



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y**  
**ZOOTECNIA**



**“FRECUENCIA DE SEGREGACIÓN DE COLORES DEL VELLÓN  
Y PESO AL NACER EN ALPACAS HUACAYA DE COLOR  
MEDIANTE APAREAMIENTO CONTROLADO DEL CENTRO  
EXPERIMENTAL LA RAYA UNA – PUNO”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**WILFREDO SONCCO TINTA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

*A Dios, quien está presente en cada momento de mi vida, dándome su bendición y fortaleza para alcanzar mis metas trazadas sin dar marcha atrás.*

*A mi querida madre Emilia Tinta Mamani y a mi querido padre Eduardo Soncco Condori quienes con su amor, cariño y esfuerzo me permitieron llegar a cumplir hoy mi gran anhelo de ser profesional, gracias por alentarme a ser fuerte y valiente para enfrentar las adversidades.*

*A mi hermano David Soncco Tinta, por su comprensión y apoyo incondicional durante todo este proceso anhelado y por estar conmigo en cada momento gracias.*

*A mi pareja Viky Velásquez Mamani, persona maravillosa que apareció en mi vida, que siempre estará ahí junto a mí, quien es mi mayor fuerza y motivación para seguir adelante y cumplir todos mis objetivos trazados.*

**Wilfredo Soncco Tinta.**



## AGRADECIMIENTO

*A mi prestigiosa Universidad Nacional del Altiplano, y a la Gloriosa Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; por acogerme en sus aulas para formarme profesionalmente.*

*Al Centro Experimental la Raya UNA Puno y a todo el personal que labora en este Centro, por el apoyo recibido, tanto profesional como humana, quienes me facilitaron gran parte de la información y la base de datos para desarrollar la parte experimental de este proyecto.*

*Agradezco a mi director de Tesis Dr. Julio Málaga Apaza, por su apoyo incondicional, y acertada dirección durante la redacción de mi tesis. Su atenta y efectiva colaboración hizo que este trabajo se culminara satisfactoriamente.*

*Agradezco a cada uno de mis docentes, que me impartieron todo el conocimiento necesario para mi formación profesional en la Universidad Nacional del Altiplano.*

*Agradezco al Sr. Marcos Ramos, Julián Condori y demás trabajadores del CE la Raya, quienes me acompañaron a lo largo del desarrollo de mi tesis, por todo su apoyo incondicional, por los consejos y la orientación que me brindaron.*

*Agradezco a mis queridos hermanos Delia, Adriana, David, Alberto, Wilber, Julián y en especial a mi querida tía que en paz descanse Cirila Tapara quienes me acompañaron a lo largo de mi vida universitaria, gracias por todo cuanto han hecho brindándome su cariño, amor y comprensión, gracias.*

*Y, finalmente, el agradecimiento más profundo y sincero para todos y cada uno de mis familiares. Sin su apoyo incondicional, colaboración e inspiración habría sido imposible llevar a cabo la ejecución de este proyecto.*

**Wilfredo Soncco Tinta.**



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ANEXOS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 10**

**ABSTRACT..... 11**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN ..... 15**

1.1.1. Objetivo general..... 15

1.1.2. Objetivos específicos ..... 15

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. MARCO CONCEPTUAL ..... 16**

2.1.1. Pigmentos de melanina ..... 16

2.1.2. Color de pelaje ..... 19

2.1.3. Genética del color de la fibra en alpacas ..... 20

2.1.4. Herencia de color ..... 23

2.1.5. Clasificación del color de fibra de alpaca..... 26

2.1.6. Expresión fenotípica de caracteres ..... 28



<b>2.2. PESO VIVO EN ALPACAS .....</b>	<b>33</b>
<b>2.3. ANTECEDENTES.....</b>	<b>34</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
<b>3.1. LUGAR DE ESTUDIO .....</b>	<b>41</b>
<b>3.2. MATERIAL DE ESTUDIO .....</b>	<b>42</b>
<b>3.3. PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>42</b>
3.3.1. Obtención de información .....	42
3.3.2. Evaluación de la expresión fenotípica del color de fibra.....	43
<b>3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>43</b>
<b>3.4.1. Tabla de frecuencia.....</b>	<b>43</b>
<b>3.4.2. Análisis de variancia.....</b>	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>4.1. FRECUENCIA DE SEGREGACIÓN DE COLOR.....</b>	<b>45</b>
<b>4.2. PESO AL NACIMIENTO.....</b>	<b>57</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>61</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>70</b>

**ÁREA:** Producción de Camélidos Sudamericanos.

**TEMA:** Frecuencia y peso al nacimiento de alpacas de color.

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 06 de julio de 2022



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Peso al nacimiento de alpacas cría/colores .....	58
---	----



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Denominaciones del color de vellón en alpacas en quechua y español.....	26
<b>Tabla 2.</b>	Denominaciones del color de vellón en alpacas y sus simbologías.....	27
<b>Tabla 3.</b>	Peso vivo al nacimiento en alpacas Huacaya según color uniforme de fibra del anexo Quimsachata. ....	34
<b>Tabla 4.</b>	Distribución de información para el estudio.....	42
<b>Tabla 5.</b>	Frecuencia fenotípica de color de cría al nacer por efecto color de progenitores en el CE La Raya, según negro-negro y negro-pardo.....	45
<b>Tabla 6.</b>	Frecuencia fenotípica de color de cría al nacer por efecto color de progenitores en el CE La Raya UNA – Puno, según café-marrón.....	47
<b>Tabla 7.</b>	Frecuencia fenotípica de color de cría al nacer por efecto color de progenitores en el CE La Raya, según café claro-marrón y café oscuro. ....	49
<b>Tabla 8.</b>	Frecuencia fenotípica de color de cría al nacer por efecto color de padres en el CE La Raya, café-café y café claro-café oscuro. ....	51
<b>Tabla 9.</b>	Frecuencia fenotípica de color de cría al nacer por efecto del color de progenitores en el CE La Raya, según LF-LF y marrón-marrón.....	53
<b>Tabla 10.</b>	Frecuencia fenotípica de color de cría al nacer por efecto color de progenitores en el CE La Raya, según pardo-pardo y canela-color vicuña. ....	56
<b>Tabla 11.</b>	Peso al nacimiento (kg) de las alpacas crías Huacaya según color del vellón, en el CE La Raya UNA – Puno. ....	57



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A.</b>	ANVA del peso al nacimiento de alpacas cría de color Huacaya.....	71
<b>Anexo B.</b>	Alpacas de color en el CE la Raya.....	71
<b>Anexo C.</b>	Apareamiento de progenitores Negros.....	71
<b>Anexo D.</b>	Apareamiento de progenitores Canela .....	72
<b>Anexo E.</b>	Apareamiento de progenitores Café y Café claro .....	72
<b>Anexo F.</b>	Apareamiento de progenitores Café Oscuro y Café oscuro.....	73
<b>Anexo G.</b>	Apareamiento de progenitores Café claro y Café oscuro .....	73
<b>Anexo H.</b>	Majada de alpacas de color .....	74





## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- CE : Centro Experimental La Raya.
- CS : Camélidos Sudamericanos.
- et al : Refiere varios autores.
- FAO : Organización De Las Naciones Unidas Para La Alimentación Y Agricultura.
- Kg : Kilógramo.
- LF : Color de fibra parecido a crema
- UNA : Universidad Nacional del Altiplano
- FMVZ: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
- SAS : Sistema de Análisis Estadístico
- DCA : Diseño completamente al azar
- $P > 0.05$  : No existe diferencia significativa al 95%
- B : Blanco
- LFX : Beige
- LFZ : Vicuña intensa
- LFY : Vicuña
- CE : Café claro
- COM : Café oscuro marrón
- CON : Café oscuro negro
- GP : Gris plata
- GO : Gris oscuro
- N : Negro



## RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental “La Raya” FMVZ – UNA - Puno, con el objetivo de evaluar la frecuencia de segregación del color de la fibra de progenitores a progenies en alpacas Huacaya de color, y evaluar el peso al nacimiento de alpacas crías por efecto color. Se utilizaron registros de empadre del 2007, 2011, 2012, 2013 y 2014; registros de parición de los años 2008, 2012, 2013, 2014 y 2015. La información fue digitada en Microsoft Excel, registrándose, aretes y color de progenitores, fecha de apareamiento; en parición, arete y color de la madre, arete y color de la progenie, sexo, fecha de parto y peso al nacer. Los datos se tabularon en frecuencias, y el peso se analizó mediante DCA por efecto color. Los resultados de progenitores negro con negro, las progenies expresaron fenotipo negro en 72.73 % y pardo 13.63 %; entre reproductores macho negro y hembra pardo reflejaron 50.0 % y 28.57 % pardo y negro respectivamente; progenitores macho café con hembra marrón, resultaron 41.429 % color café y pardo 18.571 % de 70 progenies; progenitores macho café claro con hembras marrón las progenies expresan café claro en 47.059 % color café 17.647 %; progenitores café oscuros de 45 progenies expresan 55.56 y 15.56 % café oscuro y café claro, respectivamente; progenitores machos y hembras café resultaron progenies de color café 36.364 %; macho café claro con hembra café oscuro, de 20 progenies expresan en 35 % café claro y 35 % café oscuro; machos y hembras LF resultaron de 54 progenies LFs 62.962 %; progenitores marrones de 69 progenies expresan las crías marrones 46.37 y pardo 15.94 %; los progenitores pardos resultaron progenies de color pardo 76.78 %. La media general del peso al nacimiento fue  $8.13 \pm 0.30$  kg ( $P > 0.05$ ). Se concluye que, la segregación de color entero de progenitores a progenies no expresa en 100% el color entero, y el peso al nacer oscilan entre 7.66 a 8.72 kg.

**PALABRAS CLAVES:** Alpaca de color, peso, segregación genes



## ABSTRACT

The research work was carried out at the Experimental Center "La Raya" FMVZ - UNA - Puno, with the objective of evaluating the frequency of segregation of the color of the fiber from parents to progenies in colored Huacaya alpacas, and to evaluate the weight at birth of baby alpacas for color effect. Breeding records from 2007, 2011, 2012, 2013 and 2014 were used; calving records for the years 2008, 2012, 2013, 2014 and 2015. The information was entered in Microsoft Excel, registering, earrings and color of parents, mating date; in calving, earring and color of the mother, earring and color of the progeny, sex, date of delivery and weight at birth. The data was tabulated in frequencies, and the weight was analyzed by DCA by color effect. The results of black with black parents, the progenies expressed black phenotype in 72.73% and brown 13.63%; between black male and brown female breeders they reflected 50.0 % and 28.57 % brown and black respectively; brown male parents with brown female, resulting in 41.429% brown color and 18.571% brown color of 70 progenies; light brown male parents with brown females the progenies express light brown in 47.059% brown color 17.647%; dark brown parents of 45 progenies express 55.56 and 15.56 % dark brown and light brown, respectively; brown male and female parents resulted in brown offspring 36.364%; light brown male with dark brown female, out of 20 progenies expressing 35% light brown and 35% dark brown; LF males and females resulted from 54 LFs progenies 62.962%; brown parents of 69 progenies express brown offspring 46.37 and brown 15.94%; the brown parents resulted in 76.78% brown progenies. The overall mean birth weight was  $8.13 \pm 0.30$  kg ( $P > 0.05$ ). It is concluded that the segregation of whole color from parents to offspring does not express 100% of the whole color, and the birth weight ranges between 7.66 to 8.72 kg.

**KEY WORDS:** Alpaca of color, weight, segregation genes.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La crianza y producción de camélidos por encima de 4 000 m.s.n.m., es considerada una actividad pecuaria de gran importancia para el sector dedicado a la ganadería, siendo la única especie oriunda que se ha establecido y adaptado a la regiones alto andinas, orientada para la producción de fibra, la misma que se considera como una de las fibras más demandadas por las industrias textiles nacionales e internacionales por sus características textiles muy particulares, como la finura, la suavidad, color, confort, etc.; sin embargo, en la región Puno apenas el 15% de la población de alpacas presenta vellón de colores enteros, sin embargo el valor comercial de la fibra depende de las fluctuaciones del valor en el mercado internacional, lo que claramente se refleja en los precios que la industria paga al productor alpaquero, por lo que se paga más por la fibra blanca que por las fibras de color (Velarde, 1995), no obstante la conservación de la gama de colores naturales de fibra está siendo respaldada por el creciente interés de las industrias textiles por la fibra de alpaca de los colores naturales en lugar del uso de tintes y colorantes sintéticos(Bustinza, 2001; FAO, 2005).

(Vallejo y col., 2012) afirman que las alpacas de fibra de color, presentan mayor rusticidad a comparación de las de fibra blanca, por lo que consideran a las alpacas de color como un recurso genético importante como fuente de variación y reservorio de genes para futuros programas de mejoramiento genético y desarrollo para combatir el cambio climático.



La conservación de la biodiversidad de colores del vellón en la alpaca juega un rol importante desde el punto de vista económico, ecológico y social, los mismos que han sido canalizados mediante la implementación de un banco de germoplasma de alpacas de color, bajo la dirección y monitoreo del INIA - Puno quienes tienen la tarea de formar rebaños de alpacas de diversos colores (Huanca, 2007), la variedad de colores en la alpaca, que varía desde el blanco al negro, pasando por tonalidades de café o gris, y que expresan una cobertura de vellón de color uniforme, se denominan colores "enteros" y los que expresan dos o más coloraciones en forma de franjas o bandas, son denominados "manchados". El objetivo del productor alpaquero desde un punto de vista económico, es lograr rebaños con fibra de colores enteros y uniformes, generando lotes estables de colores patrón, ya que tener animales manchados son desventajosos durante el proceso de esquila, provocando que se mezclen fibras de diferentes colores, la cual genera pérdidas económicas por demanda de mano de obra para la separación por color en las industrias dedicadas a la producción textil (Huanca, 1996).

En la actualidad en los rebaños de alpacas de color, aún se pueden apreciar las diferentes gamas de colores de vellón, considerándose como un gran potencial de producción, como recurso genético animal y de gran importancia para las regiones alto andinas orientadas a la producción de alpacas. La pérdida gradual de los rebaños de alpacas de colores e incluso una posible extinción de este recurso genético como consecuencia de las exigencias de los mercados textiles ha generado que se produzca el fenómeno de blanqueamiento de los criaderos de alpacas; por lo que en el departamento de Puno las alpacas de colores enteros se encuentran en un porcentaje mínimo, en especial las alpacas Suri, que se estima en 10 a 15 mil cabezas de colores como: negro, café oscuro y café claro (Enríquez, 2006).



La expresión fenotípica del vellón en camélidos, está determinada por la acción de dos clases de genes; genes de efecto simple o mendeliano referido a las características cualitativas, codificado por pocos pares de genes, por ejemplo color de fibra, tipo de fibra, color ojos, entre otros; segundo por genes aditivos o de efectos múltiples que determinan las características cuantitativas, codificado por varios pares de genes por ejemplo, peso del vellón, diámetro de fibra, entre otros (Gallegos, 2012).

Actualmente los estudios sobre el control genético de la coloración del vellón y expresión fenotípica en camélidos domésticos son escasos; por lo que se afirma que los colores básicos son el café y negro, además el café es dominante frente al negro y el vellón de color es dominante frente al blanco. Se necesita hacer más investigaciones sobre la dominancia de otros colores referidos al control genético para la expresión del color de vellón en camélidos considerando la producción de camélidos de color una alternativa competitiva para las grandes industrias textiles, así como obtener reproductores de colores enteros, con el objetivo de reforzar el poblamiento de alpacas de colores y la obtención de vellones de colores definidos. En el Centro Experimental La Raya el manejo reproductivo de alpacas de color es por apareamiento controlado de hace 2 décadas entre colores enteros, por lo que la segregación del color del vellón determinado por pocos pares de genes estaría alcanzando a la pureza; lo que permitiría producir reproductores machos y hembras de color entero, y es necesario estudiarlo este manejo reproductivo para garantizar la producción de fibra en el mercado de artesanía; es por ello se plantea los siguientes objetivos:



## **1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1.1. Objetivo general**

Evaluar la frecuencia de segregación de colores del vellón y peso al nacer en alpacas Huacaya de color mediante apareamiento controlado del Centro Experimental La Raya UNA -PUNO.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

Evaluar la frecuencia de expresión fenotípica color de vellón en la progenie por efecto del apareamiento de progenitores de colores definidos (negro x negro, café oscuro x café oscuro, café claro x café claro).

Evaluar el peso vivo al nacimiento de alpacas crías por efecto de los colores definidos de los progenitores.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. MARCO CONCEPTUAL

##### 2.1.1. Pigmentos de melanina

(Cecchi *et al*, 2006, Renieri *et al*, 2004) plantean que la coloración del pelo en los animales está determinado, por el tipo y cantidad de melanina, pigmento generado por los melanosomas intracitoplasmáticos de los melanocitos, localizados en los folículo pilosos vinculados con los queratocitos del pelaje; existen dos tipos de pigmentos de melanina; las eumelaninas que varían del negro al café y las feomelaninas que varía del amarillo al rojizo, que en función a la cantidad y distribución determinan la coloración de la capa; estas feomelaninas se dividen en poliméricas y diméricas tricromos. Químicamente la eumelanina natural deriva de la copolimerización de 5,6-dihidroxiindol (DHI) y 5,6-dihidroxiindol-2-carboxil ácido (DHICA), entre tanto la feomelanina presenta la 1,4-benzotilacilanina, unida a la 3,4-dihidroxifenilalanina (DOPA) y la cisteína; Así mismo, Prot. A, (1992) afirmó que la coloración del pelaje en los mamíferos, obedece a la acción de los pigmentos de melanina, sintetizados a partir del aminoácido tirosina y se agrupan en dos grupos diferentes: las eumelaninas pigmentos insolubles que abarca desde los negros hasta marrones y las feomelaninas que son solubles en álcali variando del amarillo al marrón rojizo.

A lo largo de la embriogénesis, las células de la cresta neural se distribuyen a lo largo del tubo neural dorsal y algunas de ellas se diferencian en melanoblastos (precursores de los melanocitos). Los melanoblastos ingresan en la epidermis y se localizan en los





folículos del pelo, donde se diferencian a melanocitos. La especificación de los melanoblastos, la migración y la diferenciación de melanocitos dependen de una cascada de señales moleculares, que incluye sistemas ligando-receptor como el receptor de endotelina tipo B (EDNRB) y endotelina 3 (EDN3) o el receptor KIT y su ligando (KITL), y factores de transcripción como el factor de transcripción asociado a la macroftalmia (MITF), la caja pareada 3 (PAX3) o la caja determinante del sexo 10 (SOX10). Los melanocitos son los encargados de producir los pigmentos que mediante el proceso de la melanogénesis dan el color de capa. Estos pigmentos son la eumelanina (que va desde el negro al marrón) y la feomelanina (desde el rojo intenso al amarillo claro). La proporción de eumelanina/feomelanina está regulada principalmente por el sistema de ligando-receptor de la proteína de señalización Agutí (ASIP) y el receptor 1 de melanocortina (MC1R). La unión de la hormona melanocito estimulante ( $\alpha$ -MSH) a MC1R conduce a un aumento del intermediario cAMP y lleva a la síntesis de eumelanina, mientras que la unión de ASIP inhibe la transducción de señales, disminuyendo el cAMP, lo que provoca que los melanocitos produzcan feomelanina. Una vez sintetizados, los pigmentos se empaquetan en melanosomas y se transfieren a los queratinocitos del pelo en formación o a células epidérmicas, donde se observa la coloración (Melanocyte stem cells, StemBook1); por otro lado (Fernández, 2003), menciona que el principal sistema de regulación notable de producción de pigmentos melánicos estaría dada por la interacción molecular entre el receptor de la melanocortina (MC1R) y la proteína agouti. La vía metabólica de producción de eumelanina, obedecería la unión del (MC1R) a la hormona estimulante de melanocitos ( $\alpha$ -MSH) en tanto que la unión de los melanocitos al péptido antagonista agouti, secretada por células adyacentes favorecería la ruta alternativa de síntesis de Feomelanina.

El principal reservorio de pigmentos de melanina son los melanosomas, desde donde estos gránulos de pigmento se movilizan y llegan a ubicarse en la médula,



corteza y cutícula de la fibra; la expresión del color está determinado muchos factores que dependen entre sí; del número, forma, tipo y composición, de los gránulos de melanina. Por último, dependerá de la apropiada acción de varios genes que se activan en lugares y momentos diferentes (Fowler, 2010).

Johansson y Rendel (1972) plantea que las investigaciones sobre el color de pelo en los mamíferos, se inició con Wright a lo largo del siglo XX, concluyendo que el aminoácido tirosina es el primer aminoácido precursor de la síntesis del pigmento de melanina en el pelo, la piel, la fibra, la misma que se puede sintetizar dentro del organismo por oxidación del aminoácido fenilalanina, por lo que debe estar adicionada en el alimento del ganado.

Cecchi *et al* (1999), realizó un ensayo en donde analizaron los eumelaninas y feomelaninas en 120 alpacas del Perú y 179 llamas de Argentina, utilizando el método espectrofotométrico y análisis ultraestructurales, donde afirman que la cantidad y calidad de melaninas producidos en los melanocitos foliculares, serían pigmentos que establecen el color del pelaje, fibra y lana en los mamíferos domésticos, distinguiéndose dos clases de melanina, las eumelaninas que varía del negro al marrón y las feomelaninas que varían del amarillos al rojos, que a su vez se dividen en poliméricas y tricromías dimétricos. Concluyendo que las eumelaninas y feomelaninas combinadas sintetizadas en los melanocitos foliculares, incrementan al disminuir la clasificación Munsell representando a los colores claros, las muestras oscuras clasificadas como 5YR2.5/2 castaño rojizo oscuro fueron difíciles de solubilizar en Solveno-350.



### 2.1.2. Color de pelaje

Los fenotipos de la coloración del pelaje se clasifican en cuatro pasos sucesivos basada en manifestaciones fisiológicas, las cuales son gobernadas por diferentes genes que intervienen en la síntesis de melaninas (Frank, 2001).

- Primera fase o modelos pigmentarios: Se debe a la disposición de eumelanina y feomelanina en el cuerpo. Los locus que actúan son el *Agouti* y el *Extensión*.
- Segunda fase o tipo de eumelanina: detalla la naturaleza de la eumelanina, si el fenotipo estándar es eumelánico o tiene partes de eumelaninas. El locus que actúa sería el pardo, el que establece si la eumelanina es negra o marrón.
- Tercera fase o variación pigmentaria: posiblemente debidas a las alteraciones en la dilución, o combinación de pigmentos conducidos por un grupo notable de locus y genes mutantes.
- Cuarta fase o diseño de la mancha blanca: zonas ausentes de pigmento (blancas) determinadas por acción de diversos locus. Usualmente se agrupan dependiendo del tamaño, forma y ubicación de la mancha blanca en el cuerpo.

La disposición de los pigmentos referidos anteriormente, determinan la coloración elemental de la cobertura corporal. Esa conexión es controlada fundamentalmente por la unión ligando-receptor constituido por las proteínas de señalización *Agouti* (codificada por el gen ASIP) y el receptor 1 de melanocortina (codificado por el gen MC1R). Sin embargo, el surgimiento de vellones de color (marrones o negros) obedecería a la existencia de gránulos de melanina y su intensidad estaría vinculada a la edad (Canas); de igual modo las variaciones del color de la fibra, tiene relación con los niveles tisulares de minerales esenciales como el



cobre, considerado primordial para la producción de melanina; debido a esto a los animales con fibra de color se le tiene que administrar cobre en su dieta de lo contrario la pigmentación de la fibra no será la adecuada (Acromotriquia) (Cieslak, et al., 2011).

Usualmente la variedad de colores de fibra, lana y pelo está determinada por la coloración que expresan y su disposición en las diversas zonas del cuerpo por lo que se clasifican en: a) colores simple o uniforme, caracterizado por la cobertura corporal total del animal por un solo color entero, existen 4 tipos de colores, negro, rojo, amarillo y blanco, que toman distintas designaciones de acuerdo a la especie, ejemplo: blanco opaco, negro chilloso , etc. b) Colores compuestos o discontinuos, llamado también de colores combinados, binarios y colores triples, referidos a la combinación de 2 o más colores, en donde la cobertura corporal presentan lana, pelos y fibra de diferentes colores, también pueden presentar combinaciones de 2 colores, que cubren ciertas zonas del cuerpo, ejemplo vellón blanco y negro. La existencia de pocos estudios relacionados al control genético del color de pelo y fibra, tiene implicancias en el afán por descubrir el metabolismo de la acción génica, no obstante, se asume la existencia de 6 series de genes autosómicos bien establecidos que ajustan la producción y distribución de pigmentos de melanina; esta serie de genes es regulada por dos o más genes en cada serie para la expresión del color del vellón, sin embargo, solo algunos mamíferos expresan todos los alelos de cada serie (Gandarillas, 1971).

### **2.1.3. Genética del color de la fibra en alpacas**

(Renieri *et al*, 2010) realizó estudios en alpacas de color, a través de cruzamientos alternados de alpacas Huacaya x Suri, entre animales no emparentados, la herencia de la fibra de color blanco, probablemente este establecido por la



segregación de un simple gen, sin ningún resultado que altere esta expresión, la misma que es dominante absoluto frente a los vellones de color, del mismo modo el vellón negro es dominante respecto al vellón café; hipótesis demostrada absolutamente debido a la segregación observada en los cruzamientos efectuados entre machos de color negro y hembras de color café, así como en cruzamientos de parientes de alpacas negras. Por otro lado en el mismo ensayo, se estudió el mecanismo de regulación del gen *Asip* y *MC1 R*, en la diversificación de colores del vellón en alpacas, donde se logró caracterizar todo el área de codificación (CDS) de genes *Asip* y *MC1 R* del ADN celular en 35 alpacas de color; el CDS completo del gen *Asip* abarca 402 pares de bases, que resulta ser idénticos en 89% a los vacunos, 88% a ovinos y 85% a los equinos; en cambio el CDS completo del gen *MC1 R* abarca 954 pares de bases, siendo idénticos en 97% al camello, en 90% al delfín y 88% al porcino; por otro lado Gandarillas (1971), propone la hipótesis sobre el color de vellón en alpacas y llamas manifestando que los colores patrón son el café y el negro, siendo el café dominante frente al negro, en donde intervienen tres secuencias de alelos simples y una secuencia de alelos múltiples; en donde el primer alelo “V” regula el café y su alelo recesivo “v” regula el color negro, el segundo alelo “C” regula la pigmentación de vellones de color y su alelo recesivo “c” regula los vellones de color blanco y el tercer alelo “S” regula los vellones de colores enteros y su recesivo “s” regula los vellón manchado, existe un cuarto alelo que regula la magnitud de la mancha pero necesita la disposición del gen modificador “Lw”.

Los vellones de color negro entero, resulta de la cantidad de eumelaninas distribuidas en la fibra del animal, estas eumelaninas son negras a causa de que el heteropolímero que lo distingue, muestra una prevalencia neta del monómero DHI



(Dihidroindol), en cambio si la prevalencia se presenta en su forma acidificada (DHICA) las eumelaninas son marrones, genéticamente el negro entero muestra dos orígenes; la primera puede originarse por mutación, produciendo inactivación del locus agutí y comportándose como recesivo relacionado a los demás grupos de pigmentos; la segunda deriva por mutación pero con expresión genética del locus (MC1R), presentando acción dominante (Cecchi *et al*, 2006, Renieri, 1995).

Para establecer los medios genéticos, que regulan el color de fibra en llamas y alpacas de Argentina, se plantearon dos hipótesis de genes recesivos y genes dominantes, se analizaron para ambos fenotipos, mostrando como resultado que los vellones blancos enteros no albinos, son dominantes con penetrancia incompleta frente a la totalidad de vellones de color así como para los blancos manchados; determinados grupos de animales de color castaño con cara y patas de coloración negra, son dominantes frente otros fenotipos de color (Frank *et al*, 2006, Frank 2001a).

Existe una amplia variedad de colores de vellones en alpacas y llamas, por lo que no se ha podido realizar ningún tipo de clasificación y distribución para el color del vellón, con excepción para el blanco entero (McQuarrie, 1995), se diferencian 22 tonalidades de colores distintos que abarca desde el blanco, hasta variantes del castaño y el negro. Las tonalidades del color se ha instaurado en relación a 4 series fenotípicas: El patrón del pigmento, el tipo de eumelaninas, el cambio del pigmento y el tipo de diseño blanco; considerando los estudios de la segregación de colores; se utilizó programas de selección, basándose en el color de vellón en alpacas y llamas, puede lograrse de dos formas: Primer caso, realizando selecciones de blancos



enteros y selección para patrones de colores, en el segundo debe considerarse, la selección de patrones de colores enteros (negro eumelánico, castaño eumelánico y feomelánico), selección contra patrones heterogéneos, selección de plomos y plomizos y tonalidades de blancos (Frank *et al*, 2002).

#### 2.1.4. Herencia de color

Toledo, San Martín (1948) fue uno de los pioneros en realizar investigaciones relacionados a la herencia del color de vellón en los camélidos domésticos, por lo que planteó la acción de tres series de genes múltiples y 2 pares de genes simples, las mismas que controlarían el mecanismo de coloración del vellón en los camélidos domésticos, basándose en este estudio se plantea la hipótesis sobre el color de vellón en las alpaca y llamas, como una propiedad multifactorial, regulado por 7 a 8 series alélicas de genes autosómicos y autónomos:

a) Serie Negra (B): lo conforman tres genes principales:

- Gen  $B^N$  : controla la pigmentación negra.
- Gen  $B^c$  : regula la pigmentación roja
- Gen BB : controla la pigmentación blanca con piel y mucosas negras
- Gen B : controla la pigmentación roja con dominancia parcial
- Gen b : controla la pigmentación negra.

b) Serie blanca (W), lo conforman dos genes:

- Gen W : controla la pigmentación de blanca
- Gen w : controla la pigmentación de color

c) Serie Agutí o silvestre (K):

- Gen K : controla la pigmentación silvestre vicuña o canela, con lomo oscuro y vientre claro.



- Gen k : controla la pigmentación blanca (albino)
  - Gen K-B : controla la pigmentación de color guanaco, con cara y extremidades negras, marrones en el lomo y más claras en el vientre.
- d) Serie de genes modificadores (E):
- Gen E : controla la pigmentación de color entero
  - Gen e : controla la pigmentación manchada (blanco con negro y blanco con café).
- e) Serie Canas o mezcla de pelos (R):
- Gen R : controla la pigmentación uniforme del vellón
  - Gen r : controla la pigmentación gris o rosillo
- f) Serie manchados (S):
- Gen S : controla la pigmentación con manchas
  - Gen s : controla la pigmentación sin manchas
- g) Serie dilución (D-E) : manifiesta efectos de interacción con genes D y d con dominancia parcial, genes E y e que controla la intensidad del color:
- Gen D-E : controla la pigmentación oscura
  - Gen ddee : controla las pigmentaciones muy claras
  - Gen Ddee o ddEe: controla pigmentos de color claro (Bustinza, 1996).

Sponenberg (2004), afirma que los genes que controlan el color del vellón son. a) colores elementales ; con pigmentos negros morenos o pardos, a lo que el color pardo es dominante frente al negro, el locus extensión los genes de esta serie implican primeramente al negro dominante, que es dominante frente a otros genes de este locus, el segundo alelo controla la expresión del locus agutí, el pardo entero sin manchas negro es controlado por otro gen recesivo, el locus agutí y extensión establecen las diferentes variaciones del color del vellón en la alpaca, b) se dice que los colores diluidos, son





inusuales en las alpacas, de tal manera que los pardos claros resulten de la dilución de feomelaninas; un color diluido raro es el gris oscuro controlado por un gen dominante, los blancos posiblemente sean muy diluidos, muy manchados o ambos, existen variedad de estrategias genéticas para lograr el blanqueo del vellón en alpacas, la mayoría de alpacas blancas generan crías blancas o muy pálidas producto del cruzamiento con alpacas de color, debido a la presencia de un gen dominante, sin embargo, existen alpacas blancas cruzadas con alpacas de color que producen crías de color, esto debido a la acción de un gen recesivo a pesar de que el blanco es dominante frente al vellón de color.

Según análisis citoquímico del pelo y piel de los camélidos domésticos, la principal gama de colores del vellón está relacionada directamente con la disposición de pigmentos de melanina, las que se presentan de dos formas; las eumelaninas o melanina parda y la feomelaninas o melanina roja, estos pigmentos se ubican en el estrato cortical y medular de los pelos, en la membrana malpigio de la epidermis (melanocitos) y en otras zonas del organismo del animal, estos gránulos de melanina se sintetizan a partir de la tirosina producto de la actividad enzimática sobre este aminoácido esencial. En camélidos domésticos la presencia del gen "W" de la serie blanca, genera que la tirosina se convierta en promelanina, sobre la cual actúan una segunda serie llamada serie negra; en estado de homocigosis recesiva 'bb', se sintetiza eumelaninas por lo que el animal presentara vellón negro, sin embargo, en estado de homocigosis dominante BB, se genera feomelaninas por lo que el animal presentara vellón rojo, por otro lado en estado de heterocigosis Bb se sintetizan las 2 melaninas, por lo que el animal expresara vellón marrón, producto de la mezcla de ambas melaninas (Bustinza, 2000).

### 2.1.5. Clasificación del color de fibra de alpaca

Barreda (2004), afirma que la terminología de colores en la alpaca, varía gradualmente del blanco al negro siendo sugestionada por variantes del color gris, presentándose más de cuatro variantes como el gris negro y tres del color gris colorado, de tal manera que las principales variaciones y denominaciones son las siguientes:

**Tabla 1.** Denominaciones del color de vellón en alpacas en quechua y español

Color de vellón	En español	En quechua
Colores Claros	Blanco	Yurac
	Beige	millu
	Vicuña claro	K'quello
	Vicuña intensa	Vicuña
	Castaño claro	Ch'umpi
	Marrón claro	Pa'cco
	Castaño sangre	Yaguar chumpi
	Zaino (Negro bahido)	Waira
	Negro intenso	Yana chillo
Color gris y variantes negro y rojo	Gris claro	Yuracc oqqe
	Gris azulado	Azuloqqe
	Gris plata	oqqe
	Gris oscuro	Yana oqqe
	Rosado	K'curusa
	Colorado	Paca
	Gris- colorado	Yana paca

Fuente: Barreda. (2004).

En los tiempos pre incaicos, había considerables rebaños de alpacas de colores bien establecidos, logrando categorizar más de 30 colores naturales, que

gradualmente fueron desapareciendo algunos colores a lo largo de los años como resultado de la elección de alpacas de fibra blanca debido a los bajos costos de la fibra de colores; actualmente se encuentran pocas majadas de alpacas de colores entero. Por el color de vellón las alpacas se pueden clasificar, de acuerdo a los colores básicos (Espezua, 2004); sin embargo, de acuerdo a las normas técnicas peruanas NTP 231-301 (2004), encargadas de regular y controlar las denominaciones, categorizaciones, requisitos y rotulado de la fibra de alpaca en vellones, señalan que se tiene que considerar algunos criterios para clasificar la fibra de alpaca por grupos de calidad como son la finura, longitud y color de fibra, categorizando de manera manual y visual considerando las tonalidades de colores básicos naturales, cuyas especificaciones técnicas nos permiten clasificarlas de la siguiente manera:

**Tabla 2.** Denominaciones del color de vellón en alpacas y sus simbologías.

<b>Color de vellón</b>	<b>Color</b>	<b>Simbología</b>
Tonos blancos	Blanco	B
	Blanco manchado claro	BMC
	Blanco manchado oscuro	BMO
	Beige claro	LFX1
Tonos de color	Beige oscuro	LFX2
	Vicuña claro	LFY1
	Vicuña medio	LFY2
	Vicuña oscura	LFY3
	Vicuña intensa	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
Negro	N

---

Fuente: Norma técnica peruana -NTP. (2004)

### 2.1.6. Expresión fenotípica de caracteres

Klug *et al* (2006) manifiesta que la genética de transmisión o transmisión de caracteres se refiere al mecanismo por el cual los genes o características fenotípicas de los progenitores (padres) se transmiten a su descendencia (progenie), de una generación a la siguiente generación; mientras que Puertas (1999) acota indicando que aquellos seres que muestran formas de reproducción sexual, expresan variaciones genéticas en sus características referidas al fenotipo, porque durante el transcurso del proceso reproductivo ambos progenitores transmite sus genes, lo que significa que ambos aportan diferentes caracteres al nuevo ser.

El gen es la unidad básica de la herencia, responsable de la expresión de las características fenotípicas cualitativas y cuantitativas; constituido por una secuencia definida de aminoácidos. Se define alelo o alela a la forma alternativa de presentación de un gen, por lo que diferentes alelos pueden generar diferencias en las características fenotípicas observables; se denomina fenotipo a las características observables que fueron transmitidas de padres a hijos; se define como genotipo al conjunto de genes o de alelas que lleva un individuo, para la expresión de un carácter determinado (Klug *et al*, 2006, Tamarín, 1996).



El gen o alelo dominante es aquel que expresa o manifiesta su carácter en estado homocigosis o heterocigosis, inhibiendo la expresión del gen recesivo en la F1 o primera generación, de manera total o parcial; sin embargo, gen recesivo es aquel cuya acción no se manifiesta en la F1 cuando está presente su alela dominante, no obstante, puede expresarse solo en estado de homocigota recesivo (Robles, 1995).

La expresión para cada característica fenotípica, está determinada por un par de genes que aporta cada individuo, este par de genes se denomina como alelos o alelomorfos las cuales se simbolizan como “A” y “a” respectivamente, de tal manera que el gen “A” es alela del gen “a” y viceversa, constituyendo ambos un par alélico. El gen que expresa completamente su carácter en la progenie o el híbrido F1 se le denomina como gen dominante, sin embargo, se denomina gen recesivo a aquel gen que no se expresa en la progenie o F1 (primera generación), pero si puede expresar su carácter en la segunda generación (F2); considerando estas afirmaciones se puede decir que el gen “A” es dominante frente a su alelo “a”, la presentación del genotipo “AA” o “aa” se les denominan homocigotas y los que presentan genotipo “Aa” o “aA” se les denomina heterocigotas (La cadena, 1999).

Cada individuo recibe la información genética de sus antepasados, cuya unidad se llama gen, las mismas que están conformadas por un material genético denominado ADN, con capacidad de replicarse y reproducirse de una generación a otra. Las características biológicas son heredables, por lo que cada característica biológica tiene relación directa con un gen, por lo que se dice que si individuo presenta ojos negros es porque su padre o su madre o ambos progenitores tienen ojos negros, este mismo individuo puede transmitir esta característica biológica por medio de un gen a través de sus gametos. En cruces de individuos que presentan características



diferentes, estos transmitirán a su progenie diferentes genes, como resultado se nota variaciones entre los hermanos, en cambio en individuos de una línea pura, transmitirán los mismos genes a su descendencia (Puertas, 1999).

Griffiths *et al* (2000) define a la segregación, como el mecanismo de división de dos alelos que conforman una heterocigosis en individuos fenotípicamente diferentes, relacionado con dos situaciones, a) desde una perspectiva citológica, se refiere a la división de estructuras análogas, es decir, división de cromosomas análogos, de gametos durante el proceso de meiosis, b) desde la perspectiva genómica, está referido al proceso de creación de dos fenotipos a cada alelo de un gen, la cual podría mostrarse en distintos individuos, denominándose como segregación meiótica.

La herencia del color, está controlada por la acción de diversos genes, las mismas que intervienen en el proceso de formación de los pigmentos de melanina, con efectos de dominancia completa, dominancia incompleta, sin dominancia y efectos recesivos, referido a los genes que controlan las características de notable importancia, por lo que necesario establecer diferencias específicas entre los genes cuantitativos y los genes cualitativos

- a) Genes cuantitativos o de variación continua, son aquellos genes de efectos métricos, genes acumulativos, genes múltiples, genes menores y poligenes, que controlan todas aquellas características medibles o cuantificables, ejemplo producción de fibra, peso de vellón, longitud de mecha, etc., estos caracteres están controlado por varios pares de genes, de dominancia incompleta y sin dominancia, sujetas a variaciones continuas, que están influenciados por las variaciones del medio ambiente para su expresión.



- b) Genes cualitativos o de variación discontinua, genes simples, genes mendelianos, genes mayores, genes de herencia simple y oligogenes, que controlan todas aquellas características visibles que reflejan diferencias entre los diferentes fenotipos, ejemplo color de pelaje, color de ojos, etc., están controlados por pocos pares de genes, sujetas a variaciones discontinuas, son genes sin ligamiento y no dependen del medio ambiente para su expresión (Guzman, 1996; Cardellino y Revira, 1987).

En la producción de fibra en alpacas, los caracteres fenotípicos están controlados por dos tipos de acción de genes como son:

- 1) Acción de genes de efecto mendeliano o efecto simple, referidas a los caracteres de la herencia cualitativa y se caracterizan por presentar caracteres de clase, las principales características que se heredan mediante la herencia cualitativa referidas a la fibra en alpacas, son: Color de fibra, que está controlado por 7 a 8 series de genes autosómicos e independientes. El tipo de vellón, controlado por dos series alélicas independientes, que interactúan con efectos epistáticos recesivos y letales en el que 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, regulado por los genes R que regula el carácter liso y su alelo "r" regula el carácter rizado.

- 2) Acción de genes aditivos o de efecto múltiple, constituida por la herencia cuantitativa de características productivas, estos genes actúan juntos, por lo que los efectos son aditivos o acumulativos y son regulados por muchos pares de genes, los más resaltantes son: diámetro de fibra, densidad del vellón, peso de vellón, longitud de mecha, etc. (Bustinza, 1996).



El fenotipo se refiere a cualquier característica que presenta un individuo, la cual puede ser medible, cuantificable (cuantitativa) o visible, notable a simple vista (cualitativa), por otro lado, el genotipo esta referido, al conjunto o agrupación de genes que tiene un individuo. Cuando un par de alelas expresan su fenotipo en la progenie tanto en estado de heterocigosis, como en estado de homocigosis se le denomina factor dominante pero cuando el alelo se expresa en la progenie solo con el genotipo homocigota se denomina como factor recesivo. Se denomina como carácter dominante, a aquel que se manifiesta en la primera generación (F1), es por eso que los dominantes siempre se expresan en la primera generación, por el contrario, los recesivos se mantienen ocultos, no solo en la primera generación, sino también en las siguientes generaciones, debido al efecto de los heterocigotas, o sea en estado de heterocigosis el gen recesivo puede mantenerse sin expresarse por varias generaciones. Ciertos términos referidos a la expresión de caracteres mendelianos son:

Homocigosis, se le denomina a la unión de gametos que tienen alelos idénticos, dando origen a un genotipo homocigoto y produciendo un solo tipo de gameto. Heterocigota, se le denomina a la unión de gametos que tienen alelas diferentes dando origen a un genotipo heterocigoto y produciendo distintos tipos de gametos. Sin embargo, una línea pura, está referido a un conjunto de individuos con historial genético idénticos, que frecuentemente se les denominan, líneas, cepas variedades o razas. El cruzamiento de individuos estrechamente vinculados de generación en generación, da origen a poblaciones homocigotas, por otro lado, cuando cruzamos individuos homocigotos entre sí de una línea pura, dará origen a una sola progenie homocigota similar a sus progenitores (Oliver, 1982).





## 2.2. PESO VIVO EN ALPACAS

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 6.1 O, 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*, 2007).

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.

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.

**Tabla 3.** Peso vivo al nacimiento en alpacas Huacaya según color uniforme de fibra del anexo Quimsachata.

<b>Color de fibra</b>		<b>Número animales</b>	<b>Peso al nacimiento</b>
Negro	(NE)	129	6.54
Café claro	(CC)	105	6.38
Café rojizo	(CR)	65	6.36
Café	(CA)	171	6.33
Color crema	(LF)	137	6.32
Café oscuro	(CO)	167	6.23
Api	(AP)	21	6.10
Gris	(GR)	24	6.04
Blanco	(BL)	159	6.10
<b>Promedio</b>		<b>978</b>	<b>6.27</b>

Fuente: Huanca, (2007).

### 2.3. ANTECEDENTES

El Perú produce el 87% de alpacas del mundo, 56% se encuentra en la región Puno, su crianza a 4,000 m.s.n.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. En 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, Be 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 Be, 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 (Gallegos, 2012).

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 Be 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 alelas, 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. 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. 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, Be 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 Be, siendo el café dominante sobre el negro (Huanca, 2007).

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).

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 Huancavelica, lo mismo ocurre con el color api o ruano (Oria *et al*, 2009).

Enríquez (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.

En base a las observaciones realizadas, en comunidades campesinas y en granja modelo de Camélidos 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,  $e+$  para color negro,  $n+$  para color negro y el gen  $e+$  para extensión, Bustinza (1968), ésta serie de genes ha permitido identificar los siguientes genotipos; color vicuña o silvestre regulado por los genes  $v+$ ,  $e+$ ,  $n+$  y  $ee$ , color café regulado por genes  $e+$ ,  $n+$ ,  $v+$  y  $ee$ , color negro regulado por los genes  $n+$  y  $e+$  el negro recesivo por los genes homocigotos  $vv$  y  $gg$ , el vellón blanco dominante regulado por el gen  $V8$ , 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:

- a) En el cruce de blanco x blanco puede producir cualquier color.
- b) En el cruce de animales de pigmentación uniforme, puede generar individuos manchados.
- c) En cruces de negro x negro o café negro x café negro o café negro x negro producen los mismos colores.
- d) 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:

SERIE I: Conformado básicamente por 3 genes, gen B regula el blanco dominante completa 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.

SERIE II: 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.

SERIE III: Formado por 3 genes o 2 pares homólogos, un gen E regula la pigmentación uniforme y total, es dominante completa 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.





## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LUGAR DE ESTUDIO

El estudio de sistematización se realizó en el Centro Experimental “La Raya” de la FMVZ – UNA - Puno, que se encuentra ubicado en el distrito de Santa Rosa, Provincia de Melgar, y está en el corredor económico de la carretera Puno- Cusco; a una altitud entre 4136 a 5470 m.s.n.m.; localizado en las Coordenadas 14°30’33’’ de Latitud Sur, y a 70°57’12’’ Longitud Oeste. La temperatura anual promedio fue de 6.20 °C (máxima de 14.16 °C y mínima de -1.75 °C) y una precipitación pluvial de 525.7 mm (SENAMHI, 2018).

En la majada de alpacas de color del Centro Experimental la Raya, se ha dedicado en todas las campañas reproductivas el método de apareamiento controlado por más de 20 años; que el procedimiento fue en aparear reproductores de colores enteros como alpaca Huacaya hembra negra con macho Huacaya negro, Café hembra con macho café, café claro hembra con café claro macho. La majada está constituida en cada campaña de 150 hembras apareadas y número de paridas de 120 hembras, con 30 tuis hembras de 2 años como reemplazo, y otra cantidad de madres adultas a la saca.

- a) Registros de apareamiento de los años 2007, 2011, 2012, 2013 y 2014.
- b) Registro de parición desde 2008, 2012, 2013, 2014 y 2015



### 3.2. MATERIAL DE ESTUDIO

Como parte de la investigación, se realizó el proceso de apareamiento controlado en la majada de colores durante el periodo 15 de enero a 10 marzo de la campaña 2019 en la cabaña Raya pata.

**Tabla 4.** Distribución de información para el estudio.

<b>REGISTROS</b>	<b>P-1</b>	<b>P- 2</b>	<b>P - 3</b>	<b>P-4</b>	<b>P5</b>
<b>Empadre</b>	2007	2011	2012	2013	2014
<b>Parición</b>	2008	2012	2013	2014	2015
<b>N° de apareadas</b>					
<b>N° progenies</b>	153	143	97	126	97

P-1, 2, 3, 4 y 5 = Periodos

### 3.3. PROCEDIMIENTO

#### 3.3.1. Obtención de información

Para evaluar la frecuencia de segregación de color del vellón de progenitores y progenies en alpacas Huacaya de color del Centro Experimental, se utilizaron registros de empadre del 2007, 2011, 2012, 2013, 2014 y registros de parición de los años 2008, 2012, 2013, 2014, 2015 de las alpacas de raza Huacaya de color, debido a que se registraron los nacimientos en 2014 de las que fueron apareadas en la campaña 2015, como ejemplo, y los demás registros anuales se relacionaron en ese orden. La información contenida en los registros ha sido digitada y almacenada en el programa Microsoft Excel, creado en un software. En el archivo de apareamiento se crearon diversos campos en la hoja Excel como número correlativo, el número arete de la progenitora, color de madre, arete del progenitor macho, color del progenitor, fecha de apareamiento y fecha de diagnóstico de preñez. En el archivo de parición los campos en la hoja Excel que se crearon son número correlativo, arete de la madre, color de madre, arete de la progenie, sexo de la progenie, color de la progenie, fecha



de nacimiento, mes del nacimiento y peso al nacimiento de la progenie. Los datos de segregación de color se procesarán en tablas de frecuencia y expresadas en porcentajes.

### **3.3.2. Evaluación de la expresión fenotípica del color de fibra**

El análisis de la información en los individuos de la primera generación ó progenies (F1) del apareamiento controlado de progenitores se determinó a la observación del fenotipo de la expresión de progenie (F1) en el momento de nacimiento según el número de animales que evidencian los diversos colores del vellón.

## **3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

### **3.4.1. Tabla de frecuencia**

Los datos de la variable segregación de color entre progenie y progenitores se han procesado en tablas de frecuencia y expresadas en porcentajes.

### **3.4.2. Análisis de variancia**

Los datos del peso al nacimiento se analizaron mediante DCA, con el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = U + C_i + E_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3, 4 \dots n$  (Color)

$j = N^\circ$  de repeticiones



$Y_{ij}$ = Variable respuesta

$\mu$ = Media general

$C_i$ = Efecto de la i-esimo color

$E_{ij}$  = Error Experimental.

La comparación de medias de las variables en estudio, se ha realizado a través de la prueba Múltiple de Significación de Tukey con  $\alpha= 0.05$ .



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. FRECUENCIA DE SEGREGACIÓN DE COLOR

Los resultados de la frecuencia de segregación del fenotipo color de progenitores a las progenies se presentan en las tablas 5, 6, 7, 8, 9 y 10.

**Tabla 5.** Frecuencia fenotípica de color de cría al nacer por efecto color de progenitores en el CE La Raya, según negro-negro y negro-pardo.

Color de progenitores	Colores de la progenie	N	Porcentaje (%)
<b>Macho negro con hembra negro</b>	Negro	48	72.73
	Pardo	9	13.63
	Marrón	2	3.03
	Café	4	6.06
	Café claro	1	1.52
	LF	2	3.03
	<b>TOTAL</b>	<b>66</b>	<b>100.0</b>
<b>Macho negro con hembra pardo</b>	Negro	4	<b>28.571</b>
	Pardo	7	<b>50.000</b>
	Marrón	1	<b>7.143</b>
	Café oscuro	1	<b>7.143</b>
	Canela	1	<b>7.143</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>100.00</b>

En la tabla 1, se observa la frecuencia de segregación y/o transmisión del fenotipo color de los progenitores a las progenies; tal que los progenitores negro con negro



resultaron progenies negros en 72.73 % y de color pardo 13.63 %, y pequeñas proporciones se expresan otros fenotipos de color como marrón, café oscuro, canela y LF; mientras con los reproductores macho negro con hembra pardo se evidencian 50.0 % y 28.571 % de 14 crías de color pardo y negro, respectivamente; y otros fenotipos como marrón, café oscuro y canela que están cercanos al color de progenitores.

Las frecuencias encontradas se asemejan al de (Gallegos, 2012) quién utilizó 2 reproductores de alpacas de raza Suri negro entero y 30 hembras Huacaya de color negro, obteniendo como resultado 8 crías de color negro entero, 3 crías con color de vellón café oscuro, 1 cría café rojo y 1 cría de color 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, donde el gen dominante  $B^N$  regularía el vellón negro entero, mientras que el otro gen  $B^c$  controlaría el color café rojo (caoba), café oscuro, su alelo recesivo  $b$  regula los colores negros, como menciona Bustinza (1996).

La expresión fenotípica para del color negro entero, se debe a la presencia de eumelaninas de color negro que guarda relación con la presencia del monómero Dihidroindol (DHI), que está presente en el vellón de las alpacas, que a su vez está regulado por el gen receptor de Melanocortina 1, que tiene una acción dominante (Cecchi *et al*, 2006); sin embargo, la expresión del vellón negro recesivo  $bb$ , es por efecto de una mutación, con pérdida de la acción del locus agutí, que en consecuencia presenta un efecto recesivo. Por otro lado, los genes que participan en la expresión 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 menciona Sponenberg (2004), no obstante se debe considerar que los genes

de esta serie puesto que extienden el color negro en toda la capa, siendo el gen dominante E que regula la extensión de los colores enteros, mientras que su alelo recesivo controla la expresión de los colores manchados (Nicholas, 1990).

**Tabla 6.** Frecuencia fenotípica de color de cría al nacer por efecto color de progenitores en el CE La Raya UNA – Puno, según café-marrón.

<b>Color de progenitores</b>	<b>Colores de la progenie</b>	<b>N</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Macho café con hembra marrón</b>	Café	29	41.429
	Pardo	13	18.571
	Marrón	5	7.143
	Café oscuro	6	8.571
	Café claro	5	7.143
	LF	6	8.571
	Negro	1	1.429
	Manchado	5	7.143
	<b>TOTAL</b>	<b>70</b>	<b>100.00</b>

La tabla 6, muestra la frecuencia de segregación y/o transmisión del fenotipo color de los progenitores a las progenies; tal que, de los progenitores macho café con hembra marrón resultaron de 70 progenies, de color café en 41.429 % y de color pardo 18.571 %, y proporciones de 1.43 a 8.571% se expresan otros fenotipos de color como marrón, café oscuro, café claro, LF, negro y manchado.

(Renieri, 2003) manifiesta que, la concentración de melanina en fibra de color negro, marrón oscuro, marrón claro y sus tonalidades en llamas de Argentina, determinaron el contenido total de melanina (EM a 500/1 mg), donde las cantidades



disminuyen desde 0.461 mg para negro, 0.439 en marrón oscuro, 0.214 en marrón claro, de forma similar para eumelaninas (EM a 350/1 mg); además se ha observado 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 las cantidades de melanina que se determinó fue de 0.034 para color negro, 0.062 en marrón oscuro, 0.048 para marrón claro, pero las melaninas solubles en álcali, fueron de 0.239, 0.305 y 0.223 para negro, marrón oscuro y marrón claro, respectivamente.

La regulación genética de esta forma de expresión del color del vellón en la progenie, podría ser controlado por los genes de la serie negra, donde el gen dominante  $B^C$  regula el color café, su alelo recesivo  $bb$  regula el color marrón o el color negro (Bustinza, 1996), que también concuerda con la propuesta de Gandarillas, (1971), que manifiesta que el color café es regulado por un gen dominante  $V$  y su alelo recesivo " $v$ " controla el color marrón o negro, siendo el color café completamente dominante sobre el negro o marrón, que además concuerda con los primeros estudios sobre la genética del color de fibra en camélidos sudamericanos realizado por Toledo y San Martín (1948), quienes afirmaron la acción de tres series de genes múltiples y dos pares de genes simples e indicaron que en la serie I, el gen dominante  $C$  regula el color café dominante incompleto sobre el color negro, regulado por el gen recesivo. La expresión de colores claros como LF y vellón manchado, estaría controlado por el gen dominante  $C$ , que controla el color café, su alelo recesivo regula el vellón blanco recesivo y por la serie de genes modificadores (gen dominante  $E$  y colores manchados o colores no enteros por su alelo recesivo  $e$ )





**Tabla 7.** Frecuencia fenotípica de color de cría al nacer por efecto color de progenitores en el CE La Raya, según café claro-marrón y café oscuro.

<b>Color de progenitores</b>	<b>Colores de la progenie</b>	<b>N</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Macho café claro con hembra marrón</b>	Café claro	8	47.059
	Café oscuro	2	11.765
	Marrón	2	11.765
	Café	3	17.647
	Pardo	1	5.882
	Negro	1	5.882
<b>TOTAL</b>		<b>17</b>	<b>100.00</b>
<b>Macho café oscuro con hembra café oscuro</b>	Café oscuro	25	55.556
	Café	5	11.111
	Café claro	7	15.556
	Gris	2	4.444
	Negro	2	4.444
	LF	2	4.444
	Blanco	1	2.222
Manchado	1	2.222	
<b>TOTAL</b>		<b>45</b>	<b>99.999</b>

En la tabla 3, se observa la frecuencia de segregación y/o transmisión del fenotipo color de los progenitores a las progenies; tal que, de los progenitores machos café claro con hembras marrón resultaron progenies café claro en 47.059 % color café 17.647 %, y



de color marrón y café oscuro con 11.765 %; mientras con los progenitores macho café oscuro con hembra café oscuro, de las 45 progenies expresan en 55.556, 15.556 y 11.111 % de crías con color café oscuro, café claro y café respectivamente; y otros fenotipos en pequeñas proporciones como gris, negro, LF, blanco y manchado; esto debido acción de pocos pares de genes que determinan los fenotipos de color.

A estos resultados coadyuva (Gandarillas, 1971), que indica que el color café es regulado por un gen dominante V y su alelo recesivo "v" controla el color marrón o negro, siendo el color café completamente dominante sobre el negro o marrón, por otro lado (Bustinza, 1996) explica mencionando que, el mecanismo genético, que regula la forma de expresión del color del vellón de la progenie, posiblemente que controle los genes de la serie negra, donde el gen dominante  $B^C$  regula el color café, su alelo recesivo bb regula el color marrón o el color negro.

(Gallegos, 2012) obtiene descendencias con expresión de alpacas de color café, con 15 progenies de color café rojo, 4 café oscuro, 2 de color café y solo una progenie de color negro; para ello empleó 2 reproductores Suri y 30 hembras Huacaya ambos de color café. Los fenotipos que reflejaron se deben al mecanismo genético, que regula la expresión del color de estas progenies F1, que estaría controlado por genes de la serie negra; se concluye manifestando 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. Los progenitores de este cruce presentan un genotipo heterocigota  $B^C b$  para el color café, por lo que solamente así se puede explicar la presencia de color negro en la progenie F1.

**Tabla 8.** Frecuencia fenotípica de color de cría al nacer por efecto color de padres en el CE La Raya, café-café y café claro-café oscuro.

Color de progenitores	Colores de la progenie	N	Porcentaje (%)
<b>Macho café con hembra café</b>	Café claro	24	27.273
	Café oscuro	11	12.500
	Café	32	36.364
	LF	16	18.181
	Manchado	3	3.409
	Blanco	2	2.273
	<b>TOTAL</b>	<b>88</b>	<b>100.00</b>
<b>Macho café claro con hembra café oscuro</b>	Café claro	7	35.00
	Café oscuro	7	35.00
	Café	1	5.00
	LF	4	20.00
	Manchado	1	5.00
	<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>100.00</b>

En la tabla 4, se observa la frecuencia de segregación y/o transmisión del fenotipo color de los progenitores a las progenies; tales que los progenitores machos café con hembras café resultaron progenies de color, café, café claro, café oscuro y LF con 36.364, 27.273, 12.50 y 18.181, respectivamente; y otros fenotipos de color blanco y manchado. No obstante, con los progenitores macho café claro con hembra café oscuro, de las 20 progenies expresan en 35.00, 35.00 y 20.00 % de crías con color café claro, café oscuro y LF, respectivamente; y otros fenotipos en pequeñas proporciones como café y manchado.



En el caso de los cruces de café x café y café claro x café oscuro, la expresión del color de la descendencia mostraron una mayor expresión en crías de color café y diversas tonalidades claras y oscuras como café oscuro, café claro, café, en menores proporciones en colores claros como LF, blancos y manchados, no obstante que no se observó ninguna cría negra.

Bustinza, (1996) indica que la expresión del color de vellón en la F1, estaría controlado por los genes de la serie negra, donde el gen dominante  $B^C$  regula el color café mientras que su alelo recesivo regularía el color marrón o el color negro; sin embargo, la expresión de colores claros como LF, vellón blanco y manchado, estaría regulado por el gen dominante C, que controla el color café y su alelo recesivo c regula el vellón blanco recesivo. Por otro lado, (Toledo y San Martín, 1948) indican la acción de tres series de genes múltiples y dos pares de genes simples e indican que, en la serie I el gen dominante C regula el color café que a su vez presenta dominancia incompleta sobre el color negro, el cual es regulado por el gen recesivo.

**Tabla 9.** Frecuencia fenotípica de color de cría al nacer por efecto del color de progenitores en el CE La Raya, según LF-LF y marrón-marrón.

Color de progenitores	Colores de la progenie	N	Porcentaje (%)
<b>Macho Lf con hembra Lf</b>	Café claro	8	14.815
	Café oscuro	2	3.704
	Café	5	9.260
	LF	34	62.962
	Manchado	2	3.704
	Blanco	3	5.555
<b>TOTAL</b>		<b>54</b>	<b>100.00</b>
<b>Macho marrón con hembra marrón</b>	Marrón	32	46.37
	Pardo	11	15.94
	Café oscuro	2	2.90
	Canela	2	2.90
	Negro	8	11.59
	Café	6	8.70
	Blanco	1	1.45
	LF	6	8.70
Manchado	1	1.45	
<b>Total</b>		<b>69</b>	<b>100.00</b>

En la tabla 5, se observa la frecuencia de segregación y/o transmisión del fenotipo color de los progenitores a las progenies; tales que, de los progenitores machos LF con hembras LF resultaron de 54 progenies: el color LF, café claro y café con 62.962, 14.815



y 9.26 %, respectivamente; y otros fenotipos de color como café oscuro, blanco y manchado. Sin embargo, con los progenitores macho marrón con hembra marrón, de las 69 progenies expresan las crías los colores: marrón, pardo y negro con 46.37, 15.94 y 11.59 %, respectivamente; y otros fenotipos en pequeñas frecuencias como café oscuro, café, canela, LF, blanco y manchado; esto se debe a la acción de pocos pares de genes que determinan la expresión de este carácter de color; debido a que cada característica, está determinado por un factor hereditario llamado gen, cada individuo es portador de un par de genes para la expresión de cada característica, así cada par de caracteres diferenciales planteados por Mendel, fue determinado por 2 genes como, A y a, también conocidos como alelomorfos o simplemente alelas, de tal forma que el gen A es alelo del gen a y a es alelo de A respectivamente, 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, en cambio 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 es dominante frente 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 (Lacadena, 1999).

En el caso del cruce de LF x LF, los resultados nos indican que el vellón LF, es un carácter de dominancia incompleta, por lo que algunos reproductores machos y hembras probablemente presenten un genotipo homocigoto dominante para la expresión del vellón LF entero en la F1; pero para el caso de alpacas F1, que expresaron el vellón de otros colores, los reproductores que fueron cruzados serían heterocigota para el vellón LF.



La regulación del mecanismo genético de esta forma de expresión del color de vellón de esta progenie, podría estar controlado por los genes de la serie negra, donde el gen dominante  $B^C$  es heterocigota para el color café (Bustinza, 1996), mientras que la expresión de colores claros como LF, vellón blanco y manchado, estaría regulado por el gen dominante C de dominancia incompleta, que controla el color café y su alelo recesivo c regula el vellón blanco

En el caso del cruce de Marrón x Marrón, los resultados nos indican que los reproductores machos y hembras cuya descendencia expresaron vellón marrón se debe a que ambos progenitores presentaron genes homocigotas de dominancia completa para el color marrón; sin embargo las crías que presentaron tonalidades más claras como café, café claro, oscuro, pardo canela y negro se debe a que sus progenitores aun presentan genes heterocigotas para el color marrón; mientras que la expresión de colores claros como LF, vellón blanco y manchado, estaría regulado por el gen dominante C de dominancia incompleta, que controla el color café y su alelo recesivo c regula el vellón blanco (Bustinza, 1996).

Cransberg, et. al., (2013) afirma que el "marrón" en alpacas se presenta principalmente por la feomelanina y que las variaciones entre los diferentes colores "marrones" se deben a los cambios en los niveles de feomelanina y cantidades relativas de eumelanina negra, en lugar de eumelanina marrón. Por otro lado, la herencia de los colores de capa blanco, negro y marrón en esta misma especie fue abordada por (Valbonesi et. al., 2011), quienes indican que la herencia del blanco se debe a un único gen, dominante sobre la pigmentación, sin ningún efecto modificador e independiente de la segregación de los patrones negro y marrón. No obstante que la hipótesis de dominancia del negro sobre

marrón no parece estar completamente respaldada por las segregaciones observadas en los cruzamientos.

**Tabla 10.** Frecuencia fenotípica de color de cría al nacer por efecto color de progenitores en el CE La Raya, según pardo-pardo y canela-color vicuña.

Color de progenitores	Colores de la progenie	N	Porcentaje (%)
<b>Macho pardo con hembra pardo</b>	Pardo	43	76.78
	Negro	4	7.14
	Marrón	3	5.36
	Café	4	7.14
	Manchado	1	1.79
	LF	1	1.79
	<b>TOTAL</b>	<b>56</b>	<b>100.00</b>
<b>Macho canela con hembra color vicuña</b>	Pardo	1	14.28
	LF	1	14.28
	Café claro	1	14.29
	Café	1	14.29
	Manchado	1	14.29
	Canela	2	28.57
	<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>100.00</b>

En la tabla 6, se observa la frecuencia de segregación y/o transmisión del fenotipo color de los progenitores a las progenies; tales que, de los progenitores machos pardo con hembras pardo resultaron progenies de color pardo 76.78 %, negro y café con 7.14 % cada una, y otros como marrón, LF y manchado en bajas proporciones. No obstante, con los progenitores macho canela con hembra color vicuña, de las 07 progenies expresan de color



canela 28.57 % y los diversos colores: pardo, café claro, LF, café y manchado con 14.29 %.

De acuerdo a Frank et. al. (2001, 2006a), el marrón rojizo con cara y extremidades negras es dominante absoluto sobre el fenotipo eumelánico y sobre el silvestre; siendo el eumelánico recesivo total con respecto a los demás fenotipos, mientras que el silvestre guanaco y el silvestre vicuña no fueron claros en su relación de segregación, así como tampoco fue clara la segregación entre eumelanina negra y marrón.

#### 4.2. PESO AL NACIMIENTO

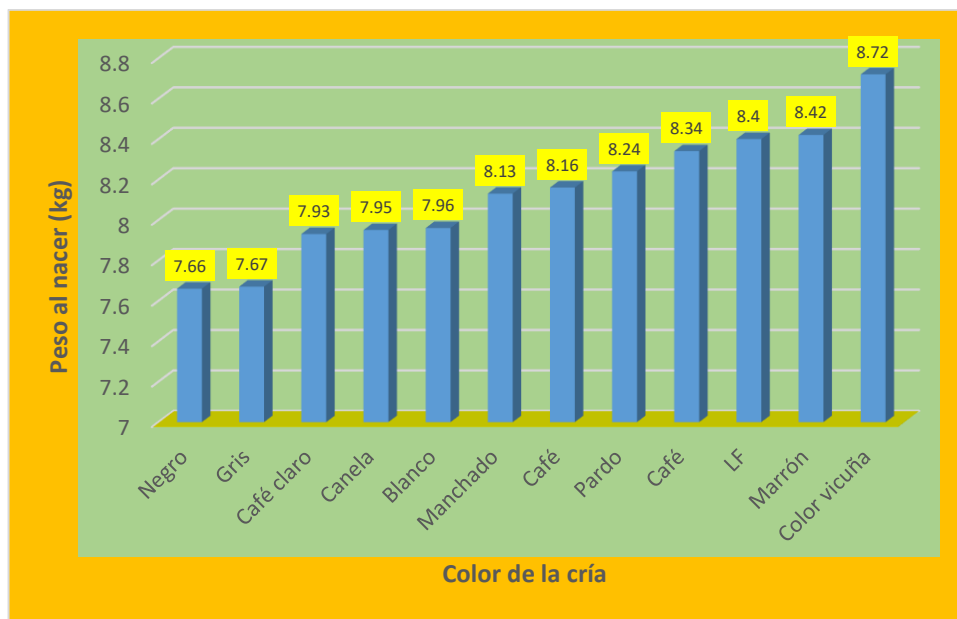
Los resultados del peso al nacimiento de alpacas crías Huacaya de la majada de colores del CE La Raya, se presenta en la siguiente tabla 10.

**Tabla 11.** Peso al nacimiento (kg) de las alpacas crías Huacaya según color del vellón, en el CE La Raya UNA – Puno.

Colores del vellón	N	PROMEDIO (kg)	E.S.
Negro	52	7.66 <sup>a</sup>	0.14
Gris	6	7.67 <sup>a</sup>	0.41
Café claro	23	7.93 <sup>a</sup>	0.21
Canela	35	7.95 <sup>a</sup>	0.17
Blanco	12	7.96 <sup>a</sup>	0.29
Manchado	16	8.13 <sup>a</sup>	0.25
Café	82	8.16 <sup>a</sup>	0.11
Pardo	87	8.24 <sup>a</sup>	0.11

Café oscuro	16	8.34 <sup>a</sup>	0.25
LF	66	8.40 <sup>a</sup>	0.12
Marrón	58	8.42 <sup>a</sup>	0.13
Color vicuña	9	8.72 <sup>a</sup>	0.34
Total	462	8.13	0.08

<sup>a</sup> Letras iguales indican que no hay diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ )



**Figura 1.** Peso al nacimiento de alpacas cría/colores

En la tabla 7 y figura 1, muestran el peso al nacimiento de alpacas crías de raza Huacaya perteneciente a la majada de colores del Centro Experimental; donde según ANVA del anexo 1, se evidencia de que no existe diferencias significativas en la variación del peso al nacimiento por efecto del factor color de la cría y/o color de fibra ( $P > 0.05$ ), la media general fue de 8.13 kg y pesos promedios de cada grupo de color oscilan entre 7.66 a 8.72 kg. Esta semejanza posiblemente se deba a que el rebaño de alpacas de color posee



un manejo de pastoreo estándar durante todo el año productivo, sea en la parte baja en los meses de diciembre hasta abril y/ó parte alta desde mayo al mes de octubre que bajan a la campaña de esquila; y posteriormente regresa a la parte alta por un periodo de 45 días, por lo que no habría influencia de parte de las madres que se encuentran en gestación.

Los valores encontrados en el presente estudio supera al reporte de Gallegos, (2012), quién registra 6.8 kg de peso al nacimiento de la progenie Suri y crías Huacaya 7.0 kg. Las crías del cruce negro x negro nacieron con 7.1 kg, ligeramente superior a las crías del cruce café x café que tuvieron 7.0 kg y menor peso al nacimiento fue de 5.9 kg en crías del cruce blanco x blanco. En alpacas Huacaya, el mayor peso fue para las crías del cruce blanco x café con 8.0 kg; las crías del cruce café x café resulto 7.8 kg y el menor peso fue para crías del cruce blanco x blanco que llevo a 6.0 kg. En crías de alpacas Suri, alcanzaron a 8.0 kg., que es similar al de crías de color café rojo con 8.0 Kg, seguido de crías de color café oscuro con 7.8 Kg y menor peso resulta en crías de fibra blanco-manchado con 4.5 kg; sin embargo, en crías Huacaya el mayor peso presentaron las crías de color café rojo, blanco -manchado y vellón blanco con 8.0 Kg y con menor peso reflejó 5.5 kg en crías de color blanco.

Los resultados que se obtuvo en el presente estudio son ligeramente superiores al reporte de Huanca *et al* (2005), quienes registran 6.7 kg de peso al nacimiento en crías Suri machos y 6.8 kg en hembras; mientras, las crías machos Huacaya nacieron con 7.3 Kg y con 6.6 kg las hembras; se observó que existe una ligera variación en relación al sexo, en que los machos muestran un peso mayor que las hembras.



## V. CONCLUSIONES

La segregación del fenotipo color, de progenitores de colores enteros a las progenies se evidencia en 60 % a más, y el 40 % no expresa los genes de color de los padres, sino otras proporciones de fenotipos.

El peso al nacimiento de alpacas crías tuvieron peso promedio de  $8.13 \pm 0.30$  kg en las 5 campañas de parición, y no hubo variación por efecto de color.



## VI. RECOMENDACIONES

Identificar y registrar a los progenitores de colores enteros que transmite el fenotipo color original a las progenes para formar conformar grupo de reproductores de color entero.

Realizar los apareamientos controlados con una planificación adecuada a la existencia de la población de alpacas de color.

Hacer un control más adecuado del rebaño de reproductores colores en el momento del empadre

Realizar estudios de heredabilidad y repetibilidad del fenotipo color en alpacas de Raza Huacaya y Suri del Centro Experimental La Raya, con fines de consolidar diversidad genética de color del vellón.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. 1-1 O.
- 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.
- 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.
- Baychelier P. (2000). Suri and Huacaya, two alleles or two genes. Proc. Australian Alpaca  
Ass. Gambera. Australia. pp 79-85
- Bustanza, A. (1968). Herencia de colores del pelaje en alpacas. Tesis Med. Vet. y Zoot.  
Universidad Técnica del Altiplano. Puno. Perú. 44 p.
- Bustanza, J. (1996). Herencia y Mejoramiento Genético de las Alpacas y Llamas. Centro  
de Estudios de Post Grado. Universidad Técnica de Oruro. Bolivia. 167 p.
- Bustanza, J. (2000). Herencia del color en el pelaje de alpacas. 111 Symposium  
Internacional sobre la alpaca. Universidad Católica Santa María. Arequipa. Perú.



- Bustanza, V. 2001. La Alpaca, conocimiento del gran potencial andino. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú. Tomo I.
- 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.
- 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.
- Cardellino R. Y Rovira J. 1987. Mejoramiento Genético Animal. Editorial Agropecuaria hemisferio sur. Montevideo. Uruguay.
- Cecchi, T., Passamont, P., Frank, E., Gonzales, M., Pucciarelli, F. Y Renieri, C. (1999). Pigmentación en Camélidos Sudamericanos 1, 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.
- Cieslak M, Reissmann M, Hofreiter M, & Ludwig A. 2011. Colours of domestication. Biological Reviews 86 (4) : 885-899. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00177.x>.
- 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.



- Cransberg R, Wakamatsu K, & Munyard K. 2013. Melanin characterization suggests that the “brown” phenotype in alpaca (*Vicugna pacos*) is predominantly pheomelaninic. *Small Ruminant Research* 114 : 240-246. <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.07.004>.
- 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° 1 05, 237-238.*
- Enríquez, P. (2006). *La Alpaca Suri de color. ¿Una raza en proceso de extinción?* Asociación de Criadores de Camélidos Andinos, Acrican lila. 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. 201 O. 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.
- FAO. 2005. *Situación actual de los camélidos sudamericanos en Perú.* Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia. 62 pp.
- Flores A. (2008). *Genética de los camélidos sudamericanos.* 13° Congreso Interamericano de Genética. VI Congreso de Genética. Lima. Perú.
- Fowler, M. E. 2010. *Medicine and surgery of camelids.* Third edition. Wiley-Blackwell. A John Wiley & Sons, INC., Publication. Ames, Iowa, USA.
- 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.
- 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.
- Gallegos R. (2005). Mejoramiento Genético Animal. Universidad Nacional del Altiplano. 122 p.
- Gallegos R. (2012). Expresión Fenotípica del Color de Fibra en Alpacas (*Vicugna pacos* Linneaus) en el Altiplano Peruano.  
URI: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/248>
- 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.
- Garcilazo De La Vega. (1959). Comentarios Reales de los Incas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú. 235 p.



- Griffiths A., Gelbart W., Miller J., Lewontin R. (2000). *Genética Moderna*. Editorial McGraw Hill. Interamericana S.A. Madrid. España. Pp 43-73.
- Griffiths, A., Miller, J., Suzuki, D., Lewontin, R. Y Gelbart, W. (1997). *Genética, Introducción al Análisis Genético*. 2a Edición. Editorial Me Graw-Hill Interamericana. Madrid. España. pp. 98-173.
- Guzman E. (1996). *Genética Agropecuaria*. Editorial Trillas S.A. México. 139 p
- Hernández, R., Fernández, C., 13aptista, P. (2003). *Metodología de la investigación*. 3ra edición. Editorial McGraw-Hill. Chile.
- Huanca T., Apaza N., Gonzales M., Cárdenas O. (2007). *Recuperación del color en alpacas de raza Suri y Evaluación de Índices Productivos y Reproductivos*. Compendio de tecnologías en CS. INIA. Puno. Perú. Pp 115 – 120.
- 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*. 8<sup>ª</sup> 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., (1994). *Characterization of genetic resources of American Camelids*. In. Gerken, M. Renieri C. (Eds). *European Symposium on South American Camelids*. 59-66.
- 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.
- Mcquarrie E. (1995). El oro de los Andes, las llamas, alpacas, vicuñas y guanacos de Sudamérica. Vol. I. Barcelona. España. pp 292-347.
- Nicholas F. 1998. Introducción a la Genética Veterinaria. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España. pp 249-254.
- Oliver F. (1982). Fundamentos de Genética. Ediciones Publi-Mex. S.A. México. pp 63-77.
- Oria L., Quicaño L., 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.
- Pizarro, R. (1999). Camelidotecnia. CONCYTEC. Lima. Perú. pp. 5- 12. PONZONI, R., 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 paces*) fleece color differentiation. Small Ruminant Research. 183-187.
- Puertas, M. J. (1999). Genética, Fundamentos y Perspectivas. 2da. Edición. Editorial McGraw- Hill Interamericana. Madrid. España. pp 67-75.
- Raper, H. (1938). Some problems of tyrosine metabolism. J. Chem. Soc. 125-130.
- Renieri, C. (1994a). Pigmentation in domestic mammals with reference to fine fibre 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. Congreso Mundial sobre camélidos y 1 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° 11. 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. Cusca. 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., Presciontini S., Valbonesi A, Antonini M., La Manna V., LA Terza A., Asparrin M. (2010). Coat color and Suri/Huacaya phenotype inheritance in alpaca (*Vicugna paces*). 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.
- Ruíz De Castilla, M. (1994). Camelicultura. Alpacas y llamas del sur del Perú, Municipalidad del Q'osqo. Cusca. Perú. pp. 149- 158.



- 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
- 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(1 0-11). 47-50 p.
- Torres, D, Murillo, R. y Zeballos, J. (2014). Buenas prácticas de manejo en la producción de alpacas. Necesidades estratégicas para la adaptación al cambio climático. Desco y Minsur.
- Valbonesi A, Apaza N, La Manna V, et al. 2011. Inheritance of white, black and brown coat colours in alpaca (*Vicuna pacos* L.). *Small Ruminant Research* 99 : 16-19. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.04.003>.
- Vallejo, A.R., C. Yalta, E. Veli, y D. Cerna. 2012. Diversidad y estructuración genética de alpacas de color de la región Puno. Perú. Resúmenes. VI Congreso Mundial de Camélidos Sudamericanos. Arica. Chile.
- Velarde, R. 1995. Comercialización de productos derivados de los camélidos sudamericanos. En: Informe del Simposio sobre Camélidos Sudamericanos Domésticos. Oct. 1992, GAN- 42, FAO/RLA. Santiago. Chile.
- Wheeler, J. y Rodríguez, J. (2004). Conservación de la Biodiversidad en especies de interés económico, la alpaca. CONOPA. Lima. Perú.



## ANEXOS

### Anexo A. ANVA del peso al nacimiento de alpacas cría de color Huacaya

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	29,29	11	2,66	2,59	0,0034
Color vellón	29,29	11	2,66	2,59	0,0034
Error	462,83	450	1,03		
Total	492,12	461			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PESO	462	0.06	0.04	12.42

### Anexo B. Alpacas de color en el CE la Raya



### Anexo C. Apareamiento de progenitores Negros



### Anexo D. Apareamiento de progenitores Canela



### Anexo E. Apareamiento de progenitores Café y Café claro





### **Anexo F.** Apareamiento de progenitores Café Oscuro y Café oscuro



### **Anexo G.** Apareamiento de progenitores Café claro y Café oscuro





### Anexo H. Majada de alpacas de color

