibra y sexo de la progenie cuyo modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + S_j + C_k + (SC)_{jk} + E_{ijk}$$

i = grupo (cruce)

j = sexo

k = color de fibra

Donde:

Y_{ijk} = variable de respuesta buscada

μ = media general

β_i = efecto del cruce

S_j = efecto del sexo

C_k = efecto color de fibra

$(SC)_{jk}$ = efecto interacción sexo y color

E_{ijk} = Efecto del error aleatorio

Los datos fueron procesados con el programa SAS, versión 8.0 (1999).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

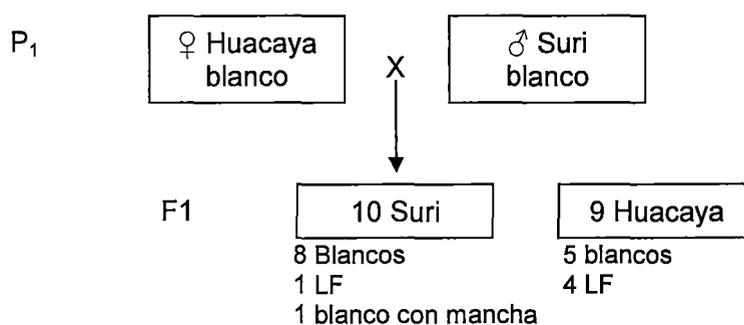
4.1. Expresión fenotípica de dominancia del color de fibra

La expresión fenotípica del color de fibra, en el cruce recíproco de alpacas Suri x Huacaya, para cada tipo de apareamiento fueron:

4.1.1. Apareamiento de alpacas Blanco x Blanco

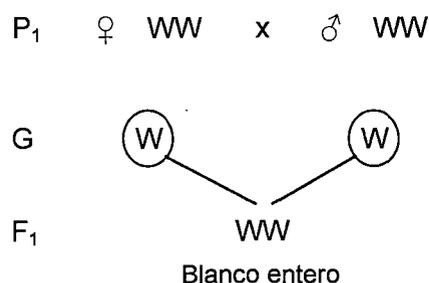
a) Cruce de Alpacas Huacaya hembra x Suri macho

Para este apareamiento se utilizó 2 machos Suri de vellón blanco entero por 30 hembras Huacaya también blancos, en la descendencia F1 se ha obtenido 10 crías Suri de estos fueron 8 blancos, 1 LF y 1 blanco con manchas y 9 crías Huacaya formado por 5 blancos y 4 LF con los siguientes fenotipos:

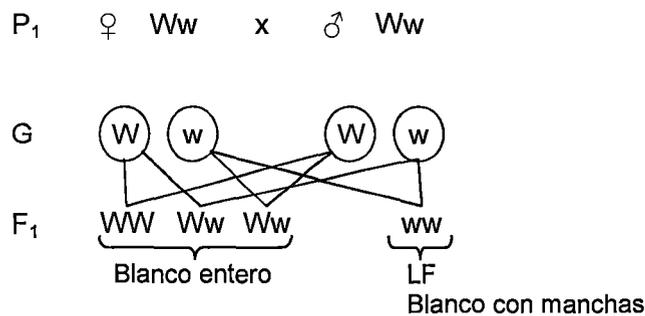


La expresión fenotípica del color de fibra en la progenie de este cruce formado por 19 animales, presenta la mayor proporción para vellón blanco entero en 13 alpacas, con colores claros como LF en 5 alpacas y un solo blanco con manchas, estos resultados nos indican que el vellón blanco entero, es un carácter dominante, esta forma de expresión en la progenie F1 de vellón blanco no albino, es regulado por la serie blanca, donde el gen dominante W regula el blanco entero y su alelo recesivo "w" regula el vellón colorado, como menciona Gandarillas (1971), Bustinza (1996), así mismo se debe considerar que el color de pelaje blanco uniforme no albino es característico de varias especies de mamíferos que se expresa por efecto de la mutación, se han identificado y clonado unos 22 genes, pero la mayor proporción de mutaciones relacionados al pelaje a vellón blanco se comportan como genes letales (Baxter *et al*, 2004, Bennett y Lamoreaux, 2004).

Al respecto también manifiesta Renieri *et al* (2010) que el vellón blanco se debe a la segregación de un simple gen dominante sobre las fibras pigmentadas, en este apareamiento el reproductor N° 443303 y algunas hembras posiblemente presentan un genotipo homocigota dominante para la expresión de blanco entero en la progenie, mediante el análisis mendeliano los genotipos respectivos son.



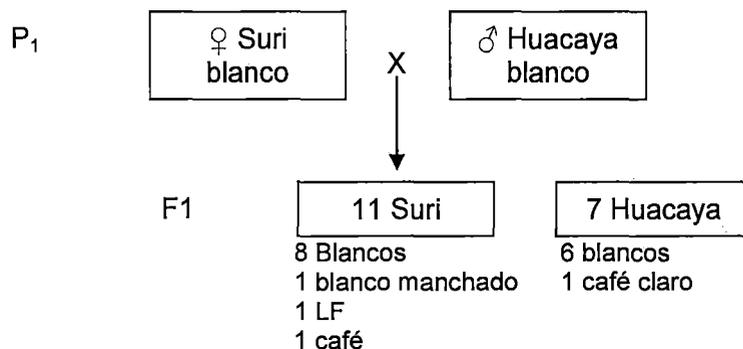
Pero para el caso de alpacas F1, que expresaron el vellón LF y blanco con manchas, el reproductor N° 058104 sería heterocigota Ww, igual que las madres con las que se ha cruzado, que se presenta en el siguiente esquema de análisis mendeliano.



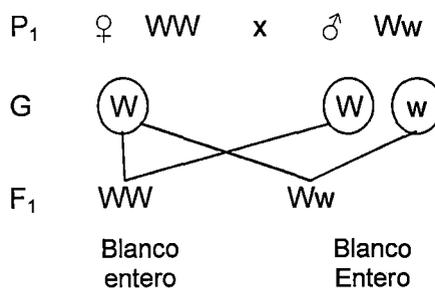
En este caso la no expresión de alpacas de vellón blanco entero en la descendencia, por el contrario la presentación de alpacas LF y blanco con manchas, se debe a la acción del gen recesivo "w", como manifiesta Frank *et al* (2006), donde el vellón blanco entero, es un carácter dominante con penetrancia incompleta, sobre los modelos pigmentados, también el mismo autor manifiesta, que en el diseño blanco de alpacas y llamas para la expresión del color de fibra, la presencia de manchas irregulares es controlado por un gen recesivo (Frank, 2002).

b) Cruce de alpacas Suri Hembra x Huacaya Macho

En la descendencia F1 de este cruzamiento recíproco de 2 reproductores Huacaya por 30 hembras Suri ambos de vellón blanco, se ha obtenido 18 crías de las cuales, 11 alpacas son de tipo Suri formado por 8 blancos, 1 blanco manchado, 1 LF y un café, en Huacaya 7 crías formado por 6 blancos y 1 café claro, los fenotipos de esta segregación se presenta en el esquema.



En la descendencia de este cruzamiento, se ha obtenido en mayor proporción alpacas de vellón blanco entero en 14 animales, en menor proporción alpacas de colores claros como LF, blanco manchado, café y café claro, la explicación genética para la expresión fenotípica de la progenie con estas variaciones de color, se debería a que los reproductores N° 1199-M y N° 148102, es probable que portaban un genotipo heterocigota Ww para el vellón blanco, los que se aparearon con madres que también son heterocigotas. En cambio para la expresión fenotípica de crías blanco enteros, las madres fueron homocigota dominantes, apareado con padres heterocigotas, como se presenta en el esquema siguiente:



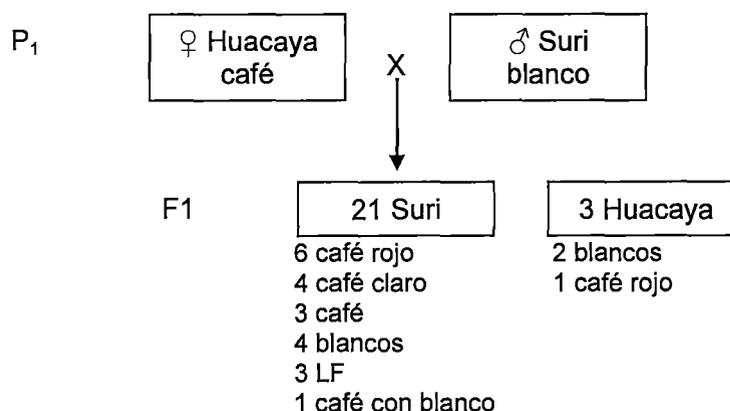
El comportamiento de genes para este caso de cruce recíproco, es similar al caso anterior, confirmando que el vellón blanco no albino, está regulado por un gen dominante W y los colores pigmentados por su alelo recesivo.

Estos resultados son similares, a los estudios realizados por Frank (2001 y 2006) en la evaluación del color de fibra en llamas y alpacas de Argentina, donde el mecanismo genético para la expresión del vellón blanco entero no albino, constituye un carácter dominante, en relación a todos los modelos de color y blancos manchados, al respecto también afirma Sponenberg (2004), que muchas alpacas blancas producen crías blancas o pálidas, cuando se cruza con alpacas de color, que se debe a la acción de un gen dominante.

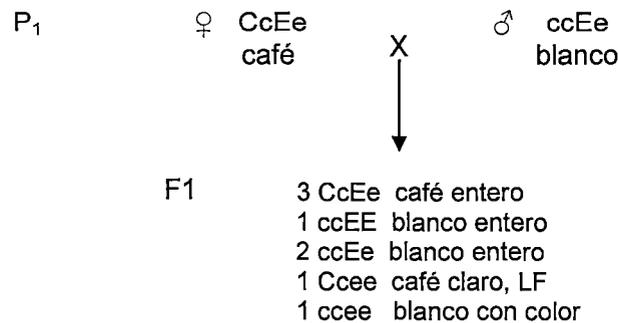
4.1.2. Apareamiento de alpacas Blanco x Color

a) Cruce de alpacas Huacaya hembra café x Suri macho blanco

Para este apareamiento se utilizó 2 machos Suri Blancos por 30 hembras Huacaya de color café, obteniéndose en la progenie F1, 24 crías de estos fueron 21 Suris y 3 Huacayas, conformado en mayor proporción por alpacas de color café y sus tonalidades, en menor proporción animales de vellón claro, como blancos LF y café con blanco, siendo la expresión fenotípica la siguiente:



Estos resultados permiten plantear, que la expresión del color de fibra en este cruce, participaría la interacción de 2 pares de genes, un gen dominante C regula el vellón de color café, su alelo recesivo “c” el vellón blanco y el otro gen dominante E controla el color entero, mientras que su alelo recesivo regula el vellón manchado como café con blanco (Nicholas, 1990), siendo los genotipos indicados los siguientes:



El planteamiento de los genotipos que intervienen en este cruzamiento, están fundamentados en la propuesta de Griffiths *et al* (2000), que mencionan que para la expresión del color de pelaje en mamíferos, intervienen diferentes genes siendo el ratón el mejor mamífero estudiado y se ha determinado que al menos participan 5 genes, de los cuales el gen dominante C regula la pigmentación normal (café) y su alelo recesivo “c” controla la falta de pigmentación (blanco).

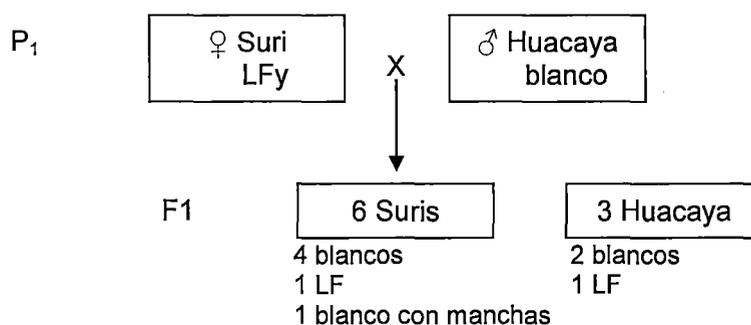
Entonces la forma de expresión tan variada del color de vellón en la progenie de este cruce, donde el mecanismo de la acción génica, se debería a que los reproductores identificados con el N° 50502 y N° EEI-025 son heterocigotas para el carácter de color entero, también la mayoría de madres que fueron apareados con estos reproductores serían heterocigotas, para la expresión del color café y sus tonalidades

como: café rojo, café claro, que es un carácter dominante sobre el vellón blanco, cuyos genes pertenecen a la serie negra, donde el gen B^c regula el café o café rojo como menciona Bustinza (1996), en forma similar Gandarillas (1971), plantea que el gen dominante "C" regula el vellón de color y su alelo recesivo "c" controla el vellón blanco.

b) Cruce de alpacas Suri hembra LF x Huacaya macho blanco

b.1. Cruce de Suri hembra LFy x Huacaya macho blanco

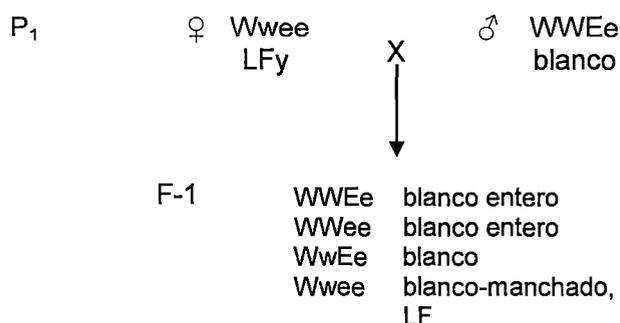
En este caso se ha realizado al cruzamiento de 1 reproductor Huacaya blanco por 12 hembras Suri LFy (crema intermedio), la segregación fenotípica en la descendencia F1 fue el siguiente:



En la descendencia de este cruce recíproco, se ha obtenido 6 crías Suri formado por 4 crías de vellón blanco, 1 blanco con manchas, 1 LF y 3 crías Huacaya conformado por 2 blancos y 1 LF, en general se ha obtenido en mayor proporción 6 crías blanco enteros y en menor proporción los LF y blanco manchado, estos resultados muestran que toda la descendencia presenta colores claros como sus progenitores.

La expresión fenotípica de la progenie, para el vellón blanco, crema intermedio (LFy) y blanco con manchas, estaría regulado por la acción

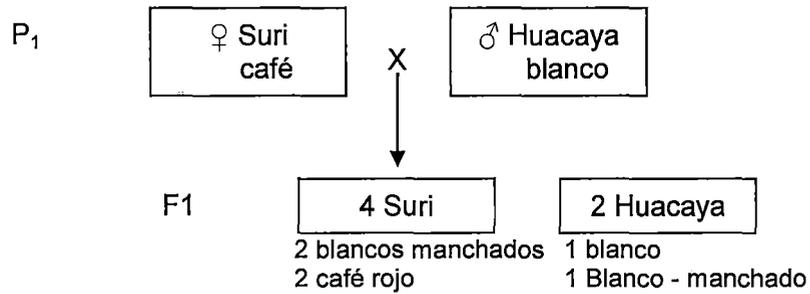
de 2 pares de genes, como el gen dominante *W* regula el vellón blanco entero, su alelo recesivo *w* controla el vellón de color como plantea Frank (2002), mientras que la presencia de manchas en vellón blanco se debe a la acción del gen recesivo “*e*”, su alelo dominante regula el vellón de color entero (Bustinza, 1996; Nicholas, 1990), siendo los genotipos correspondientes para progenitores y progenie los siguientes:



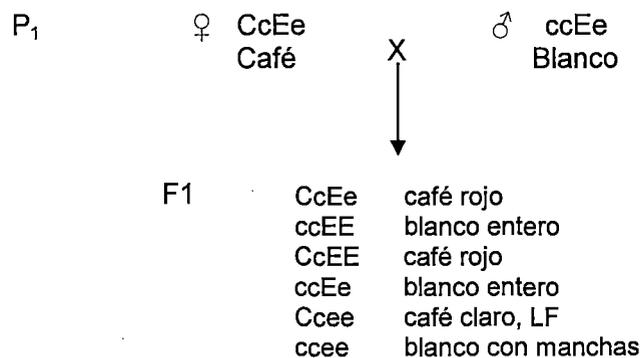
Mediante este estudio se determina, que la segregación del cruzamiento de alpacas de vellón blanco por color claro como LF, la expresión de dominancia para el vellón blanco entero, se debe a la acción del gen dominante *W* y la expresión de colores claros como LF es regulado por la acción de su alelo recesivo *w*.

b.2. Cruce de Suri hembra café x Huacaya macho blanco

Se ha realizado el apareamiento de un reproductor Huacaya blanco por 12 hembras Suri de color café, en la descendencia se ha obtenido los siguientes fenotipos:



En esta progenie se observa una mayor segregación de colores claros, como el progenitor paterno presenta vellón blanco, el mecanismo de acción de genes que participan en este cruzamiento, es similar al caso anterior del cruce de alpacas Huacaya café x Suri blanco, donde la expresión del color de fibra está controlado por la interacción de 2 pares de genes, el gen dominante C regula el color café, su alelo recesivo "c" controla el color claro o blanco, los colores enteros son regulados por un gen dominante E y colores manchados o colores no enteros por su alelo recesivo e, los genotipos de progenitores y progenie se representa en el siguiente esquema de segregación:



Esta variada expresión fenotípica en la progenie, permite plantear que el genotipo de los progenitores son heterocigotas, para los genes que regulan el color café y sus tonalidades, en forma similar para el color

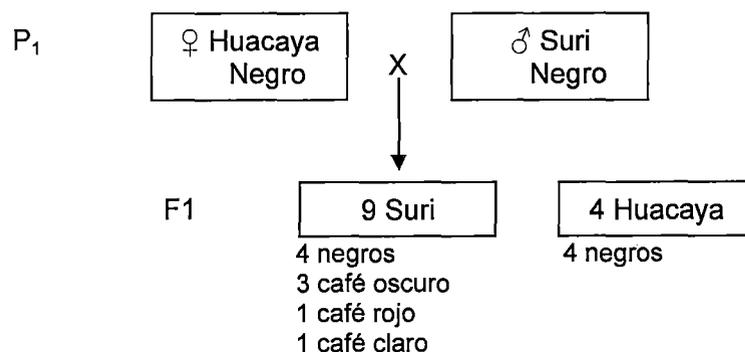
entero, por tanto la expresión del vellón blanco estaría controlado por la acción del gen recesivo *c* cuyo alelo dominante *C* regula el vellón de color.

Al comparar el cruce recíproco de Huacaya hembra café x Suri macho blanco con el cruce Suri hembra café x Huacaya macho blanco se observa, que existe mayor expresión del color café en el cruce Huacaya hembra café x Suri macho blanco, en cambio en el cruce recíproco hay mayor expresión del vellón blanco, que no tendría relación con el gen dominante *C* que regula el color café, entonces para confirmar esta dominancia se debe realizar cruzamientos hasta la F2, que determina en forma definitiva la dominancia del café sobre el blanco (Griffiths 1997).

4.1.3. Apareamiento de alpacas Negro x Negro

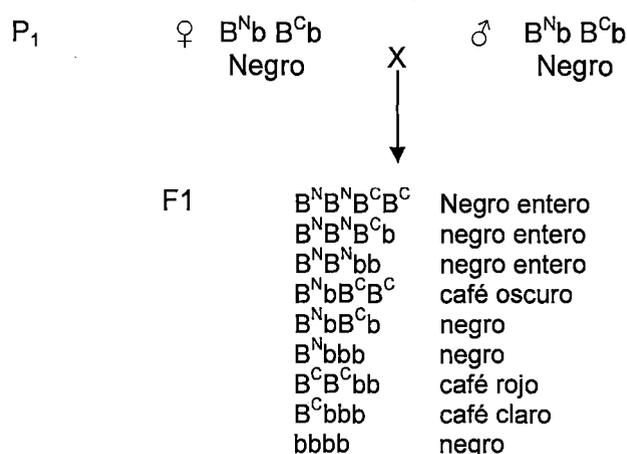
a) Cruce de Huacaya hembra negro x Suri macho negro

En el cruzamiento se utilizó 2 reproductores Suri de vellón negro entero por 30 hembras Huacaya también de vellón negro, obteniendo los siguientes fenotipos en la progenie.



Toda la descendencia de este cruce de alpacas con vellón negro, ha expresado el vellón de color oscuro, donde 8 crías presentaron vellón

negro entero, en menor proporción se expresaron crías de color café, que varían de café oscuro, café rojo y café claro, el mecanismo genético para la expresión de estos fenotipos, estaría dado por la interacción de 2 pares de genes de la serie negra, como el gen dominante B^N que regula el vellón negro entero, el otro gen B^C que controla el color café rojo (caoba), café oscuro, su alelo recesivo b regula los colores negros, como plantea Bustinza (1996), los genotipos de progenitores y progenie que interviene en el apareamiento son:

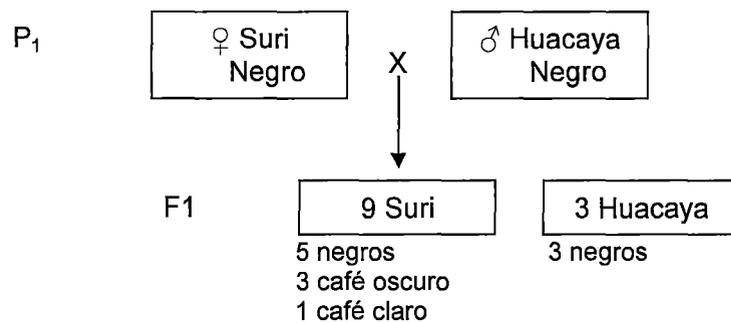


Esta forma de expresión fenotípica del color de fibra en la progenie, para el caso de la expresión del vellón de color negro entero, incluyendo el café oscuro, particularmente para el vellón negro uniforme, se debe a la presencia de eumelaninas de color negro, que guarda relación con la presencia del monómero Dihidroindol (DHI), que está presente en la fibra de estas alpacas, también la expresión del vellón negro entero está regulado por el gen receptor Melanocortin 1 (MC1R) que tiene una acción dominante (Cecchi *et al*, 2006), en cambio la expresión del vellón negro recesivo bb , es por efecto de una mutación, con pérdida de la acción del locus agutí, como consecuencia presenta un efecto recesivo.

También la expresión del color negro en la fibra de alpacas para este cruzamiento, tiene relación con los estudios de Frank *et al* (2002), quien manifiesta que dentro del patrón de pigmentos sobre el color de fibra en llamas y alpacas, el negro es dominante sobre el color marrón, en forma similar Farver (1989) en camélidos sudamericanos de EE.UU. describe 6 fenotipos de color de fibra, dentro de estos el vellón negro verdadero es regulado por los genotipos Aa, B-, y ww, en el presente estudio sobre el cruce de alpacas negro x negro solo estaría actuando los genes dominantes A y B.

b) Cruce de Suri hembra negro x Huacaya macho negro

En este cruzamiento se utilizó 2 reproductores Huacaya por 30 Suris hembras ambas de color negro, los fenotipos obtenidos en la progenie fueron los siguientes:



En este cruce recíproco, también la expresión fenotípica de la progenie, presenta similar comportamiento al cruzamiento anterior, donde se observa una mayor proporción para la expresión de vellón de colores oscuros, con 8 crías de color negro entero y en menor proporción la expresión del color café con tonalidades de café oscuro y café claro, la expresión genética del color de fibra estaría controlada por

la interacción del gen dominante B^N que regula el color negro entero, el gen B^C controla el color café y sus tonalidades, mientras que el gen recesivo b regula el color marrón y el negro recesivo (Bustinza, 1996).

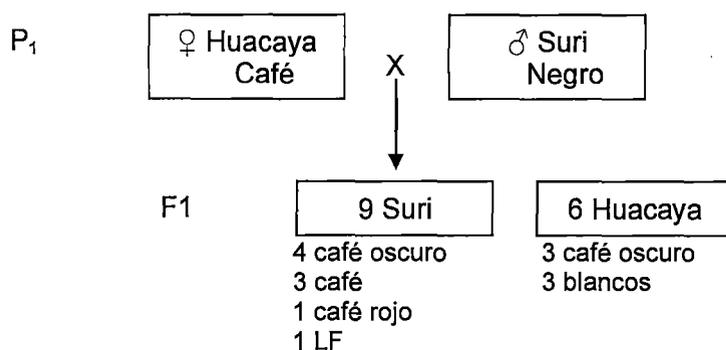
El genotipo de los progenitores para este cruce, está representado por el cruce heterocigotas $B^N b B^C b \times B^N b B^C b$, en la descendencia se produce 9 genotipos como producto de la combinación de los gametos, de los cuales los genotipos $B^N B^N B^C B^C$, $B^N B^N B^C b$, $B^N B^N bb$, $B^N b B^C b$ y $bbbb$ controlan el negro entero, el genotipo $B^N b B^C B^C$ regula el café oscuro y el genotipo $B^C bbb$ regula el café claro, bajo esta forma de expresión fenotípica esta variación del color de fibra en alpacas es muy amplia como indica Frank *et al* (2002), quien ha establecido 4 dimensiones fenotípicas dentro de estas menciona el tipo de eumelanina, donde el negro es dominante sobre el marrón, que presenta una relación con los resultados del presente estudio, donde la mayor segregación de fenotipos en la progenie en ambos cruces recíprocos de negro x negro, está formado por alpacas de vellón negro entero.

A parte de los genes que participan en la expresión del vellón de color negro entero, también tendría su acción el locus extensión que considera en primera instancia el gen dominante para color negro, que presenta una dominancia sobre los otros genes de este locus como propone Sponenberg (2004), además se debe considerar que los genes de esta serie extienden el color negro en toda la capa, siendo el gen dominante E que regula la extensión de los colores enteros, pero su alelo recesivo controla la expresión de los colores manchados o jaspeados (Nicholas, 1990).

4.1.4. Apareamiento de alpacas Negro x Café

a) Cruce de Huacaya hembra café x Suri macho negro

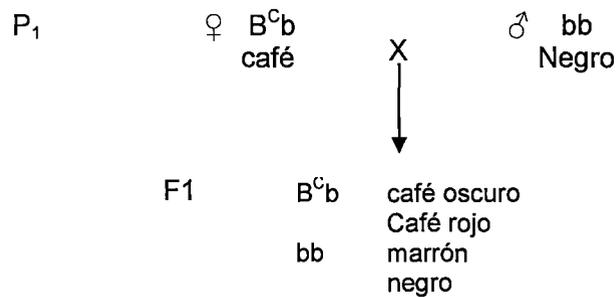
En este apareamiento se utilizó 1 reproductor Suri de vellón negro entero por 20 hembras Huacaya de color café, obteniéndose los siguientes fenotipos en la descendencia:



La expresión del color de fibra, en la descendencia de este cruce, presenta una mayor expresión de alpacas de color café en sus diversas tonalidades como café oscuro, café rojo, café, en menor proporción el color claro como LF y blancos, pero no se observa ninguna progenie de vellón negro.

El mecanismo genético, que regula esta forma de expresión del color de fibra de esta progenie, estaría controlado por los genes de la serie negra, donde el gen dominante B^C regula el color café, su alelo recesivo regula el color marrón o el color negro (Bustinza, 1996), que también concuerda con la propuesta de Gandarillas (1971), que menciona que el color café es regulado por un gen dominante V y su alelo recesivo "v" controla el color negro, siendo el color café completamente dominante sobre el negro, que concuerda con los primeros estudios sobre la genética del color de fibra en camélidos sudamericanos realizado por

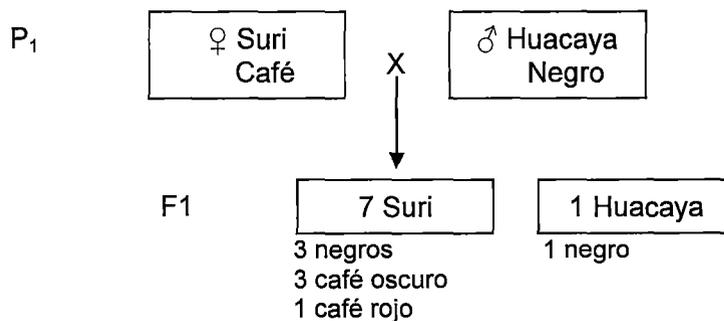
Toledo y San Martín (1948), que plantearon la acción de tres series de genes múltiples y dos pares de genes simples y mencionan que en la serie I el gen dominante C regula el color café dominante incompleto sobre el color negro, regulado por el gen recesivo; los genotipos de progenitores y progenie es la siguiente:



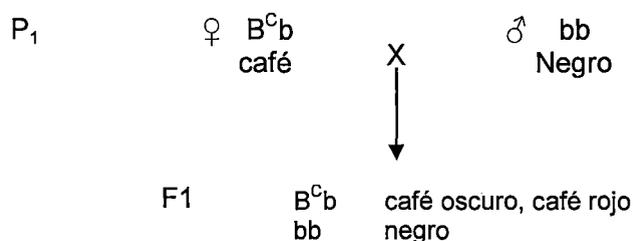
La expresión de colores claros como LF y vellón blanco, estaría regulado por el gen dominante C, que controla el color café, su alelo recesivo regula el vellón blanco recesivo, la interacción de genes sería muy similar a lo que ocurre en el cruce de alpacas Suri café x Huacaya blanco, en este caso también los progenitores serían heterocigotes.

b) Cruce de Suri hembra café x Huacaya macho negro

Para obtener la expresión del color de fibra en este cruce recíproco, se utilizó 1 reproductor Huacaya de vellón negro entero por 15 hembras Suri de color café, siendo la expresión fenotípica de la progenie la siguiente:



Toda la descendencia de este cruzamiento, expresó vellón de color oscuro en una proporción de 4 alpacas de color negro entero y 4 alpacas de color café con tonalidades de café oscuro y café rojo, los resultados obtenidos en el presente cruce, indican que la expresión fenotípica de la progenie, presenta una variación notoria en relación al cruce recíproco anterior, sin embargo el mecanismo de acción de genes es similar, donde el gen dominante B^C regula el color de vellón café y sus tonalidades, mientras que su alelo recesivo 'b' controla el vellón negro, por tanto los genotipos son:



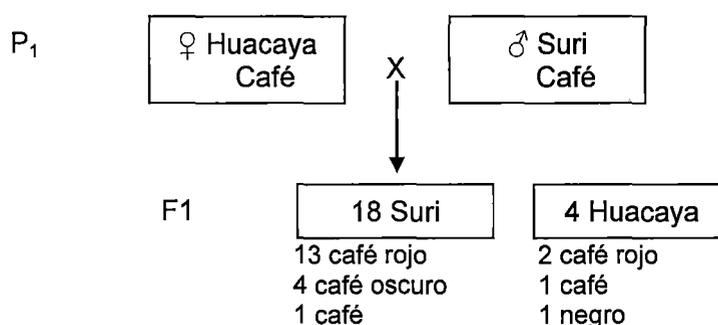
La expresión del color de fibra, para este cruce recíproco de alpacas café x negro, presenta una diferencia muy notoria, en que el cruce de Huacaya hembra café x Suri macho negro, no se observa la expresión del color negro, al contrario se expresan colores claros como blancos y LF, pero en el cruce recíproco de alpacas Suri hembras café x Huacaya macho negro, produce una progenie con expresión de 50% de color negro y 50% de color café con sus tonalidades. Esta forma de expresión del color de fibra permite plantear que las alpacas Huacaya presentan una acción dominante, para la expresión del color negro y color café sobre alpacas Suri, que requiere un estudio más detallado y en mayor población de alpacas, para determinar en forma definida la dominancia

de la fibra de color café sobre el negro se debe realizar estos cruzamientos hasta obtener la F2.

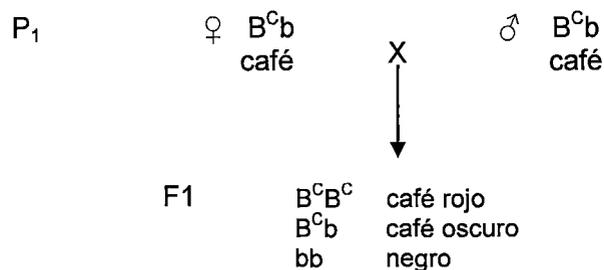
4.1.5. Apareamiento de alpacas Café x Café

a) Cruce de Huacaya hembra café x Suri macho café

Para este apareamiento se utilizó 2 reproductores Suri y 30 hembras Huacaya ambos de color café, obteniéndose en la descendencia los siguientes fenotipos:



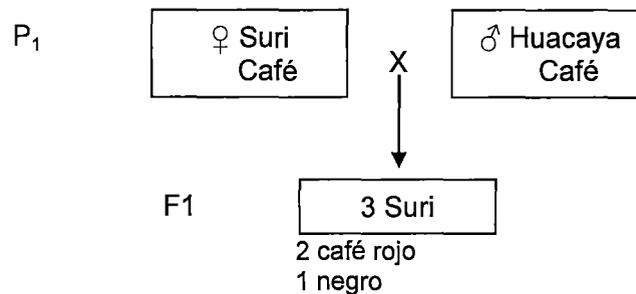
La expresión del color de fibra en la descendencia presenta una mayor expresión de alpacas de color café, con 15 alpacas café rojo, 4 café oscuro, 2 de color café y solo una alpaca de color negro, estos resultados indican que el color de vellón café es dominante sobre el vellón negro, y está regulado por el gen B^C de dominancia completa sobre el negro como propone Frank (2002) y Bustinza (1996), siendo los genotipos de progenitores y progenie los siguientes:



Los progenitores de este cruce presentan un genotipo heterocigota $B^C b$ para el color café, solo esta condición puede explicar la presencia de segregación de alpacas de color negro en la descendencia, pero en el caso de que cualquiera de los progenitores tuviera un genotipo homocigota $B^C B^C$ para la expresión del color café, no es factible la expresión del vellón de color negro, por efecto de dominancia de genes, que regulan los caracteres cualitativos como el color de fibra en los camélidos sudamericanos.

b) Cruce de Suri hembra café x Huacaya macho café

Para este apareamiento se utilizó 1 reproductor Huacaya café por 15 hembras Suri café, la expresión del color de fibra en la descendencia fueron:



La expresión fenotípica de la progenie para el color de fibra, presenta el mismo comportamiento de la interacción de genes que el cruce anterior, aunque con menor número de alpacas en F₁, estos resultados nuevamente demuestran que el vellón de color café, está regulado por el gen B^C , que expresa una completa dominancia sobre el color negro, que es regulado por su alelo recesivo 'b', así mismo en los 2 tipos de cruzamiento recíproco de alpacas café x café, se obtiene los mismos resultados para la expresión del color café y color negro.

En los 5 tipos de cruzamiento recíproco de Huacaya x Suri, para determinar la expresión del color de fibra, ejecutados en el presente estudio, como resultados más sobresalientes en relación a la expresión del color entero y colores combinados o manchados se puede indicar que en el apareamiento de alpacas de vellón blanco x blanco, en los 2 cruces recíprocos, se observa una mayor expresión de colores enteros que varían entre 68.4 y 88.9%, mientras que los colores con manchas o combinados también varían entre 11.1 a 31.6% (Cuadro 4.1).

CUADRO 4.1

EXPRESIÓN DE COLORES ENTEROS Y COLORES MANCHADOS SEGÚN TIPO DE APAREAMIENTO EN EL CRUCE RECÍPROCO DE ALPACAS HUACAYA X SURI

Tipo de Cruzamiento	Total de alpacas F1	Colores enteros		Colores manchados	
		n	%	n	%
1. <u>Blanco x Blanco</u>					
Huacaya hembra x Suri macho	19	13	68.4	6	31.6
Suri hembra x Huacaya macho	18	16	88.9	2	11.1
2. <u>Blanco x Color</u>					
Huacaya hembra café x Suri macho blanco	24	20	83.3	4	16.7
Suri hembra LF x Huacaya macho blanco	9	6	66.7	3	33.3
Suri hembra café x Huacaya macho blanco	6	3	50.0	3	50.0
3. <u>Negro x Negro</u>					
Huacaya hembra x Suri macho	13	13	100.00	-	-
Suri hembra x Huacaya macho	12	12	100.00	-	-
4. <u>Negro x Café</u>					
Huacaya hembra café x Suri macho negro	15	14	93.3	1	6.7
Suri hembra café x Huacaya macho negro	8	8	100.0	-	-
5. <u>Café x Café</u>					
Huacaya hembra x Suri macho	22	22	100.00	-	-
Suri hembra x Huacaya macho	3	3	100.00	-	-
TOTAL	149	130	87.25	19	12.75

La mayor variación de la expresión del color de fibra, se observa en el cruce de alpacas Blanco x Color, donde los colores enteros se expresan en porcentajes desde 50.0 a 83.3, este comportamiento indica que los progenitores presentan un genotipo heterocigota, se podría afirmar que no son de línea pura para estos colores, también se presenta la interacción de genes dominantes E y S que controlan la expresión de colores enteros y sus alelos recesivos e y s, regulan los colores manchados o combinados, como blanco-manchado, café con blanco (Bustinza 1996), esta forma de expresión fenotípica de colores combinados solo se observa para el cruce de colores claros.

En cambio para el cruce de alpacas de vellón oscuro, como los cruces recíprocos de negro x negro, negro x café y café x café, al expresión de vellón de color entero es total en un 100% a favor de color entero, debido a que existe una dominancia completa de los genes que regulan el color café y color negro, esta forma de acción nos génica permite realizar cruzamientos definidos para estos colores y obtener rebaños de alpacas de colores uniformes que son requeridos por la industria y artesanía textil.

4.2. Expresión fenotípica del tipo de vellón

La expresión del tipo de vellón en el apareamiento recíproco de alpacas Huacaya x Suri, de 17 machos formado por 9 Suris y 8 Huacayas por 224 alpacas hembras de estos 89 son Suris y 135 Huacayas, se ha obtenido 149 crías, de estas 107 crías expresaron el vellón tipo Suri que representa el 71.8%, la expresión para vellón tipo Huacaya fue para 42 crías, que alcanza al

28.2%, los resultados del presente estudio demuestran que el vellón tipo Suri se expresa en mayor proporción que tipo Huacaya.

Considerando los 5 tipos de apareamiento, se observa una diferencia notoria en relación al número de alpacas de la progenie, que expresaron el tipo de vellón Suri o tipo Huacaya, la mayor expresión del vellón tipo Suri se presentó en alpacas de color, como el producto del cruce de alpacas Café x Café, donde el tipo Suri alcanzó a 84.0% y tipo Huacaya solo en un 16%, pero la menor expresión del vellón tipo Suri se observa, en el cruce recíproco de alpacas de vellón blanco x blanco, con 56.8% y para tipo Huacaya con 43.2% (Cuadro 4.2).

En el presente estudio, la expresión fenotípica del tipo de vellón en alpacas del cruce recíproco Huacaya por Suri, se determinó en 71.8% para tipo Suri y solo el 28.2% para tipo Huacaya, estos resultados demuestran que el tipo vellón Suri es dominante sobre el tipo Huacaya, la base genética que explica esta dominancia del tipo Suri, estaría representado por el modelo de un locus con 2 alelos planteado por Baychelier (2000), que indica que el tipo Suri es dominante sobre el fenotipo Huacaya en forma similar refiere Renieri *et al* (2007), que en cruzamientos de alpacas Suri x Suri y Huacaya x Huacaya, ha comprobado la hipótesis de un solo gen dominante que participa en la segregación entre el fenotipo de Suri y Huacaya, pero no indica acerca del cruzamiento de alpacas Suri x Huacaya, para la expresión del tipo de vellón.

CUADRO 4.2

**EXPRESIÓN DEL TIPO DE VELLÓN SURI Y TIPO HUACAYA EN CRUCE
RECÍPROCO DE ALPACAS HUACAYA X SURI SEGÚN TIPO DE
APAREAMIENTO POR COLOR DE FIBRA.**

Tipo de Apareamiento por color de fibra	Vellón tipo Suri	Vellón tipo Huacaya	Total
1. <u>Blanco x Blanco</u>			
Madre Huacaya x Padre Suri	10	9	19
Madre Suri x Padre Huacaya	11	7	18
Sub Total	<hr/> 21	<hr/> 16	<hr/> 37
Porcentaje	56.8	43.2	100.0
2. <u>Blanco x Color</u>			
Madre Huacaya Café x Padre Suri Blanco	21	3	24
Madre Suri LF x Padre Huacaya Blanco	6	3	9
Madre Suri Café x Padre Huacaya Blanco	4	2	6
Sub Total	<hr/> 31	<hr/> 8	<hr/> 39
Porcentaje	79.5	20.5	100.0
3. <u>Negro x Negro</u>			
Madre Huacaya x Padre Suri	9	4	13
Madre Suri x Padre Huacaya	9	3	12
Sub Total	<hr/> 18	<hr/> 7	<hr/> 25
Porcentaje	72.0	28.0	100.0
4. <u>Negro x Café</u>			
Madre Huacaya Café x Padre Suri Negro	9	6	15
Madre Suri Café x Padre Huacaya Negro	7	1	8
Sub Total	<hr/> 16	<hr/> 7	<hr/> 23
Porcentaje	37.6	30.4	100.0
5. <u>Café x Café</u>			
Madre Huacaya x Padre Suri	18	4	22
Madre Suri x Padre Huacaya	3	-	3
Sub Total	<hr/> 21	<hr/> 4	<hr/> 25
Porcentaje	84.0	16.0	100.0
TOTAL	107	42	149
PORCENTAJE	71.8	28.2	100.0

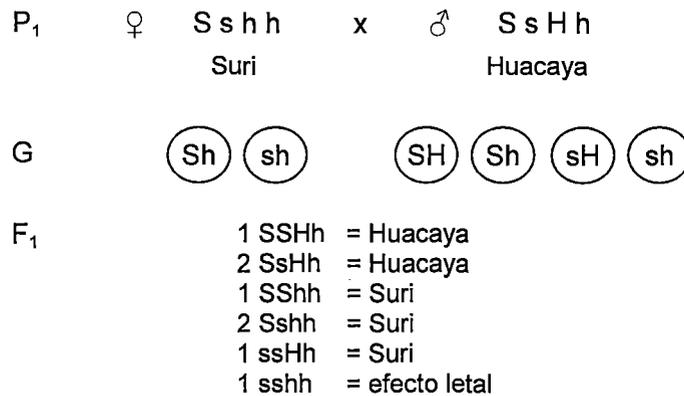
Resultados similares al presente estudio, fue obtenido por Barreda (2001), quien realizó el cruzamiento de 200 hembras Huacaya de vellón blanco con 8 machos Suri blancos, obteniendo en la descendencia 138 crías, estos resultados fueron inesperados, sorprendentes para este criador de alpacas, donde el número de crías con vellón tipo Suri alcanzó a 124 animales que representa el 89.8%, mientras que para el tipo Huacaya solo se registró 14 alpacas que representa el 10.2%, concluyendo que el tipo Suri es dominante sobre el tipo Huacaya.

También es importante mencionar el trabajo de Velazco (1980), quien reporta en cruce de Huacaya x Huacaya, ha obtenido 129 crías de fenotipo Huacaya, pero en el cruzamiento de alpacas Suri x Suri se logró obtener 422 crías tipo suri y 89 crías tipo Huacaya, en base a estos resultados ha planteado un modelo de un locus con un alelo dominante, como responsable para la expresión de vellón tipo Suri, pero no menciona el mecanismo de acción de genes para el cruce de alpacas Huacaya x Huacaya.

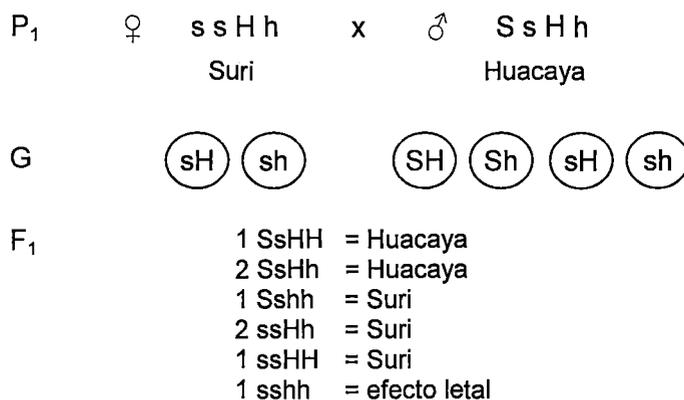
Con la finalidad de explicar el mecanismo de acción de genes que controlan la dominancia del tipo Suri, obtenido en el presente estudio, que guarda relación con los trabajos de Velazco (1980) y muy particularmente a los resultados del cruce de alpacas Suri x Huacaya, realizado por Barreda (2001), con dominancia del tipo Suri, se plantea que el tipo de vellón en alpacas es regulado por un locus con 2 alelos, propuesto por Bustinza (1996), donde el vellón tipo Huacaya es regulado por 2 genes dominantes como gen S y gen H de doble dominancia, en cambio el tipo Suri está controlado por el gen dominante S o por el gen dominante H, mientras que los genes en homocigosis sshh expresan un efecto letal.

Mediante el análisis genético en base a los principios mendelianos, se desarrolla las dos posibilidades o formas de expresión de genes, que regula la expresión de vellón tipo Suri y Huacaya.

- a) En la primera forma de expresión de genes, corresponde cuando el vellón tipo Suri es regulado por el gen dominante S, siendo la segregación genotípica y fenotípica la siguiente:



- b) En la segunda forma de expresión de genes, se refiere cuando el vellón tipo Suri, está regulado por el gen dominante H, con la siguiente segregación de genotipos y fenotipos:



En este análisis mendeliano de segregación, para las 2 formas de expresión de genes que regula el tipo de vellón en alpacas, se observa una

mayor proporción de genotipos que controlan el tipo Suri con 3 genotipos, mientras que para el tipo Huacaya solo se presentan 2 genotipos, este mecanismo de acción génica, es la que determina la dominancia del tipo Suri, donde cualquiera de los genes dominantes S o H regula la expresión del fenotipo Suri, esta forma de acción génica, explica el alto porcentaje (71.6%) de la expresión del vellón tipo Suri obtenido en el presente estudio, también este principio genético explica la presentación del tipo Huacaya en el cruce de alpacas Suri x Suri, en forma recíproca la presencia del tipo Suri en cruce de alpacas Huacaya x Huacaya que ha sido reportado por muchos criadores y algunos investigadores sobre la crianza de alpacas.

4.3. Peso vivo

4.3.1. Peso vivo al nacimiento

El peso al nacimiento de la progenie F1 del cruzamiento recíproco de alpacas de color, en promedio se determinó para alpacas tipo Suri en 6.8 Kg y para alpacas tipo Huacaya de 7.0 Kg.

Considerando los 5 tipos de apareamiento, se observa en las crías de alpacas tipo Suri, el mayor peso vivo presentan las crías machos del cruce negro x negro con 7.1 Kg, ligeramente superior a las crías del cruce café x café que resultó con 7.0 Kg, con menor peso al nacimiento fue para crías machos del cruce blanco x blanco con 5.9 Kg. En cambio para el tipo Huacaya, el mayor peso al nacimiento fue para crías machos del cruce blanco x café con 8.0 Kg seguido de crías machos del cruce café x café con 7.8 Kg, el menor peso fue para crías hembras del cruce blanco x blanco que alcanzó a 6.0 Kg, estos promedios de peso al nacimiento, referido como efecto sobre el tipo de

apareamiento son altamente significativos ($P < 0.01$), esta variación de peso en parte se debe a las diferencias en el número de crías que se han obtenido en cada apareamiento y a los meses de parición de las alpacas (Cuadro 4.3).

Según el tipo de color de fibra, para crías de alpacas tipo Suri, los que expresaron el mayor peso al nacimiento fueron, las crías machos de color café rojo con 8.0 Kg, seguido de crías de color café oscuro con 7.8 Kg, con menor peso se observó en crías machos de vellón blanco – manchado con 4.5 Kg, en las crías hembras la expresión del peso al nacimiento fue diferente, ya que el mayor peso se presentó en crías de color LF con 8.5 Kg y el menor peso en crías de color café y vellón blanco con 6.0 Kg, mientras que en crías de alpacas tipo Huacaya fue para crías machos de color café rojo, blanco –manchado y vellón blanco con 8.0 Kg y con menor peso se observó en crías hembras de vellón blanco con 5.5 Kg, también esta variación del peso al nacimiento presenta una significación estadística ($P < 0.05$).

El efecto del color de fibra en alpacas sobre el peso al nacimiento es significativo, debido a que en el presente estudio los colores oscuros como café rojo, café oscuro, son más pesados que las crías de colores claros como blanco, blanco manchado, similar resultado es reportado por Huanca *et al* (2005), que menciona que las crías de color oscuro son superiores al peso de crías de color LF, café claro y café, este comportamiento tendría relación directa con la mayor concentración de eumelaninas que permite captar la energía solar y favorecer el desarrollo de las crías, que sugiere realizar más estudios sobre el efecto del color de fibra sobre las zonas agroecológicas y mayor población de animales.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, son ligeramente superiores a los pesos obtenidos por Huanca *et al* (2005), en crías de alpacas Suri de 10 tipos de colores definidos, donde para el color café rojo indica 5.8 Kg y blanco manchados. Estas diferencias sobre peso al nacimiento, están dados por el número de animales evaluados, los meses de parto, también el efecto año, que corresponde a los años de 2000 a 2005, el mismo comportamiento se observa en crías de alpacas Huacaya, que también se observa un mayor peso al nacimiento.

En relación al efecto sexo sobre peso al nacimiento en crías de alpaca Suri machos fue de 6.7 Kg y para hembras de 6.8 Kg, en cambio en crías Huacaya machos alcanzó a 7.3 Kg y para las hembras de 6.6 Kg, estos valores no presentan una significación estadística, que se debe al menor número de animales evaluados en el presente estudio, también los resultados obtenidos por Huanca *et al* (2005) son similares a los obtenidos en el presente estudio, aunque indica que existe una ligera variación en relación al sexo, en que los machos presentan un peso mayor que las hembras.

CUADRO 4.3
PESO VIVO (KG) DE PROGENIE F1 DEL CRUCE RECÍPROCO DE
ALPACAS HUACAYA X SURI SEGÚN TIPO DE APAREAMIENTO, SEXO Y
COLOR DE FIBRA.

Tipo de apareamiento	Color de fibra F1	Tipo Suri						Tipo Huacaya					
		Machos			Hembras			Machos			Hembras		
		Nac.	Dest.	1 año	Nac.	Dest.	1 año	Nac.	Dest.	1 año	Nac.	Dest.	1 año
1. Blanco x Blanco	Blanco	7.3	23.9	26.5	6.3	25.0	27.5	6.0	-	25.8	6.1	21.5	24.8
	LF	-	-	-	7.0	26.0	31.3	6.6	21.3	28.0	-	-	-
	Blanco / m	4.5	16.0	-	6.5	24.0	25.7	-	-	-	-	-	-
	Café	-	-	-	8.0	-	30.2	-	-	-	6.0	-	26.4
	Promedio	5.9	20.0	26.5	6.9	25.0	28.7	6.3	21.3	26.9	6.0	21.5	25.6
2. Blanco x Color	Blanco	6.1	23.3	30.5	7.3	21.9	32.8	-	-	-	6.2	23.0	26.9
	LF	6.6	22.7	32.0	8.5	19.7	28.0	-	-	-	6.5	20.6	24.5
	Café rojo	8.0	27.6	42.0	7.2	23.7	32.6	-	-	-	8.0	24.3	28.0
	Café	5.5	22.5	28.0	7.3	29.8	34.4	-	-	-	-	-	-
	Blanco / m	-	-	-	5.8	22.5	28.0	8.0	22.6	27.8	-	-	-
	Promedio	6.6	24.0	33.1	7.2	23.5	31.5	8.0	22.6	27.8	6.9	22.6	24.5
3. Negro x Negro	Negro	6.6	20.4	27.2	7.8	23.2	29.7	7.2	21.3	25.3	6.3	26.2	29.7
	Café oscuro	7.6	25.3	27.8	7.3	25.2	33.2	-	-	-	-	-	-
	Café rojo	-	-	-	8.0	33.2	37.3	-	-	-	-	-	-
	Café claro	-	-	-	7.0	25.5	30.2	-	-	-	-	-	-
	Promedio	7.1	22.9	27.5	7.5	26.8	30.1	7.2	21.3	25.3	6.3	26.2	29.7
4. Negro x Café	Café oscuro	6.6	24.5	26.2	5.5	19.8	26.3	6.8	25.2	31.1	7.0	25.0	32.6
	Café	7.0	25.0	33.1	6.7	25.0	29.6	-	-	-	-	-	-
	Café rojo	-	-	-	7.0	21.8	24.7	-	-	-	-	-	-
	Blanco	-	-	-	5.0	15.7	23.0	8.0	21.0	24.5	5.5	25.0	32.0
	Promedio	6.8	24.8	29.7	6.1	20.6	25.9	7.4	23.1	27.8	6.3	25.0	32.3
5. Café x Café	Café rojo	7.6	25.7	29.7	6.7	21.6	27.8	8.0	26.0	31.2	7.5	28.0	30.4
	Café	-	-	-	6.0	28.0	32.4	7.5	25.0	30.5	-	-	-
	Café oscuro	7.8	23.9	31.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Negro	5.5	18.7	26.0	-	-	-	-	-	-	7.0	23.0	29.4
	Promedio	7.0	22.8	28.9	6.4	14.8	30.1	7.8	25.5	30.9	7.3	25.5	29.9
Promedio General		6.7	23.0	29.2	6.8	24.1	29.2	7.3	22.8	27.7	6.6	24.1	28.4

Promedio General:	Peso Nacimiento	Peso al destete	Peso 1 año
Alpacas tipo Suri	6.8 Kg	23.4 Kg	29.3 Kg
Alpacas tipo Huacaya	7.0 Kg	23.5 Kg	28.1 Kg

4.3.2. Peso al destete

El peso vivo promedio al destete, en la progenie F1 de alpacas del cruce recíproco de tipo Suri fue de 23.4 Kg y para tipo Huacaya de 23.5 Kg; en relación a los 5 tipos de apareamiento se observa en alpacas tipo Suri, el mayor peso al destete presentan las alpacas machos del cruce negro x café con 24.8 Kg y el menor peso al destete se presenta también en machos del cruce blanco x blanco con 20.0 Kg, mientras que en alpacas tipo Huacaya el mayor peso vivo fue para alpacas hembras del cruce negro x negro con 26.2 Kg con menor peso vivo se presentó en alpacas machos del cruce blanco x blanco con 21.3 Kg, estos resultados indican que los mayores pesos al destete, se presentan en animales que provienen del cruzamiento de alpacas de vellón oscuro como el color negro, café, en comparación con alpacas de color claro y blancos (Cuadro 4.3).

En relación al color de fibra, las alpacas tipo Suri hembras de color rojo café presentaron el mayor peso al destete con 33.2 Kg y el menor peso los machos de vellón blanco –manchado con 16.0 Kg, pero en alpacas tipo Huacaya, se observa el mayor peso al destete en hembras de color café rojo con 28.0 Kg y el menor peso también en hembras de color LF con 20.6 kg. Esta expresión de mayor peso al destete en la progenie del cruzamiento recíproco de alpacas de color oscuro, es similar al comportamiento de peso al nacimiento, esto se confirma con los resultados obtenidos con la expresión de mayor peso vivo al destete en alpacas de color café rojo y menor peso en alpacas de vellón blanco, lo que demuestra que las alpacas de color oscuro, presentan mayor aptitud para la producción de carne y fibra.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, son menores a los

pesos al destete obtenidos por Huanca *et al* (2005), que reporta un promedio de 26.4 Kg, en alpacas Huacaya de color para ambos sexos en forma similar Apaza y Huanca (2003) indica un promedio de 25.7 Kg de peso al destete en 9 tipos de color de fibra también para alpacas Huacaya, esta diferencia se debería posiblemente al efecto de número de alpacas sometidos al estudio, el año y época de parición, ya que estos datos fueron obtenidos varios años antes que el presente estudio.

A pesar de las diferentes observadas, en la determinación del peso al destete en la progenie de este cruce recíproco de alpacas de color, no existe una diferencia significativa, para el efecto tipo de apareamiento, color de vellón ni para el sexo, lo que implica utilizar mayor número de animales y diferentes zonas ecológicas.

4.3.3. Peso vivo al año

El peso vivo a los 12 meses de edad para alpacas F1 del tipo Suri fue de 29.3 Kg y para tipo Huacaya de 28.1 Kg, de acuerdo al tipo de apareamiento en alpacas Suri se observa el mayor peso vivo al año de edad en alpacas macho del cruce blanco x café con 34.8 kg y el menor peso en alpacas machos del cruce blanco x blanco con 26.5 Kg, mientras que en alpacas tipo Huacaya, el mayor peso al año de edad presenta las alpacas hembras del cruce negro x café con 32.3 Kg, con menor peso las alpacas hembras del cruce blanco x color (LF) con 24.5 Kg, esta variación de peso vivo al año de edad, determinados en el presente estudio muestran una diferencia significativa ($P < 0.05$), lo que indica que el tipo de apareamiento tiene un efecto sobre la expresión del peso vivo a los 12 meses de edad, donde el cruce de alpacas de color oscuro tienen mayor peso que alpacas de vellón claro o blanco

(Cuadro 4.3).

Considerando la expresión del color de fibra en la progenie, en alpacas tipo Suri, el mayor peso vivo al año de edad, presenta los machos de color café rojo con 42.0 Kg y el menor peso las hembras de vellón blanco-manchado con 25.7 Kg, pero en alpacas tipo Huacaya, el mayor peso al año presenta los machos de color café rojo con 31.2 Kg y el menor peso las hembras de vellón blanco con 24.0 Kg, estos resultados confirman que alpacas de color café rojo, expresan una mayor ganancia de peso vivo, frente a las alpacas de vellón blanco, sin embargo no presentan una significación estadística, para efecto del color de fibra sobre el peso vivo a los 12 meses, en forma similar el factor sexo tampoco es significativo, pero mantienen siempre el mayor peso corporal las alpacas de color oscuro como café rojo frente a los animales de vellón blanco.

Resultados similares al presente estudio, sobre peso al año de edad en alpacas de color, fueron obtenidos por Huanca *et al*, (2005), que las alpacas Suri en promedio llegaron a 30.6 Kg en animales de varios colores definidos del anexo Quimsachata, que está dado por efecto del mismo medio ecológico.

4.4. Peso vellón

El peso de vellón a la primera esquila, en la progenie del cruce recíproco de alpacas de color, el promedio para tipo Suri fue de 1.3 Kg y para tipo Huacaya de 1.5 kg. El efecto del peso vellón de acuerdo al tipo de apareamiento, para alpacas tipo Suri, la expresión de mayor peso vellón, se determinó en machos del cruce blanco x blanco con 1.5 Kg y el menor peso de vellón también en machos del cruce café x café con 0.9 Kg, en cambio en alpacas tipo Huacaya, el mayor peso del vellón, se expresó en machos del cruce blanco x color con 2.0 Kg y el menor peso de vellón en alpacas machos

como en hembras del cruce café x café con 1.1 Kg, estos resultados obtenidos según el tipo de apareamiento, son altamente significativos ($P < 0.01$), que demuestran una variabilidad genética para la expresión de este carácter (Cuadro 4.4).

En relación al color de fibra, las alpacas tipo suri, que expresaron el mayor peso de vellón fue en machos de color rojo café con 1.6 Kg y con menor peso de vellón también en machos de color negro con 0.5 Kg, mientras que para alpacas tipo Huacaya, el mayor peso de vellón se presentó en machos blancos manchado y blanco con 2.0 Kg y el menor peso de vellón en alpacas machos como hembras, de color café rojo con 1.0 Kg, sin embargo esta variación observada del efecto de color de fibra sobre el peso de vellón no fue significativo, que posiblemente se debe al número de animales evaluados en el presente estudio, así mismo se observa que no hay una relación del color de fibra y peso vellón, debido a que los valores de peso vellón varían, donde los colores oscuros como el café rojo presentan un mayor peso, pero el color negro tiene un menor peso, en forma similar, el vellón blanco también presenta un mayor peso, siendo necesario formar líneas de alpacas de vellón uniforme para estos colores y determinar con precisión las alpacas de color entero con mayor peso vellón, que presenta una relación directa con el diámetro de fibra.

Resultados similares al presente estudio, fueron obtenidos por Apaza y Huanca (2003), en alpacas Huacaya de color en la primera esquila con 1.4 Kg, pero relacionando al color de fibra, se observa una expresión diferente de este carácter, debido a que indican el mayor peso de vellón para alpacas de color gris con 1.6 Kg y el menor peso para alpacas de color roano con 1.1 Kg, esta diferencia se debe también al número de animales sometidos al presente

estudio, como el efecto de alpacas puros de tipo Suri y Huacaya y al color gris y roano que en el presente trabajo no se ha obtenido.

CUADRO 4.4
PESO VELLÓN (KG) EN LA PRIMERA ESQUILA, PARA PROGENIE DEL
CRUCE RECÍPROCO DE ALPACAS DE COLOR HUACAYA X SURI, SEGÚN
SEXO Y TIPO DE VELLÓN.

Tipo de apareamiento	Color Fibra F1	Tipo Suri		Tipo Huacaya	
		Machos	Hembras	Machos	Hembras
1. Blanco x Blanco	Blanco	1.4	1.1	1.5	1.6
	LF	1.5	0.9	1.4	-
	Blanco manchado	-	1.3	-	-
	Café	-	1.7	-	1.4
	Promedio	1.5	1.3	1.5	1.5
2. Blanco x Color	Blanco	1.3	1.4	-	1.2
	LF	1.5	1.6	-	1.8
	Café rojo	1.6	1.4	-	1.6
	Café	1.2	1.4	-	-
	Blanco manchado	-	1.1	2.0	-
Promedio	1.4	1.4	2.0	1.5	
3. Negro x Negro	Negro	1.3	1.1	1.6	1.3
	Café oscuro	1.3	1.2	-	-
	Café rojo	-	1.1	-	-
	Café claro	-	1.1	-	-
	Promedio	1.3	1.2	1.6	1.3
4. Negro x Café	Café oscuro	1.3	1.0	1.6	1.4
	Café	1.0	1.5	-	-
	Café rojo	-	1.0	-	-
	Blanco	-	0.9	2.0	1.4
	Promedio	1.2	1.1	1.8	1.4
5. Café x Café	Café rojo	1.3	1.1	1.0	1.0
	Café	-	1.2	1.2	-
	Café oscuro	0.8	-	-	-
	Negro	0.5	-	-	1.1
	Promedio	0.9	1.2	1.1	1.1
Promedio General		1.3	1.2	1.6	1.4

Promedio Tipo Suri	1.3 Kg
Promedio Tipo Huacaya	1.5 Kg

4.5. Longitud de mecha

La expresión de la longitud de mecha a la primera esquila, en progenie de alpacas del cruzamiento recíproco, para alpacas tipo Suri fue 16.4 cm y para tipo Huacaya de 10.5 cm.

Según el tipo de apareamiento, en alpacas tipo Suri, la mayor longitud de mecha se observó en hembras del cruce blanco x color con 18.4 cm, con menor longitud de mecha para machos, del cruce blanco x blanco con 13.5 cm, en cambio en alpacas tipo Huacaya, una mayor longitud de mecha se observó en machos del cruce negro x negro con 12.8 cm y menor longitud de mecha en hembras del cruce negro x café con 8.9 cm, este efecto del apareamiento sobre la longitud de mecha, presentó una significación estadística ($P < 0.05$), lo que indica que este carácter presenta una variación genética, similar a lo que ocurre en el peso de vellón a la primera esquila (Cuadro 4.5).

Al considerar el efecto de color de fibra en alpacas tipo Suri, la mayor longitud de mecha se observa en hembras de color LF con 20.0 cm y la menor longitud de mecha en alpacas hembras de color café rojo con 14.0 cm, mientras que en alpacas tipo Huacaya, la mayor longitud de mecha se presenta en hembras de color negro con 13.3 cm y la menor longitud de mecha también en hembras de vellón blanco con 8.0 cm, pero esta variación de datos del efecto del color de fibra, sobre la longitud de mecha no fue significativo, que también se debe al número de animales evaluados en el presente estudio, además se observa que en alpacas tipo Suri la mayor longitud de mecha se presenta en alpacas LF y la menor longitud en alpacas café rojo, lo contrario ocurre en alpacas Huacaya donde la mayor longitud de mecha presenta las

alpacas de color negro, esta variación se debería posiblemente al genotipo de alpacas Suri y al genotipo de alpacas Huacaya.

Estos resultados obtenidos en el presente trabajo, para alpacas tipo Suri son superiores a los datos obtenidos por Montesinos (2000) que para color LF indica 13.7 cm, comparado con datos del presente estudio que reporta 20.0 cm y como promedio fue de 16.4 cm, esta diferencia se debe a que la progenie F-1 del cruce recíproco, se ha realizado la primera esquila a los 14 meses de edad, en razón de una baja condición corporal que expresaban estos animales, mientras que la primera esquila normal se realiza a los 9 – 10 meses de edad.

En alpacas tipo Huacaya el promedio de longitud de mecha, al contrario es menor que los valores obtenidos por Montesinos (2000), Loza (2001), Clavetea (2003) y Mamani (2006), que indican valores mayores a 11.0 cm, esta diferencia está relacionado al efecto de la clase de alpacas, número de esquilas, color de fibra, sistema de manejo de alpacas y zonas ecológicas, que influyen en forma directa sobre la expresión de la longitud de mecha.

CUADRO 4.5
LONGITUD DE MECHA (CM) EN PROGENIE DEL CRUCE RECÍPROCO DE
ALPACAS DE COLOR HUACAYA X SURI SEGÚN SEXO Y TIPO DE
APAREAMIENTO.

Tipo de apareamiento	Color fibra F-1	Tipo Suri		Tipo Huacaya	
		Machos	Hembras	Machos	Hembras
1. Blanco x Blanco	Blanco	15.7	17.3	9.5	10.5
	LF	11.3	16.0	12.0	-
	Blanco manchado	-	16.7	-	-
	Café	-	19.0	-	9.0
	Promedio	13.5	17.2	10.8	9.8
2. Blanco x Color	Blanco	19.0	19.0	-	10.0
	LF	18.8	20.0	-	9.0
	Café rojo	15.7	18.0	-	-
	Café	16.0	17.7	-	-
	Blanco manchado	-	17.2	11.7	-
	Promedio	17.4	18.4	11.7	9.5
3. Negro x Negro	Negro	14.6	16.0	12.8	12.0
	Café oscuro	16.4	15.3	-	-
	Café rojo	-	17.3	-	-
	Café claro	-	18.5	-	-
	Promedio	16.0	16.7	12.8	12.0
4. Negro x Café	Café oscuro	16.3	14.1	9.2	9.7
	Café	16.3	13.9	-	-
	Café rojo	-	14.0	-	-
	Blanco	-	15.7	9.3	8.0
	Promedio	16.3	14.4	9.3	8.9
5. Café x Café	Café rojo	15.4	15.2	9.3	8.7
	Café	-	19.0	9.7	-
	Café oscuro	15.8	-	-	-
	Negro	18.0	-	-	13.3
	Promedio	16.4	17.1	9.5	11.0
Promedio General		15.9	16.8	10.8	10.2

Promedio Tipo Suri	16.4 cm
Promedio Tipo Huacaya	10.5 cm

CONCLUSIONES

El análisis de los resultados sobre el cruce recíproco de alpacas de colores definidos Huacaya x Suri para determinar la dominancia del color de fibra tipo de vellón y sus efectos sobre peso vivo, peso vellón y longitud de mecha en el anexo Quimsachata, permiten llegar a las siguientes conclusiones:

- El vellón blanco uniforme es dominante sobre el vellón de color como LF, blanco manchado, café claro, debido a la acción del gen dominante W, en el cruzamiento de alpacas Blanco x Blanco. También el vellón café es dominante sobre el negro por la acción del gen dominante B^C y su alelo recesivo "b" que regula el color negro.
- El vellón tipo Suri es dominante sobre el tipo Huacaya, que se debe al modelo de un locus con dos alelos, donde el tipo Suri es controlado por cualquiera de los genes dominantes S o H, mientras que el tipo Huacaya es regulado por la acción conjunta de genes dominantes S y H.
- El efecto del color de fibra sobre peso al nacimiento es significativo, debido a que las crías que presentan colores oscuros, como café rojo, café oscuro, negro, son más pesados que las crías de colores

claros como blanco, blanco manchado, LF, también este comportamiento se observa en peso al destete, peso a los 12 meses de edad.

- El peso de vellón promedio a la primera esquila, para alpacas F1 tipo suri se determinó en 1.3 Kg y para tipo Huacaya en 1.5 Kg, siendo significativo para el color de fibra por efecto de la variabilidad genética.
- La longitud de mecha a la primera esquila en alpacas F1 tipo Suri alcanzó a 16.4 cm y para tipo Huacaya con 10.5 cm, el color de fibra sobre la longitud de mecha no es significativo.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios similares en alpacas y llamas, considerando una mayor población de alpacas de colores uniformes, como café oscuro, café rojo, gris, color api, roanos y otros colores enteros.
- Formar líneas puras en alpacas de colores uniformes, con la finalidad de determinar la expresión de dominancia de colores enteros en la segunda generación.
- Realizar estudios para determinar la escala de colores en la fibra de alpaca y llama, con la finalidad de incrementar la población de alpacas y llamas de colores y llamas de colores enteros
- Proponer la formación del Banco de Germoplasma de alpacas y llamas de color en zonas de mayor población de estos camélidos, para la conservación y formación de rebaños de alpacas de color entero, mediante el uso de marcadores genéticos y valoración genética de reproductores, para identificar y difundir los animales portadores de genes deseables.

BIBLIOGRAFÍA

- ANTONINI M., GONZALES M., FRANK E., HICK M., PIERDOMINICI F., CATALANO N Y CASTRIGNANO F. 2001. Frecuencia de escalas de células cuticulares para los diferentes tipos de vellón de camélidos sudamericanos domésticos. Publicación N° 105. EAAP. Wageningen. Países Bajos.
- American Society for testing and materials. 2001. Método estándar para estudios de longitud de lana en cardado. West Conshohocken, P. A. ASTM D1575-90.
- ALLAIN D. Y REINIERI C. 2010. Genetics of the fibre production and fleece characteristics in small ruminants, Angora rabbit and South American Camelids. 1-10.
- APAZA, N. Y HUANCA, T. 2003. Índices Productivos y Reproductivos de alpacas de color de la raza Huacaya. Revista E.E. Illpa – Puno. Año 2. N° 07. Puno. Perú.
- BARBER E.J. 1991. Prehistoric Textile. Princenton University Press. New Jersey.
- BARREDA, J. 2001. Recuperación de la alpaca Suri, problemática en su crianza. Proyecto Especial de Camélidos Sudamericanos. PECSA. CTAR. Puno. Perú. 13 p.
- BARREDA, J. 2004. Fotos de llamas, Paccos y Suris, sugerencias para su crianza. Editores Lago Sagrado. Lima. Perú. 151 p.

- BAXTER L., LING HOU S., PAVAN W. 2004. Spotlight on spotted mice. A Review of white spotting mouse mutants and Associated Human Pigmentation Disorders. *Pigment Cell Research*. 17. 215-224.
- BAYCHELIER P. 2000. Suri and Huacaya, two alleles or two genes. *Proc. Australian Alpaca Ass. Canberra. Australia*. pp 79-85
- BENNETT, D., and Lamoreu M. 2003. The color loci of mice. A genetic century. *Pigment Cell Res*. 16, 333 – 344.
- BONAVIA, D. 1997. Los Camélidos sudamericanos, una introducción a su estudio. Universidad Cayetano Heredia. Lima. Perú. pp. 79-151.
- BUSTINZA, A. 1968. Herencia de colores del pelaje en alpacas. Tesis Med. Vet. y Zoot. Universidad Técnica del Altiplano. Puno. Perú. 44 p.
- BUSTINZA, J. 1996. Herencia y Mejoramiento Genético de las Alpacas y Llamas. Centro de Estudios de Post Grado. Universidad Técnica de Oruro. Bolivia. 167 p.
- BUSTINZA, J. 2000. Herencia del color en el pelaje de alpacas. III Simposium Internacional sobre la alpaca. Universidad Católica Santa María. Arequipa. Perú.
- CABALLERO DE LA CALLE J.R. Y CARRIÓN E. 1995. Coloraciones o capas del ganado. Tomo I. Zootecnia, Bases de Producción Animal. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. España.
- CALLE R. 1982. Producción y mejoramiento de la alpaca. Fondo del libro. Banco Agrario del Perú. Lima. Pp 175-225.
- CARDELLINO R. Y ROVIRA J. 1987. Mejoramiento Genético Animal. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. Montevideo. Uruguay.
- CARDOZO A. 1954. Los auquénidos. La Paz. Bolivia. 255 p.

- CASTRIGNANO, F., ANTONINI, M., MISITI, S., CRISTOFANELLI, S. Y RENIERI, C. 2001. Secuencia de la Proteína 1 relacionada a la tirosina (Trp-1) en alpaca. DESCO. Lima. Perú. pp. 181-190.
- CECCHI, T., PASSAMONT, P., FRANK, E., GONZALES, M., PUCCIARELLI, F. Y RENIERI, C. 1999 Pigmentación en Camélidos Sudamericanos I, Cuantificación y variación de eumelaninas y feomelaninas combinados en diversos colores de cubierta. DESCO. Lima. Perú. pp. 167-171.
- CECCHI, T. PASSAMONTI P., FRANK E., GONZALES M., PUCCIARELLI F., RENIERI C., 2001. Pigmentation in South American Camelids. In Gerken M. Renieri C. (Eds). Progress in S.A. Camelids Res. EAAP. Pub. N° 15. 207-210.
- CECCHI T., VALBONESI A., PASSAMONTI P., FRANK E., RENIERI C. 2006. Quantitative variation of melanins in llama (*Lama glama L.*). Small ruminant research.
- CLAVETEA, L. 2003. Estudio comparativo de las características físicas de la fibra de alpaca de color. Tesis Med. Vet. Zoot. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNA.Puno. 57 p.
- CCORIMANYA, M.J. 2010. Evaluación Agrostológica y capacidad de pastoreo de los pastizales naturales de la Estación Experimental Quimsachata – Puno. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrarias. UNA. Puno. Perú. 94 p.
- COZZALI, C., DELL'AGLIO, C., GARGIULO, A., FRANK, E., HICK, M. Y CECCARELLI, P. 2001. Pigmentation in South follicular melanocytes. In Gerken M. Renieri C. (Eds). Progressin S.A. Camelids Res. EAAP. Pub. N° 105, 237-238.

- DE CORSO, L. 1990. Color, arquitectura y estados de ánimo. Facultad de Arquitectura. Universidad de Moron. Buenos Aires. Argentina. 38 p.
- DE GANDIS, L. 1985. Teoría y uso del color. Ediciones Cátedra S.A. Madrid. España. pp 81-92.
- ENRIQUEZ, P. 2006. La Alpaca Suri de color. ¿Una raza en proceso de extinción? Asociación de Criadores de Camélidos Andinos, Acrican Illa. Puno. Perú. 258 p.
- ESPEZUA R. 2004. Los camélidos sudamericanos de los Andes. Matiz Gráfico Cadena del Sur. Puno. Perú. 191 p.
- Estación Agrometeorológica de Quimsachata. 2010. Estación Experimental Illpa – INIA – Puno. Periodo 1998-2008. Puno. Perú.
- FAO. 1996. Manual de prácticas de manejo de alpacas y llamas, producción y sanidad animal. Roma. Italia. pp. 84-89.
- FARVER J. 1989. Modes of inheritance in the llama and wool color genetics. The international camelid journal. pp. 49-56.
- FLORES A. 2008. Genética de los camélidos sudamericanos. 13º Congreso Interamericano de Genética. VI Congreso de Genética. Lima. Perú.
- FLORES, J. Y MACQUARRIE, K. 1995. Pastoreo Andino Contemporáneo, un legado andino que persiste. Oro de los Andes. Tomo II. Barcelona. España. pp. 101-121.
- FRANK E. 2001a. Descripción y análisis de segregación de fenotipos de color y tipos de vellón en llamas Argentinas. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- FRANK E., RENIERI C., HICK M., GAUNA C., VILA MELO J. 2001b. Segregation analysis on some coat colour phenotypes in Argentine

- llamas. In Gerken M. Renieric C. (Eds). Progress in S.A. Camelids Res. EAAP. Pub. N° 105.
- FRANK E., RENIERI C., HICK M., LA MANNA V., GAUNA C., LAUVERGNE J. 2002. Análisis de segregación del manchado irregular y color blanco entero en el pelaje de la llama. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock. Montpellier. pp 12-17.
- FRANK E., HICK M., GAUNA H., LAMAS H., RENIERI C., ANTONINI M. 2006. Phenotypic and genetic description of fibre traits in South American domestic Camelids. Small Ruminant Research. 61. 113-129.
- GÁLVEZ O. 1991. Algunas características fenotípicas en rebaños de alpacas en comunidades de Ananea. Tesis Med. Vet. Zoot. Facultad Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNA. Puno. 62 p.
- GALLEGOS R. 2005. Mejoramiento Genético Animal. Universidad Nacional del Altiplano. 122 p.
- GALLEGOS R., HUANCA T., APAZA N., MAMANI R. 2009. Diversidad del color de fibra en alpacas (*Vicugna pacos* L.) del altiplano. V Congreso Mundial sobre Camélidos. Riobamba. Ecuador.
- GALLOTI I. 1995. Il Tessile Ecologico (Ecological Textile). 9(95). 63-68.
- GANDARILLAS, H. 1971. Identificación preliminar de los genes involucrados en la herencia del color de las llamas y alpacas. Estación experimental Patacamaya. La Paz. Bolivia. 29p.
- GARCILAZO DE LA VEGA, 1959. Comentarios Reales de los Incas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú. 235 p.
- GRIFFITHS, A., MILLER, J., SUZUKI, D., LEWONTIN, R. Y GELBART, W. 1997. Genética, Introducción al Análisis Genético. 2ª Edición. Editorial

- Mc Graw – Hill Interamericana. Madrid. España. pp. 98-173.
- GRIFFITHS A., GÉLBART W., MILLER J., LEWONTIN R. 2000. *Genética Moderna*. Editorial McGraw Hill. Interamericana S.A. Madrid. España. pp 43-73.
- GUZMAN E. 1996. *Genética Agropecuaria*. Editorial Trillas S.A. México. 139 p.
- HOFFMAN E. Y FOWLER M. 1995. *El libro de la alpaca*. Herald. California clay Press Inc. 82 p.
- HUANCA T., APAZA N., GONZALES M., CÁRDENAS O. 2005. Recuperación del color en alpacas de raza Suri y Evaluación de Índices Productivos y Reproductivos. *Compendio de Tecnologías en Camélidos Sudamericanos*. INIA. Puno. Perú. pp 115-120.
- HUANCA T., APAZA N. GONZALES M., CÁRDENAS O. 2005. Metodología para la producción de reproductores de alpacas de color. *Compendio de Tecnologías en Camélidos Sudamericanos*. INIA. Puno. Perú. pp 126-129.
- INIA. 2006. *Programa Nacional de Investigación de Camélidos*. Lima. Perú. 30p.
- ITO S., WAKAMATSU K., OZEKI, H. 1993. Spectrophotometric assay of eumelanins in tissue sample. *Anal. Biochem*: 215-273.
- JACKSON I., CHAMBERS D., TSUKAMOTO K., COPELAND N., GILBERT D., JENKISN N. HEARING V. 1992. A second tyrosinase – related protein, TRP-2 maps to and is mutated at the mouse slaty locus. *EMBOJ*. Nº 11, 527-535.
- JACKSON I., BUDD P., HORN J., JOHNSON R., RAYMOND S. Y STEAL, K. 1994. *Genetics and molecular biology of mouse pigmentation*. *Pigment*

cell. Res. Nº 7.

JOHANSSON, I. Y RENDEL, J. 1972. Genética y Mejora Animal. Escuela de Agricultura de Suecia. Editorial Acribia. Zaragoza. España. pp 95-105.

KLUG, W., CUMMINGS, M. Y SPENCER, C. 2006. Conceptos de Genética. 8ª Edición. Editorial Pearson Educación. S.A. Madrid. España. pp 26-46.

LA CADENA J.R. 1999. Genética General. Conceptos fundamentales. Editorial Síntesis S.A. Madrid. España. pp 216-230.

LAUVERGNE J. 1985. The use of visible genetic profiles the identification of domestic goat populations, 6th. Meeting FAO – European cooperative Network on sheep and goat production. Tesalonica. FAO. 10 p.

LAUVERGNE, J. 1988a. Populations traditionnelles et premières races standardisées d'ovicaprince dans le Bassin méditerranéen. INRA. Paris. Nº 47. 298 p.

LAUVERGNE J. 1988b. Methodologie proposee pour l'etude des ovicaprinces mediterrances. INRA. Paris. Francia. pp 77-94.

LAUVERGNE J., SILVESTRELLI M., LANGLOIS B., RENIERI C., POIREL D. Y VECCHIOTI A. 1991. A new system for describing Horse coat colour. Livestock, Produc. Sci. Nº 27.

LAUVERGNE J., 1994. Characterization of genetic resources of American Camelids. In. Gerken, M. Renieri C. (Eds). European Symposium on South American Camelids. 59-66.

LAUVERGNE, J., FRANK, E., RENIERI, C. Y ANTONINI, M. 1998. Descripción y clasificación de los fenotipos de color en camélidos domésticos sudamericanos. DESCO. Lima, Perú. pp 159-163.

- LOZA, J. 2000. Características físicas de la fibra de alpacas de color del CIP La Raya. Tesis. Med. Vet. Zoot. Facultad Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNA. Puno. Perú. 53 p.
- MAMANI, M. 2006. Características físicas de fibra de alpacas Huacaya de color en comunidades de la zona de Mazocruz. Puno. Tesis Med. Vet. y Zoot. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNA. Puno. Perú. 60 p.
- MASON H. 1967. Th structure of melanin. Vol. 8. Pergamon Press. Oxford 293-312.
- MCGREGOR B.A. 1997. The quality of fibre grownby Australian Alpacas. I. the commercial quality attributes and value of alpaca fibre. Proc. Int. Alpacas Industry conf. Sydney. 43-48.
- MCQUARRIE E. 1995. El oro de los Andes, las llamas, alpacas, vicuñas y guanacos de Sudamérica. Vol. I. Barcelona. España. pp 292-347.
- Ministerio de Agricultura. 2006. Oficina de Información Agraria. Región Puno. Perú. 20 p.
- MIRANDA F. 1990. Evaluación edafo-agrostológica de praderas naturales del anexo Quimsachata. E.E.Illpa. Tesis Ing. Agron. UNA. Puno. 70p.
- MONTESINOS, R. 2000. Características físicas de la fibra de alpacas Huacaya y Suri de color en el Banco de Germoplasma Quimsachata, E.E. Illpa INIA – Puno. Tesis. Med. Vet. Zoot. Facultad Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNA-Puno. 63 p.
- NICHOLAS, F. 1990. Genética Veterinaria. Editorial Acribia. S.A. Zaragoza. España. pp. 367-383.
- NICHOLAS F. 1998. Introducción a la Genética Veterinaria. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España. pp 249-254.

- Norma Técnica Peruana. 2004. Fibra de Alpaca en vellón definiciones categorización requisitos. NTP. 231 - 300. INDECOPI-CRT. Lima. Perú.
- OLIVER F. 1982. Fundamentos de Genética. Ediciones Publi-Mex. S.A. México. pp 63-77.
- ORIA I., QUICAÑO I., QUISPE E. Y ALFONSO L. 2009. Variabilidad del color de fibra de alpaca en la zona altoandina de Huacavelica. Perú. Boletín de información sobre recursos genéticos animales. Número especial. Roma. pp 79-84.
- PARRAMÓN J. M. 2009. Teoría y Práctica del Color. Parramón Ediciones S.A. Barcelona. España. 110 p.
- PIZARRO, R. 1999. Camelidotecnia. CONCYTEC. Lima. Perú. pp. 5 - 12.
- PONZONI, R., HUBBARD D., KENYON R., TUCKWELL C., MCGREGOR B., HOWSE A., CARMICHAEL I Y JUDSON G. 1997. Phenotypes resulting from Huacaya by Huacaya, Suri by Suri alpaca crossing. Australian Alpaca. Assoc. Sidney. pp 11-13.
- PROT, A. 1992. Melanins and melanogenesis. Academic Press. San Diego.
- POWELL, A., MOSS M., TEGLAND TREE L., ROEDER B., CARLETON C., CAMPBELL E., KOOYMAN D. 2008. Characterization of the effect of melanocortin 1 Receptor a member of the hair color genetic Locus in alpaca (*Lama pacos*) fleece color differentiation. Small Ruminant Research. 183-187.
- PUERTAS, M. J. 1999. Genética, Fundamentos y Perspectivas. 2da. Edición. Editorial Mc Graw – Hill Interamericana. Madrid. España. pp 67-75.
- PURVIS, I. W. Y FRANKLIN R.F. 2005. Major genes and QTL influencing wool production and quality. Genet., Sel. Evol. 37, 97-107.

- RAPER, H. 1938. Some problems of tyrosine metabolism. J. Chem.. Soc. 125 – 130.
- RENIERI, C. 1994a. Pigmentation in domestic mammals with reference to fine fibra producing species. Eur. Fine Fibre Network Occ. Publ. N° 1. 113-136.
- RENIERI, C. 1994b. The genetic basis of pigmentation in South American Camelids. Proc. Eur. Symp. South American Camelids. Univ. Di Camerino. 31-41.
- RENIERI, C. 1995. Biología y genética de las capas de los mamíferos y su extensión a los camélidos. Eds. Univ. Di Camerino. 69-67.
- RENIERI, C., FRANK E., HICK M., LA MANNA V., GAUNA C., LAUVERGNE J. 2002. Segregation Analysis of coat color phenotypes in llama. In. Sevent WCGAAP. Communication. N° 12-16.
- RENIERI, C. 2003. Selection for coat color in alpaca (*Lama pacos*) and llama (*Lama glama*). Proc. III Congreso Mundial sobre camélidos y I Taller Internacional de DECAMA. Potosí. Bolivia. pp 11-19.
- RENIERI, C., ANTONINI M., FRANK E. 2004. Current Status of Genetic Resources Recording and Production Systems in African, Asian and American Camelids. ICAR. Technical Series N° II. Roma. pp 307-311.
- RENIERI, C., PACHECO C., VALBONESI A., FRANK E., ANTONINI M. 2007. Programa de Mejoramiento Genético en Camélidos Domésticos. XX Reunión de Asociación latinoamericana de Producción Animal. Vol. 15. Cusco. Perú. pp 205-209.

- RENIERI, C., VALBONESI A., LA MANNA V., ANTONINI M. Y ASPARRIN M. 2009. Inheritance of Suri and Huacaya type of fleece in alpaca. Ital. J. Animal. Sci. 8:83-91.
- RENIERI, C., HUANCA T., APAZA N., PRESCIONTTINI S., VALBONESI A., ANTONINI M., LA MANNA V., LA TERZA A., ASPARRIN M. 2010. Coat color and Suri/Huacaya phenotype inheritance in alpaca (*Vicugna pacos*). International Symposium on fiber South American Camelids. Universidad Nacional de Huancavelica. Perú. pp 89-107.
- ROBLES, R. 1995. Diccionario Genético y Fitogenético. Editorial Trillas S.A. México. 194p.
- RUIZ DE CASTILLA, M. 1994. Camelicultura. Alpacas y llamas del sur del Perú, Municipalidad del Q'osqo. Cusco. Perú. pp. 149 – 158.
- RODRÍGUEZ, J.M. 1991. Métodos de Investigación Pecuaria. Universidad Autónoma Agraria. Antonio Narro. Editorial Trillas S.A. México. pp 38-15-45.
- SEARLE, A. 1968. Comparative genetics of coat in mammals. Londres y New York. Logos Press y Academic Press.
- SOLÍS, R. Y SIERRA A. 1996. Parámetros tecnológicos de la fibra de alpaca Suri y Huacaya de la Cooperativa Comunal Huallay. Cerro de Pasco. Primer Congreso Nacional sobre Camélidos. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.
- SOLIS, R. 1997. Producción de Camélidos Sudamericanos. Imprenta Ríos S.A. Huancayo. Perú. pp 204-228.
- SPONENBERG, D. 2004. La genética de colores en alpacas. V Simposio Iberoamericano sobre la Conservación y Utilización de Recursos

- Zoogenéticos. UNA – Puno. Perú. pp. 20-22.
- STANSFIELD, W. 1992. Genética. Tercera Edición. Editorial McGraw Hill. México. pp 58-86.
- STEEL R. Y TORRIE J. 1985. Bioestadística, principios y procedimientos. Segunda Edición. McGraw Hill. Latinoamericana S.A. Bogotá Colombia. pp 132-184.
- TAMARIN R. 1996. Principios de genética. Editorial Reverte S.A. Barcelona. España. pp 15-40.
- TOLEDO L. Y SAN MARTÍN M. 1948. Alpacas y vicuñas y su plan de mejoramiento. Lanas y Lanares. 3(10-11). 47-50p.
- TOOMEY, B. 1984. Manejo clasificación y utilización de la lana. FAO. Boletín N° 55. Roma. Italia. 75 p.
- VELAZCO J. 1980. Mejoramiento Genético de Alpacas. Anales III. Reunión Científica Anual. Sociedad Peruana de Producción Animal. Lima. Perú.
- VILLARROEL, J. 1963. Un estudio sobre la fibra de alpaca. Anales Científicos. Universidad Agraria La Molina. Lima. Perú.
- VILLARROEL, J. 1964. Primera Norma Técnica para la fibra de Alpaca. Peru textil. N°20. Lima. Perú.
- WARWICK J. Y LEGATES E. 1980. Cría y mejora del Ganado. Tercera Edición. Editorial McGraw-Hill. México. pp 92-138.
- WHEELER, J. Y RODRÍGUEZ, J. 2004. Conservación de la Biodiversidad en especies de interés económico, la alpaca. CONOPA. Lima. Perú.
- ZEUNER F.E. 1963. A History of domesticated animals. Hutchinson. Co. LTD. London. U.K.

ANEXOS

ANEXO I. EXPRESIÓN DEL COLOR DE FIBRA, TIPO DE VELLÓN Y SEXO EN LA PROGENIE (F₁) DEL CRUZAMIENTO RECÍPROCO DE ALPACAS DE COLOR HUACAYA X SURI.

A. Apareamiento de alpacas Blanco x Blanco

Madre Huacaya x Padre Suri

Padre N° 443303

Número arete	Fecha de nacimiento	Color de fibra	Tipo de vellón	Sexo
087108	17/01/08	Blanco	Huacaya	Hembra
092108	19/01/08	LF	Huacaya	Macho
094108	19/01/08	Blanco	Huacaya	Macho
099108	20/01/08	Blanco	Huacaya	Hembra
168208	02/02/08	Blanco	Huacaya	Hembra
171208	03/02/08	Blanco	Suri	Macho
190208	05/02/08	LF	Huacaya	Macho
276208	16/02/08	LF	Huacaya	Macho

Padre N° 058104

007108	23/12/07	Blanco	Suri	Macho
013108	29/12/07	Blanco	Huacaya	Hembra
035108	07/01/08	Blanco	Suri	Hembra
036108	08/01/08	Blanco	Suri	Hembra
048108	11/01/08	Blanco/manchado	Suri	Macho
069108	15/01/08	Blanco	Suri	Hembra
124108	24/01/08	LF	Suri	Hembra
135108	26/01/08	Blanco	Suri	Macho
279208	16/02/08	Blanco	Suri	Hembra
304208	19/02/08	Blanco	Suri	Hembra
476408	02/04/08	LF	Huacaya	Macho

Madre Suri x Padre Huacaya

Padre N° 1199-M

Número arete	Fecha de nacimiento	Color de fibra	Tipo de vellón	Sexo
073108	16/01/08	Blanco	Huacaya	Hembra
163208	01/02/08	Blanco	Suri	Macho
173208	03/02/08	Blanco	Huacaya	Hembra
253208	14/02/08	Blanco	Suri	Macho
274208	15/02/08	Café	Suri	Hembra
277208	16/05/08	LF	Suri	Hembra
319208	22/02/08	Blanco	Suri	Hembra
398308	07/03/08	Blanco	Huacaya	Hembra
406308	09/03/08	Café claro	Huacaya	Hembra

Padre N° 148102

049108	11/01/08	Blanco	Suri	Hembra
074108	16/01/08	Blanco	Suri	Hembra
090108	19/01/08	Blanco	Huacaya	Hembra
097108	20/01/08	Blanco	Huacaya	Hembra
212208	02/02/08	Blanco / manchado	Suri	Hembra
251208	13/02/08	Blanco	Suri	Hembra
372308	01/03/08	Blanco	Huacaya	Hembra
380308	03/03/08	Blanco	Suri	Macho
389308	05/03/08	Blanco	Suri	Hembra

**B. Apareamiento de alpacas Blanco x Color
Madre Huacaya Café x Padre Suri Blanco**

Padre N° S0502

076108	16/01/08	LF	Suri	Macho
102108	21/01/08	Café rojo	Suri	Macho
144108	26/01/08	Café rojo	Suri	Hembra
154108	29/01/08	Blanco	Huacaya	Hembra
166208	02/02/08	Café	Suri	Hembra
265208	15/02/08	Café rojo	Suri	Hembra
325208	22/02/08	Café claro	Suri	Hembra
334208	24/02/08	Café blanco	Suri	Hembra
348208	27/02/08	Café claro	Suri	Hembra

Padre N° EEI-025

043108	10/01/08	LF	Suri	Macho
064108	14/01/08	Café	Suri	Macho
083108	17/01/08	Blanco	Suri	Macho
098108	20/01/08	Blanco	Huacaya	Hembra
156108	29/01/08	Café claro	Suri	Macho
157108	29/01/08	Café rojo	Suri	Hembra
165208	01/02/08	Blanco	Suri	Macho
172208	03/02/08	LF	Suri	Hembra
176208	03/02/08	Café rojo	Huacaya	Hembra
195208	05/02/08	Blanco	Suri	Macho
247208	13/02/08	Café rojo	Suri	Macho
256208	14/02/08	Blanco	Suri	Macho
257208	14/02/08	Café claro	Suri	Hembra
298208	18/02/08	Café rojo	Suri	Hembra
365208	29/02/08	Café	Suri	Hembra

Madre Suri LFy x Padre Huacaya Blanco

Padre N° 322203

046108	10/01/08	LF	Suri	Macho
186108	17/01/08	Blanco	Suri	Hembra
161108	30/01/08	Blanco	Suri	Hembra
174208	03/02/08	Blanco	Huacaya	Hembra
214208	09/02/08	LF	Huacaya	Hembra
229208	10/02/08	Blanco	Huacaya	Hembra
273208	15/02/08	LF	Suri	Macho
340208	25/02/08	Blanco	Suri	Hembra
460308	29/03/08	Blanco	Suri	Hembra

Madre Suri Café x Padre Huacaya Blanco

Padre N° 370397

054108	13/01/08	Blanco - manchado	Suri	Hembra
117108	23/01/08	Blanco - manchado	Huacaya	Macho
129108	25/01/08	Blanco - manchado	Suri	Hembra
134108	26/01/08	Blanco	Huacaya	Hembra
183208	04/02/08	Café rojo	Suri	Macho
353208	27/02/08	Café rojo	Suri	Hembra

C. Apareamiento de alpacas: Negro x Negro
Madre Huacaya Negro x Padre Suri Negro

Padre N° 244203

Número arete	Fecha de nacimiento	Color de fibra	Tipo de vellón	Sexo
063108	14/01/08	Negro	Huacaya	Hembra
089108	18/01/08	Negro	Huacaya	Hembra
125108	01/02/08	Café oscuro	Suri	Hembra
142108	26/02/08	Negro	Huacaya	Macho
241208	12/02/08	Café oscuro	Suri	Macho
262208	14/02/08	Negro	Suri	Hembra
312208	20/02/08	Negro	Huacaya	Macho

Padre N° 237204

141108	26/01/08	Café rojo	Suri	Hembra
160108	30/01/08	Negro	Suri	Macho
309208	20/02/08	Negro	Suri	Macho
342208	25/02/08	Café claro	Suri	Hembra
435308	16/03/08	Café oscuro	Suri	Macho
437308	17/03/08	Negro	Suri	Macho

Madre Suri Negro x Padre Huacaya Negro

Padre N° 095101

080108	16/01/08	Café claro	Suri	Hembra
081108	16/01/08	Negro	Huacaya	Hembra
246208	13/02/08	Café oscuro	Suri	Hembra
287208	17/02/08	Negro	Huacaya	Hembra
328208	23/02/08	Negro	Suri	Hembra
499408	13/03/08	Negro	Huacaya	Macho

Padre N° 035104

078108	16/01/08	Café oscuro	Suri	Macho
179208	03/02/08	Negro	Suri	Macho
264208	15/02/08	Negro	Suri	Macho
311208	20/02/08	Café oscuro	Suri	Macho
350208	27/02/08	Negro	Suri	Hembra
411308	10/03/08	Negro	Suri	Macho

D. Apareamiento de Alpacas: Negro x Café

Madre Huacaya Café x Padre Suri Negro

Padre N° EEI-024

Número arete	Fecha de nacimiento	Color de fibra	Tipo de vellón	Sexo
040108	09/01/08	Café	Suri	Hembra
072108	16/01/08	Blanco	Huacaya	Hembra
082108	17/01/08	Café oscuro	Huacaya	Macho
111108	22/01/08	Café oscuro	Suri	Macho
115108	22/01/08	Café oscuro	Huacaya	Hembra
220208	09/02/08	Café oscuro	Huacaya	Macho
228208	10/02/08	Café rojo	Suri	Hembra
250208	13/02/08	LF	Suri	Hembra
281208	16/02/08	Café	Suri	Hembra
314208	21/02/08	Café oscuro	Suri	Macho
349208	27/02/08	Café	Suri	Macho
366208	29/02/08	Blanco	Huacaya	Macho
423308	11/03/08	Café oscuro	Suri	Hembra
427308	11/03/08	Blanco	Huacaya	Hembra
437308	14/03/08	Café oscuro	Suri	Macho

Madre Suri Café x Padre Huacaya Negro**Padre N° 366203**

137108	26/01/08	Negro	Suri	Macho
138108	26/01/08	Café oscuro	Suri	Hembra
140108	26/01/08	Café oscuro	Suri	Macho
167208	02/02/08	Negro	Suri	Macho
183208	04/02/08	Negro	Suri	Macho
252208	14/02/08	Café oscuro	Suri	Macho
318208	22/02/08	Negro	Huacaya	Hembra
379308	02/03/08	Café rojo	Suri	Hembra

E. Apareamiento de Alpacas: Café x Café**Madre Huacaya Café x Padre Suri Café****Padre N° 0810100**

051108	11/01/08	Café	Suri	Hembra
059108	13/01/08	Café rojo	Suri	Macho
079108	16/01/08	Café oscuro	Suri	Macho
127108	24/01/08	Café rojo	Suri	Hembra
226208	10/02/08	Café rojo	Suri	Macho
234208	11/02/08	Café rojo	Suri	Macho
240208	12/02/08	Café oscuro	Suri	Macho
259208	14/02/08	Café rojo	Suri	Macho
260208	14/02/08	Café rojo	Suri	Macho
267208	15/02/08	Café rojo	Suri	Macho
326208	23/02/08	Negro	Huacaya	Hembra
335208	24/02/08	Café rojo	Suri	Hembra
360208	29/02/08	Café rojo	Suri	Macho

Padre N° 0270100

021108	03/01/08	Café rojo	Suri	Hembra
018108	24/01/08	Café rojo	Huacaya	Hembra
145108	27/01/08	Café	Huacaya	Macho
155108	29/01/08	Café rojo	Huacaya	Macho
164208	01/02/08	Café oscuro	Suri	Macho
193208	05/02/08	Café rojo	Suri	Macho
204208	07/02/08	Café oscuro	Suri	Macho
245208	13/02/08	Café rojo	Suri	Macho
384308	04/03/08	Café rojo	Suri	Macho

Madre Suri Café x Padre Huacaya Café**Padre N° 216204**

181208	03/02/08	Café rojo	Suri	Hembra
351208	27/02/08	Café rojo	Suri	Hembra
451308	25/03/08	Negro	Suri	Hembra

**ANEXO II. PESO VIVO (KG) AL NACIMIENTO, DESTETE 1 AÑO EN ALPACAS (F₁)
DEL CRUZAMIENTO RECÍPROCO DE ALPACAS DE COLOR
HUACAYA X SURI**

A. Apareamiento de alpacas: Blanco x Blanco

Tipo de cruce	N° de arete	Tipo vellón	Color fibra	Sexo	Peso al nacimiento	Peso al destete	Peso 1 año
Madre Huacaya por Padre Suri	171208	Suri	Blanco	Macho	9.0	26.4	27.5
	007108	Suri	Blanco	Macho	6.0	24.0	30.0
	048108	Suri	Blanco/m	Macho	4.5	16.1	-
	135108	Suri	Blanco	Macho	5.0	20.3	21.6
	035108	Suri	Blanco	Hembra	6.5	23.0	23.1
	036108	Suri	Blanco	Hembra	6.5	28.3	-
	069108	Suri	Blanco	Hembra	6.5	26.3	33.2
	124108	Suri	LF	Hembra	7.0	26.0	31.3
	279208	Suri	Blanco	Hembra	5.0	-	24.7
	304208	Suri	Blanco	Hembra	8.0	-	30.2
	092108	Huacaya	LF	Macho	7.0	24.3	26.3
	094108	Huacaya	Blanco	Macho	6.0	-	25.8
	190208	Huacaya	LF	Macho	6.0	20.9	21.0
	276208	Huacaya	LF	Macho	7.5	-	31.9
	476408	Huacaya	LF	Macho	6.0	18.6	-
	087108	Huacaya	Blanco	Hembra	6.5	22.7	29.8
	099108	Huacaya	Blanco	Hembra	5.5	21.4	24.3
	168208	Huacaya	Blanco	Hembra	6.0	21.8	24.5
	013108	Huacaya	Blanco	Hembra	6.5	23.4	26.7
	Madre Suri por Padre Huacaya	163208	Suri	Blanco	Macho	6.0	25.2
253208		Suri	Blanco	Macho	6.5	-	24.3
380308		Suri	Blanco	Macho	6.5	-	24.0
274208		Suri	Café	Hembra	8.0	-	30.2
277208		Suri	LF	Hembra	6.0	-	27.5
319208		Suri	Blanco	Hembra	7.0	-	24.5
049108		Suri	Blanco	Hembra	5.5	23.4	25.9
074108		Suri	Blanco	Hembra	5.5	24.9	26.6
212208		Suri	Blanco/m	Hembra	6.5	24.0	25.7
251208		Suri	Blanco	Hembra	6.0	24.1	27.6
389308		Suri	Blanco	Hembra	6.5	-	-
073108		Huacaya	Blanco	Hembra	6.5	18.8	24.0
173208		Huacaya	Blanco	Hembra	7.0	24.0	26.0
398308		Huacaya	Blanco	Hembra	6.0	-	21.4
40638		Huacaya	Café	Hembra	6.0	-	26.4
091108		Huacaya	Blanco	Hembra	6.0	20.8	24.7
097108		Huacaya	Blanco	Hembra	5.0	18.9	22.7
372308		Huacaya	Blanco	Hembra	5.5	-	22.9

B. Apareamiento de alpacas: Blanco x Color

Tipo de cruce	N° de arete	Tipo vellón	Color fibra	Sexo	Peso al nacimiento	Peso al destete	Peso 1 año
Madre Huacaya café por Padre Suri blanco	076108	Suri	LF	Macho	6.0	20.7	29.0
	102108	Suri	Café rojo	Macho	6.0	28.0	25.0
	043108	Suri	LF	Macho	7.0	28.4	35.5
	064108	Suri	Café	Macho	5.5	22.5	28.0
	083108	Suri	Blanco	Macho	5.0	19.7	25.5
	156108	Suri	Café	Macho	7.0	30.5	42.0
	165108	Suri	Blanco	Macho	7.5	29.7	39.0
	195208	Suri	Blanco	Macho	6.0	20.4	25.0
	247208	Suri	Café rojo	Macho	10.0	37.2	59.0
	256208	Suri	Blanco	Macho	6.0	-	32.5

	144108	Suri	Café rojo	Hembra	8.0	26.3	37.0
	166208	Suri	Café	Hembra	7.5	29.8	43.5
	265208	Suri	Café rojo	Hembra	7.0	-	37.5
	325208	Suri	Café	Hembra	7.0	-	40.0
	334208	Suri	Café	Hembra	5.0	23.6	26.0
	348208	Suri	Café	Hembra	7.0	-	32.0
	157108	Suri	Café rojo	Hembra	7.0	21.0	32.0
	172208	Suri	Blanco	Hembra	8.5	20.0	28.0
	257208	Suri	Café	Hembra	7.0	-	25.5
	298208	Suri	Café rojo	Hembra	7.0	-	30.0
	365208	Suri	Café	Hembra	8.0	-	31.0
	154108	Huacaya	Blanco	Hembra	5.0	21.5	27.0
	098108	Huacaya	Blanco	Hembra	6.5	18.0	24.0
	176208	Huacaya	Café rojo	Hembra	8.0	24.3	28.0
Madre Suri LF por Padre Huacaya Blanco	046108	Suri	LF	Macho	6.0	19.0	34.5
	273208	Suri	LF	Macho	7.5	-	29.0
	086108	Suri	Blanco	Hembra	6.5	18.4	33.5
	161108	Suri	Blanco	Hembra	7.5	27.5	39.0
	340208	Suri	Blanco	Hembra	8.0	-	31.0
	460308	Suri	Blanco	Hembra	6.0	-	-
	174208	Huacaya	Blanco	Hembra	5.5	-	-
	214208	Huacaya	LF	Hembra	6.5	20.6	24.5
	229208	Huacaya	Blanco	Hembra	7.0	24.3	26.8
Madre Suri café por Padre Huacaya Blanco	054108	Suri	Blanco/m	Hembra	5.0	23.8	30.0
	129108	Suri	Blanco/m	Hembra	6.5	21.2	26.0
	353208	Suri	Café rojo	Hembra	7.0	-	26.5
	117108	Huacaya	Blanco/m	Macho	8.0	22.6	27.8
	134108	Huacaya	Blanco	Hembra	7.0	28.0	29.9

C. Apareamiento de alpacas: Negro x Negro

Tipo de cruce	Nº de arete	Tipo vellón	Color fibra	Sexo	Peso al nacimiento	Peso al destete	Peso 1 año
Madre Huacaya por Padre Suri	241208	Suri	Café oscuro	Macho	8.0	26.2	28.5
	160108	Suri	Negro	Macho	5.0	21.1	25.8
	309208	Suri	Negro	Macho	6.5	-	28.3
	435308	Suri	Café oscuro	Macho	8.0	21.2	27.2
	437308	Suri	Negro	Macho	8.0	19.4	23.6
	125108	Suri	Café oscuro	Hembra	7.0	25.1	28.4
	262208	Suri	Negro	Hembra	7.0	-	25.6
	141108	Suri	Café rojo	Hembra	8.0	23.2	37.3
	342208	Suri	Café	Hembra	7.0	-	26.1
	142108	Huacaya	Negro	Macho	6.0	22.8	24.1
	312208	Huacaya	Negro	Macho	9.0	-	26.4
	063108	Huacaya	Negro	Hembra	6.0	30.5	37.0
	089108	Huacaya	Negro	Hembra	6.0	25.1	28.3
Madre Suri por Padre Huacaya	078108	Suri	Café oscuro	Hembra	7.0	26.4	28.1
	179208	Suri	Negro	Macho	7.0	20.8	29.0
	264208	Suri	Negro	Macho	6.0	-	28.0
	311208	Suri	Café oscuro	Macho	7.5	-	26.4
	411308	Suri	Negro	Macho	7.0	-	28.4
	010108	Suri	Café	Hembra	7.0	25.5	34.3
	246208	Suri	Café oscuro	Hembra	7.0	27.3	34.0
	328208	Suri	Negro	Hembra	7.5	-	30.9
	350208	Suri	Negro	Hembra	9.0	-	32.7
	499408	Huacaya	Negro	Macho	6.5	19.8	-
	081108	Huacaya	Negro	Hembra	7.0	23.0	26.6
	287208	Huacaya	Negro	Hembra	6.0	-	26.8

D. Apareamiento de alpacas: Negro x Café

Tipo de cruce	Nº de arete	Tipo vellón	Color fibra	Sexo	Peso al nacimiento	Peso al destete	Peso 1 año
a. Madre Huacaya Café por Padre Suri Negro	111108	Suri	Café oscuro	Macho	7.0	22.1	25.5
	314208	Suri	Café oscuro	Macho	7.0	-	25.0
	349208	Suri	Café	Macho	7.0	25.0	33.1
	433308	Suri	Café oscuro	Macho	5.0	-	-
	040108	Suri	Café	Hembra	6.0	25.0	30.8
	288208	Suri	Café rojo	Hembra	6.5	21.8	24.8
	250208	Suri	Blanco	Hembra	5.0	15.7	23.0
	281208	Suri	Café	Hembra	7.0	-	28.3
	423308	Suri	Café oscuro	Hembra	6.0	-	28.0
	082108	Huacaya	Café oscuro	Macho	6.5	25.0	28.2
	220208	Huacaya	Café oscuro	Macho	7.0	25.3	34.0
	366208	Huacaya	Blanco	Macho	8.0	21.0	24.8
	072108	Huacaya	Blanco	Hembra	6.0	25.0	29.2
	115108	Huacaya	Café oscuro	Hembra	7.0	25.0	32.6
427308	Huacaya	Blanco	Hembra	5.0	-	34.7	
b. Madre Suri Café por Padre Huacaya Negro	137108	Suri	Negro	Macho	7.5	26.8	27.6
	140108	Suri	Café oscuro	Macho	8.0	26.8	29.5
	167208	Suri	Negro	Macho	6.0	24.3	26.9
	252208	Suri	Café oscuro	Macho	6.0	-	24.7
	130108	Suri	Café oscuro	Hembra	5.0	19.8	24.6
	379308	Suri	Café rojo	Hembra	7.5	-	24.5
	318208	Huacaya	Negro	Hembra	6.0	-	27.4

E. Apareamiento de alpacas: Café x Café

Tipo de cruce	Nº de arete	Tipo vellón	Color fibra	Sexo	Peso al nacimiento	Peso al destete	Peso 1 año
a. Madre Huacaya por Padre Suri	059108	Suri	Café rojo	Macho	6.5	26.0	36.2
	079108	Suri	Café oscuro	Macho	8.5	24.5	31.7
	226208	Suri	Café rojo	Macho	7.5	27.5	36.0
	234208	Suri	Café rojo	Macho	9.0	24.3	25.4
	240208	Suri	Café oscuro	Macho	7.6	23.4	28.5
	260208	Suri	Café rojo	Macho	8.5	-	28.1
	267208	Suri	Café rojo	Macho	9.0	-	30.7
	260208	Suri	Café rojo	Macho	6.0	-	26.8
	164208	Suri	Café oscuro	Macho	8.0	25.7	37.3
	193208	Suri	Café rojo	Macho	7.0	25.0	27.6
	204208	Suri	Café oscuro	Macho	7.0	22.1	26.7
	245208	Suri	Café rojo	Macho	7.0	25.8	28.6
	384308	Suri	Café rojo	Macho	9.0	-	27.6
	051108	Suri	Café	Hembra	6.0	28.0	31.7
	127108	Suri	Café rojo	Hembra	6.5	22.7	25.0
	335208	Suri	Café rojo	Hembra	7.5	-	30.0
	021108	Suri	Café rojo	Hembra	6.0	25.8	26.4
	145108	Huacaya	Café	Macho	7.5	-	-
	155108	Huacaya	Café rojo	Macho	8.0	26.0	31.2
	326208	Huacaya	Negro	Hembra	7.0	-	29.4
128108	Huacaya	Café rojo	Hembra	7.5	28.0	30.4	
b. Madre Suri por Padre Huacaya	451308	Suri	Negro	Macho	5.5	18.7	26.0
	181208	Suri	Café rojo	Hembra	6.0	16.2	27.5
	351208	Suri	Café rojo	Hembra	7.5	-	30.0

**ANEXO III. PESO VELLÓN (KG) LONGITUD DE MECHA (CM) EN ALPACAS F₁
EN PRIMERA ESQUILA DEL CRUCE RECÍPROCO DE ALPACAS DE
COLOR HUACAYA X SURI.**

A. Apareamiento de Alpacas: Blanco x Blanco

Número	Tipo de vellón	Color fibra	Sexo	Peso Vellón	Longitud Mecha
1	Suri	Blanco	Macho	1.4	18.7
2	Suri	Blanco	Macho	1.2	16.3
3	Suri	Blanco	Macho	1.2	17.7
4	Suri	LF	Macho	1.5	11.3
5	Suri	Blanco	Hembra	0.9	17.3
6	Suri	Blanco	Hembra	1.0	15.3
7	Suri	Blanco	Hembra	1.4	19.0
8	Suri	Blanco	Hembra	1.0	18.3
9	Suri	LF	Hembra	0.8	16.7
10	Huacaya	Blanco	Macho	1.5	11.0
11	Huacaya	Blanco	Macho	1.5	8.0
12	Huacaya	LF	Macho	1.5	11.3
13	Huacaya	LF	Macho	1.6	12.3
14	Huacaya	LF	Macho	1.0	14.0
15	Huacaya	Blanco	Hembra	1.9	10.3
16	Huacaya	Blanco	Hembra	1.4	10.3
17	Huacaya	Blanco	Hembra	1.5	10.0
1	Suri	Blanco	Macho	1.0	11.7
2	Suri	Blanco	Macho	1.5	14.7
3	Suri	Blanco	Macho	1.5	15.3
4	Suri	Blanco	Hembra	1.2	17.3
5	Suri	Blanco	Hembra	0.9	17.0
6	Suri	Blanco	Hembra	1.2	17.0
7	Suri	Blanco	Hembra	0.8	17.0
8	Suri	LF	Hembra	1.0	19.7
9	Suri	Blanco/m	Hembra	1.3	16.7
10	Suri	Café	Hembra	1.7	19.0
11	Huacaya	Blanco	Hembra	1.6	10.7
12	Huacaya	Blanco	Hembra	1.7	11.7
13	Huacaya	Blanco	Hembra	1.6	16.3
14	Huacaya	Blanco	Hembra	1.2	10.3
15	Huacaya	Blanco	Hembra	1.6	10.7
16	Huacaya	Café	Hembra	1.4	8.7

B. Apareamiento de Alpacas: Blanco x Color

1	Suri	Blanco	Macho	1.3	19.7
2	Suri	Blanco	Macho	1.1	16.3
3	Suri	Blanco	Macho	1.3	20.3
4	Suri	Blanco	Macho	1.5	20.0
5	Suri	LF	Macho	1.6	-
6	Suri	LF	Macho	1.7	20.7
7	Suri	LF	Macho	1.5	18.0
8	Suri	LF	Macho	1.2	17.7
9	Suri	Café rojo	Macho	1.2	13.7
10	Suri	Café rojo	Macho	2.1	17.7
11	Suri	Café	Macho	1.0	15.0
12	Suri	Café	Macho	1.3	16.7
13	Suri	Blanco	Hembra	1.1	19.0

14	Suri	Blanco	Hembra	1.4	17.8
15	Suri	Blanco	Hembra	1.7	20.3
16	Suri	LF	Hembra	1.7	20.0
17	Suri	Café rojo	Hembra	1.4	18.0
18	Suri	Café rojo	Hembra	1.7	20.0
19	Suri	Café rojo	Hembra	1.3	17.7
20	Suri	Café rojo	Hembra	1.2	16.3
21	Suri	Café	Hembra	1.7	18.7
22	Suri	Café	Hembra	1.2	18.3
23	Suri	Café	Hembra	1.4	18.0
24	Suri	Café	Hembra	1.7	16.0
25	Suri	Blanco/m	Hembra	0.9	16.0
26	Suri	Blanco/m	Hembra	1.2	18.3
27	Huacaya	Blanco	Hembra	1.5	8.3
28	Huacaya	Blanco	Hembra	1.3	8.3
29	Huacaya	Blanco	Hembra	0.7	12.0
30	Huacaya	Blanco	Hembra	1.5	11.3
31	Huacaya	LF	Hembra	1.9	9.0
32	Huacaya	Café rojo	Hembra	1.6	9.0
33	Huacaya	Café	Macho	2.0	11.7

C. Apareamiento de Alpacas: Negro x Negro

1	Suri	Negro	Macho	1.0	14.7
2	Suri	Negro	Macho	1.0	14.3
3	Suri	Negro	Macho	1.0	14.0
4	Suri	Negro	Macho	1.2	14.7
5	Suri	Negro	Macho	1.0	15.3
6	Suri	Negro	Macho	1.2	14.8
7	Suri	Café oscuro	Macho	0.9	18.3
8	Suri	Café oscuro	Macho	1.0	16.7
9	Suri	Café oscuro	Macho	1.3	15.0
10	Suri	Café oscuro	Macho	1.3	15.7
11	Suri	Negro	Hembra	0.8	16.5
12	Suri	Negro	Hembra	0.9	13.5
13	Suri	Negro	Hembra	1.7	18.0
14	Suri	Café oscuro	Hembra	1.1	15.5
15	Suri	Café oscuro	Hembra	1.2	15.0
16	Suri	Café rojo	Hembra	1.1	17.3
17	Suri	Café	Hembra	1.1	18.3
18	Suri	Café	Hembra	1.0	19.3
19	Huacaya	Negro	Macho	1.8	8.3
20	Huacaya	Negro	Macho	1.4	15.0
21	Huacaya	Negro	Macho	1.5	14.7
22	Huacaya	Negro	Hembra	1.8	11.3
23	Huacaya	Negro	Hembra	0.8	13.3
24	Huacaya	Negro	Hembra	1.2	14.3
25	Huacaya	Negro	Hembra	1.5	9.0

D. Apareamiento de Alpacas: Negro x Café

1	Suri	Café oscuro	Macho	1.1	16.7
2	Suri	Café oscuro	Macho	1.1	14.3
3	Suri	Café oscuro	Macho	1.6	18.0
4	Suri	Negro	Macho	1.4	16.7
5	Suri	Negro	Macho	1.0	15.2
6	Suri	Café	Macho	0.9	16.3

7	Suri	Café oscuro	Hembra	0.9	12.5
8	Suri	Café oscuro	Hembra	1.1	15.7
9	Suri	Café	Hembra	1.5	17.7
10	Suri	Café	Hembra	1.6	16.0
11	Suri	Café rojo	Hembra	1.0	14.3
12	Suri	Café rojo	Hembra	1.0	13.7
13	Suri	Blanco	Hembra	0.9	15.7
14	Huacaya	Café oscuro	Macho	1.6	9.0
15	Huacaya	Café oscuro	Macho	1.6	9.3
16	Huacaya	Blanco	Macho	2.2	9.3
17	Huacaya	Café oscuro	Hembra	1.4	9.7
18	Huacaya	Negro	Hembra	1.8	10.3
19	Huacaya	Blanco	Hembra	1.4	8.0

E. Apareamiento de Alpacas: Café x Café

1	Suri	Café rojo	Macho	0.9	17.7
2	Suri	Café rojo	Macho	1.5	14.5
3	Suri	Café rojo	Macho	1.5	16.0
4	Suri	Café rojo	Macho	0.9	12.2
5	Suri	Café rojo	Macho	1.6	16.0
6	Suri	Café rojo	Macho	1.0	14.0
7	Suri	Café rojo	Macho	1.3	17.7
8	Suri	Negro	Macho	0.5	18.0
9	Suri	Café oscuro	Macho	0.9	16.0
10	Suri	Café oscuro	Macho	0.7	16.7
11	Suri	Café oscuro	Macho	0.7	16.3
12	Suri	Café oscuro	Macho	1.0	14.0
13	Suri	Café rojo	Hembra	0.9	18.8
14	Suri	Café rojo	Hembra	0.8	14.3
15	Suri	Café rojo	Hembra	1.0	10.0
16	Suri	Café rojo	Hembra	1.1	16.7
17	Suri	Café rojo	Hembra	1.5	16.2
18	Suri	Café	Hembra	1.2	19.0
19	Huacaya	Café rojo	Macho	1.0	9.3
20	Huacaya	Café	Macho	1.2	9.7
21	Huacaya	Café rojo	Hembra	1.0	8.7
22	Huacaya	Negro	Hembra	1.1	13.3

ANEXO IV. ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA PESO VIVO, PESO VELLÓN Y LONGITUDES DE MECHA EN CRUCE RECÍPROCO DE ALPACAS HUACAYA Y SURI.

A. Análisis de Variancia para Peso al Nacimiento

Fuente	g.l.	Suma de cuadrado tipo I	Media cuadrática	Valor de F	Significación
Cruce	9	22.44598258	2.49399806	2.74	0.0058 **
Color	8	15.33735045	1.91716881	2.11	0.0394 *
Sexo	1	1.31476882	1.31476882	1.45	0.2314

B. Análisis de Variancia para Peso al destete

Fuente	g.l.	Suma de cuadrado tipo I	Media cuadrática	Valor de F	Significación
Cruce	9	165.2462774	18.3606975	1.25	0.2761 n.s
Color	7	193.6703881	27.6671983	1.89	0.0830 n.s.
Sexo	1	1.4555142	1.4555142	0.10	0.7534.

C. Análisis de Variancia para peso vivo al año

Fuente	g.l.	Suma de cuadrado tipo I	Media cuadrática	Valor de F	Significación
Cruce	9	289.3176043	32.1464005	2.01	0.0443 *
Color	8	201.7717680	25.2214710	1.57	0.1396 n.s
Sexo	1	1.3923397	1.33923397	0.09	0.7687

D. Análisis de variancia para peso vellón a la primera esquila

Fuente	g.l.	Suma de cuadrado tipo I	Media cuadrática	Valor de F	Significación
Cruce	9	2.40387376	0.26709708	2.62	0.0086 **
Color	8	0.53770072	0.06721259	0.66	0.7266 n.s
Sexo	1	0.11346458	0.11346458	1.11	0.2938

E. Análisis de variancia para longitud de mecha

Fuente	g.l.	Suma de cuadrado tipo I	Media cuadrática	Valor de F	Significación
Cruce	9	219.2382781	24.3598087	2.01	0.0438 *
Color	8	132.8905050	16.6113131	1.37	0.2163 n.s
Sexo	1	16.6792422	16.6792422	1.38	0.2431 n.s