



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIA ANIMAL



TESIS

**ESTIMACIÓN DE HEREDABILIDAD, CORRELACIONES GENÉTICAS Y
CORRELACIONES FENOTÍPICAS DE CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA
DE ALPACAS SURI DE UN AÑO DE EDAD EN EL ANEXO QUIMSACHATA
DEL INIA - PUNO**

PRESENTADA POR:

GERARDO GODOFREDO MAMANI CHOQUE

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAESTRO EN CIENCIA ANIMAL
MENCIÓN EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

PUNO, PERÚ

2021



DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y brindarme vitalidad y sabiduría para lograr esta meta trazada. Por ser la luz que ilumina mi camino y haberme permitido lograr mis objetivos.

A mis amados padres, que se encuentran en el cielo, por darme la vida, valores y principios; por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, y por orientar con motivación constante mi desarrollo personal y profesional.

A mi esposa, por su comprensión y aliento constante e incondicional, en muchos momentos de la vida y por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mis hijos, que me motivaron y me dieron la fuerza día a día para terminar y cumplir con este sueño ahora hecho realidad.

A mis hermanos y hermanas, por compartir una infancia feliz, por todos los bellos momentos que hemos pasado juntos y las experiencias que nunca olvidaré.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito, en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.



AGRADECIMIENTOS

- A mi alma mater, Universidad Nacional del Altiplano a través de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por darme la oportunidad de superarme como profesional.
- A los Docentes de la Maestría en Ciencia Animal de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano.
- Al Dr. Julio Málaga Apaza, mi Director de Tesis, mi sincero agradecimiento por su guía, acertada dirección en la ejecución y redacción del presente trabajo de investigación.
- A los miembros del Jurado: Dr. Zacarías Condemayta Condemayta, M.Sc. Wilbur Rubén Ayma Flores y M.Sc. Francisco Halley Rodríguez Huanca, por su paciencia durante las correcciones y sugerencias realizadas en la ejecución de la presente Tesis.
- Con especial gratitud, a mi amigo el Dr. Rubén Herberth Mamani Cato, mi sincero agradecimiento por su incondicional apoyo, por el tiempo dedicado, la ayuda en el análisis de la información y por su valiosa amistad.
- Al Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA A la Estación Experimental Agraria Illpa y al Banco de Germoplasma de Camélidos Quimsachata, por facilitarnos la base de datos y por permitir trabajar con sus animales para realizar el trabajo de investigación.
- A todos mis amigos, compañeros y a todas aquellas personas que directa o indirectamente apoyaron en la ejecución y culminación del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico	4
1.1.1. La fibra de alpaca y sus características	4
1.1.2. Variabilidad del diámetro promedio de la fibra	5
1.1.3. Métodos y lugares para el muestreo	6
1.1.4. Características textiles de la fibra asociadas a la uniformidad del vellón	7
1.1.5. Caracteres heredables	11
1.2. Antecedentes	20
1.2.1. Heredabilidad (h^2)	20
1.2.2. Correlaciones genéticas (r_g)	23
1.2.3. Correlaciones fenotípicas (r_p)	24

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema	28
2.2. Enunciados del problema	28
2.2.1. Problema general	28
2.2.2. Problemas específicos	29
2.3. Justificación	29
2.4. Objetivos	30
2.4.1. Objetivo general	30
2.4.2. Objetivos específicos	30
2.5. Hipótesis	31
2.5.1. Hipótesis general	31
2.5.2. Hipótesis específicas	31



CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio	32
3.2. Población	32
3.2.1. Manejo y alimentación	33
3.3. Muestra	33
3.4. Método de investigación	34
3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	34
3.5.1. Registros	34
3.5.2. Fase de análisis de datos	34
3.5.3. Estimación de los parámetros genéticos	35
3.5.4. Modelo animal	35

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Heredabilidad (h^2) para los caracteres asociados a la uniformidad del diámetro de fibra de alpacas Suri a la primera esquila	38
4.1.1 Heredabilidad (h^2) del diámetro promedio de la fibra	38
4.1.2. Coeficiente de variación del diámetro promedio de fibra	40
4.1.3. Factor de confort	41
4.1.4. Finura al hilado	42
4.1.5. Índice de curvatura de la fibra	42
4.1.6. Desviación estándar del diámetro promedio de fibra	44
4.2. Correlaciones genéticas	45
4.3. Correlaciones fenotípicas	48
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55

Puno, 31 de agosto del 2021

ÁREA : Producción Animal
TEMA : Heredabilidad de la fibra de alpaca
LÍNEA: Genética de Camélidos Sudamericanos



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Distribución del número de alpacas Suri según año de producción, en el Anexo Qimsachata del INIA Puno	33
2. Varianza genética, varianza fenotípica, heredabilidad y error estándar para los caracteres de alpacas Suri a la primera esquila en el Anexo Quimsachata del INIA Puno	38
3. Correlaciones genéticas (sobre la diagonal) con sus respectivos errores estándar para los caracteres de alpacas Suri a la primera esquila en el Anexo Quimsachata del INIA Puno	45
4. Correlaciones fenotípicas (debajo la diagonal) con sus respectivas probabilidades, para los caracteres de alpacas Suri a la primera esquila en el Anexo Quimsachata del INIA Puno	49



RESUMEN

Los objetivos del presente estudio fueron estimar las heredabilidades, correlaciones genéticas y fenotípicas para caracteres asociados a la uniformidad del diámetro de fibra en el vellón de alpacas Suri de primera esquila, del Anexo Quimsachata del INIA Puno, ubicado en el Departamento de Puno, a 4190 m.s.n.m. en la Zona Agroecológica de Puna Seca. Se utilizaron muestras de 413 alpacas Suri de primera esquila, nacidas en los años 2013 hasta el año 2017. Los caracteres evaluados fueron el diámetro promedio de fibra (DF), coeficiente de variación del diámetro promedio de fibra (CV), factor de confort (FC), finura al hilado (FH), el índice de curvatura (IC) y la desviación estándar del diámetro promedio de fibra (DS). Para estimar los componentes de varianza de los caracteres mencionados se utilizó el modelo animal multicarácter. Los componentes de varianza y parámetros genéticos fueron estimados por el método de Máxima Verosimilitud Restringida y se utilizó el programa VCE. Las correlaciones fenotípicas se estimaron por el método de correlación de Pearson con el programa estadístico SAS. Los resultados muestran que las heredabilidades obtenidas para DF, CV, FC, FH, IC y DS, fueron: 0,69; 0,48; 0,59; 0,68; 0,14 y 0,61, respectivamente. Las correlaciones genéticas y fenotípicas fueron de baja, mediana y alta magnitud. Se concluye que las heredabilidades sugieren que la selección individual por estas características, menos por IC, resultarán en un progreso genético aceptable. Asimismo, seleccionando por estos caracteres se lograría reducir la variabilidad de la finura en los vellones, y de esta manera poder implementar programas de mejoramiento genético en alpacas Suri.

Palabras clave: Alpaca, correlaciones genéticas, diámetro de fibra, heredabilidad, Suri.



ABSTRACT

The objectives of this study were to estimate the heritabilities, genetic and phenotypic correlations for traits associated with the uniformity of the fiber diameter in the fleece of Suri alpacas of first shearing, from the Quimsachata Annex of the INIA Puno, located in the Department of Puno, at 4190 m.a.s.l. (meters above sea level) in the Puna Seca Agroecological Zone. Samples of 413 Suri alpacas of first shearing, born in the years 2013 to 2017, were used. The characters evaluated were the average fiber diameter (DF), coefficient of variation of the average fiber diameter (CV), comfort factor (FC), spinning fineness (FH), the curvature index (IC), and the standard deviation of the average fiber diameter (DS). To estimate the variance components of the mentioned characters, the multicharacter animal model was used. The variance components and genetic parameters were estimated by the Restricted Maximum Likelihood method and the VCE program was used. The phenotypic correlations were estimated by Pearson's correlation method with the statistical program SAS. The results show that the heritabilities obtained for DF, CV, FC, FH, IC and DS were: 0.69; 0.48; 0.59; 0.68; 0.14 and 0.61, respectively. The genetic and phenotypic correlations had a low, medium and high magnitude. It is concluded that the heritabilities suggest that individual selection for these characteristics, except for CI, will result in acceptable genetic progress. Likewise, making a selection by these characters would result in the reduction of the variability of the fineness of the fleeces, and in this way be able to implement genetic improvement programs in Suri alpacas.

Keywords: Alpaca, fiber diameter, genetic correlations, heritability, Suri.

INTRODUCCIÓN

En los agroecosistemas del altiplano, la crianza de alpacas juega un rol muy importante en la vida socioeconómica del poblador altoandino, a pesar de las serias limitantes que impiden un eficiente aprovechamiento de los mismos. Por esta razón, el mejoramiento del nivel de vida del productor de alpacas, expresado ya sea por una mayor capacidad de ahorro o por un mayor consumo, necesariamente dependerá de los mayores ingresos económicos obtenidos, ya sea por un incremento en su producción y/o calidad de fibra, o de carne o de pieles, y esto dependerá a su vez o de una mayor población de su capital pecuario o de una mayor eficiencia de los individuos de su población pecuaria. Como quiera que, para el incremento de la población pecuaria se requiere de una ampliación de la extensión de los campos de pastoreo, lo cual ya no es posible en la actualidad, quedaría entonces, como una de las pocas alternativas viables, el lograr un incremento en la eficiencia de los animales para la producción y/o calidad de fibra, carne o pieles, con la utilización adecuada de la tecnología existente (Mamani, 1995).

La producción de fibra es la principal actividad y el pilar de la economía de un vasto sector de la población alto andina del Perú que, por las condiciones ecológicas no favorables para la agricultura, encuentra en la crianza de la alpaca su principal medio de sustento. La uniformidad de la fibra está directamente relacionada con el diámetro promedio de fibra (DF) en el vellón. Por lo cual, la clasificación de los vellones se basa principalmente en esta característica, ya que permite una mejor valorización al momento de la comercialización; es decir, vellones de mayor uniformidad tienen mejores precios (Manso, 2011). Existen, además, otras características complementarias que influyen sobre la uniformidad de la fibra; entre ellas, el coeficiente de variación del diámetro promedio de fibra (CV), que es una medida de amplitud relativa del diámetro de la fibra alrededor de la media dentro de un vellón, de manera que un vellón con CV más bajo indica una mayor uniformidad relativa de los diámetros de las fibras individuales que lo componen, produciendo un hilo más resistente. Otras características importantes son el factor de confort, la finura al hilado, el índice de curvatura y la desviación estándar del diámetro promedio de fibra (Gutierrez *et al.*, 2018).

En consecuencia, la uniformidad podría ser la cualidad más destacada del vellón, y la que ocupa ampliamente el campo de la investigación y la selección de alpacas; en base a ello es necesario saber más objetivamente qué características podrían estar influenciando sobre la uniformidad del vellón (Aguilar, 2019).

La evaluación de los animales con respecto a estas características se realiza directamente a través del fenotipo del individuo, o se estima a través de la genealogía o de su descendencia. Las correlaciones fenotípicas permiten predecir cambios de una característica en el rebaño actual, cuando se selecciona animales por una u otra característica (Caballero, 2017; Lopes *et al.*, 2005). El valor absoluto de la correlación indica si la asociación es alta o baja, facilitando la selección cuando las correlaciones son del mismo signo, o debiendo ponderarlas económicamente cuando son de signo contrario. Al seleccionar animales por una determinada característica, se debe considerar que, indirectamente, otras variables estarán siendo afectadas (Mamani, 1995).

Para conducir eficientemente un plan de mejoramiento genético se requiere, en primer lugar, definir cuáles son las características que tienen mayor importancia económica, el grado de heredabilidad de dichas características y las correlaciones existentes entre ellas. Esta información se puede obtener investigando el mercado y los parámetros genéticos y fenotípicos que permitirán al criador poner en práctica programas de selección adecuados para mejorar las características de mayor importancia económica y lograr progresos genéticos dentro de un rebaño en el menor tiempo posible. Por lo tanto, cualquier intervención en mejorar la productividad y mejorar la calidad de la fibra en sus diferentes características fenotípicas y por ende de las características textiles y/o artesanales tendrá un efecto beneficioso en mejorar el precio y el bienestar del criador alto andino (Quispe *et al.*, 2013).

Asimismo, estimados de los parámetros genéticos y fenotípicos de las características de producción son esenciales en la predicción de la ganancia verdadera por selección; tanto en la presente como en las futuras generaciones. También con dicha información se estará en la capacidad de elaborar índices de selección, que permitirían una fácil y efectiva aplicación de la selección de los reproductores (Caballero, 2017). De ahí la necesidad de contar con valores obtenidos bajo condiciones ambientales, de manejo, alimentación y sanidad existentes actualmente, para grupos poblacionales de esta especie, en las zonas alto andinas, lugar donde se asienta la totalidad de la población de alpacas del país (Gutiérrez, 2008).

Por otro lado, para realizar estas estimaciones, uno de los procedimientos estadísticos ampliamente utilizados se basa en máxima verosimilitud restringida conocida como REML (Thompson, 2008). La idea básica de estimación REML es estimar los componentes de varianza sobre los residuales calculados después de ajustar por mínimos cuadrados la parte



de los efectos fijos del modelo. En el plano computacional se han implementado varios softwares tanto comerciales como libres tales como WOMBAT, ASReml, BGF90, DFREML, PEST/VCE, etc, que permiten ajustar un modelo mixto con información del parentesco de los individuos (pedigree) desde la perspectiva de genética cuantitativa. Su efectividad ha sido probada en el mundo con especies de fuerte impacto para la economía de los países industrializados (Thompson, 2008).

Actualmente, aún no existe información para poblaciones de alpacas de la raza Suri de la Zona Agroecológica Puna Seca, por lo que este trabajo de investigación pretende contribuir con el conocimiento de las heredabilidades, correlaciones genéticas y correlaciones fenotípicas de caracteres asociados a la uniformidad del diámetro de fibra de alpacas Suri de primera esquila, del Anexo Quimsachata del INIA Puno, información que se requiere urgentemente para la toma de decisiones para desarrollar programas de mejora genética.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico

1.1.1. La fibra de alpaca y sus características

La fibra de alpaca es una fibra especial que posee características que la hacen adecuada para la industria textil, por ser flexible y suave al tacto, bajo peso específico, poca capacidad inflamable, hipoalergénica (ya que no contiene lanolina). En caso de no teñirse, esta fibra mantiene su lustre y aspecto natural, así como la temperatura corporal al comportarse como aislante térmico, debido a los “bolsillos” microscópicos de aire que tiene a nivel medular, siendo idónea para cualquier condición climática (Quispe *et al.*, 2013).

La fibra de alpaca tiene un alto grado de limpieza, es fácil de lavar, y su rendimiento es alto (entre el 87% y 95% frente a un 43% a 76% de la lana de oveja); siendo su procesado más sencillo y barato, debido a la carencia de grasa o lanolina, lo que les permite ser trabajada en los sistemas de peinado o cardado, pudiendo obtenerse telas entre áspera gruesa y gabardina fina (Bustinza, 2001a; Quispe *et al.*, 2013).

Dentro de las características de la fibra de alpaca están el diámetro promedio de fibra, el coeficiente de variación del diámetro promedio de fibra, el factor de confort, la finura al hilado y el índice de curvatura. La finura es la principal característica productiva que determina la calidad del vellón, y se refiere directamente al diámetro o grosor de la fibra expresado en micras (μm). La densidad es referida al número de fibras que existen por unidad de superficie del vellón (milímetro cuadrado, mm^2). A mayor número de fibras por mm^2 , mayor será la densidad; algunos autores consideran

que a mayor densidad existe mayor peso del vellón y por lo tanto menor diámetro de la fibra (Espinoza, 2009).

La uniformidad es una característica del vellón que consiste en encontrar y observar un mismo grado de finura, densidad y rizo en las fibras, en las diferentes áreas del vellón. El rizo es una característica de la fibra de las alpacas Huacaya y son ondulaciones muy pequeñas que se presentan a lo largo de la fibra; mientras la fibra de la alpaca Suri tiene un mayor crecimiento longitudinal presentando rulos, la cual consiste en contorsiones independientes a lo largo de la fibra. Por lo tanto, la calificación en calidad la conforman principalmente el diámetro de la fibra, pero también el coeficiente de variación, la longitud de mecha, el porcentaje de medulación, el rendimiento de lavado, el factor de confort, el índice de curvatura y la resistencia de compresión de la fibra, mientras que la producción depende del peso del vellón principalmente, longitud de mecha y de la densidad folicular (McGregor, 2002).

1.1.2. Variabilidad del diámetro promedio de la fibra

Son muchos los factores que van a intervenir en la expresión de los diferentes parámetros asociados a la uniformidad del vellón como el diámetro promedio de la fibra. Este será diferente según la edad del animal, en condiciones alimenticias diferentes, o incluso dependiendo del clima (así en periodos de sequía, por ejemplo, disminuye la longitud y volumen de fibra, y con ello también el diámetro). Para medir la variación del diámetro a lo largo de una mecha, (Bustinza, 2001b) hizo mediciones de este parámetro centímetro a centímetro en un animal de 18 meses, tomando un total de 19 puntos, y se encontró una variación de 29,6 a 22,6 μm . También se han elaborado perfiles del diámetro de fibra a lo largo de la mecha, comparando mechas que poseen el mismo diámetro medio, pero cuya variación no es la misma (Bustinza, 2001a). El coeficiente de variación es un cociente de varianzas, y que no depende solo del diámetro sino también de la desviación estándar, ya que a similar diámetro diferente coeficiente de variación por el valor de la desviación estándar (Cruz, 2011).

Dada esta variabilidad se hace más complicado considerar el diámetro de fibra en un programa de mejora, pero se considera que éste es el parámetro más importante para la comercialización de fibra (llegando a ser el responsable del 65-80% del precio atribuido a la fibra, (Safley, 2001). Sin embargo, se sigue prefiriendo vender por peso

por calidad, fruto del desconocimiento de la propia calidad del rebaño por parte de los productores.

1.1.3. Métodos y lugares para el muestreo

El punto medio del costillar, fue el más representativo para evaluar la lana de ovino (entre los parámetros de diámetro de fibra, densidad, longitud y rizo). Este punto, en ovejas se localiza sobre la tercera costilla entre la línea media de la barriga y la línea media de la espalda, mientras que en alpacas se localiza sobre la décima costilla, a mitad de camino entre la línea de la espalda y la barriga. En mohair se estima que el costillar medio es la mejor estimación para diámetro de fibra, la tasa de medulación, longitud y rendimiento de lavado (Aylan-Parker & McGregor, 2002).

Estudios en cabras de la raza Angora (Taddeo & Mueller, 2000), obtuvieron que el punto más representativo de las variables estudiadas, diámetro promedio y coeficiente de variación del diámetro promedio, es también el costillar medio. También se realizó un estudio en cabras de raza Angora en Australia, tomando muestras de nueve puntos del vellón, obteniendo que el punto más representativo del diámetro medio de fibra es el punto medio que estimaron (Aylan-Parker & McGregor, 2002). El costillar medio para obtener muestras de diámetro de fibra de vellón fue altamente correlacionado con otros sitios principales para obtener la muestra y que ha demostrado ser adecuado como sitio de muestreo estándar (Wuliji *et al.*, 2000).

El uso del equipo OFDA 2000 tiene la ventaja de que es un método que permite utilizarse dentro del centro de producción, este equipo es capaz de medir el diámetro de fibra en vellón sucio. Durante el proceso de la medición muestra la posición de los puntos más finos y más gruesos a lo largo de la fibra. Solo requiere de un calibrador de fibra poliéster para fibra de alpaca (McColl, 2004). El equipo está diseñado para trabajar en condiciones desfavorables, está constituido de una forma muy robusta y tiene una excelente rapidez. Es un equipo que posee la más alta tecnología asociada a imágenes microscópicas digitales tiene un procesador equipado con Windows 98 (Baxter, 2002).

En cada lectura se obtiene el diámetro fibra, desviación estándar del diámetro de fibra, factor de confort, coeficiente de variabilidad del promedio del diámetro de fibra, finura

al hilado e índice de curvatura, y también se obtiene un histograma con las observaciones señaladas (Hansford *et al.*, 2002).

1.1.4. Características textiles de la fibra asociadas a la uniformidad del vellón

Son aquellas características que tienen influencia en la transformación de la fibra en tejidos, telares u otros terminales de uso, haciendo que el producto tenga una mayor rentabilidad y sea de preferencia para el consumidor (E. C. Quispe *et al.*, 2013). Las principales características son:

a) **Diámetro promedio de la fibra (DF)**

El diámetro promedio de la fibra (DF) de una muestra representativa del vellón está expresado en micrómetros (μm), lo cual define la finura. Este parámetro físico es considerado el principal criterio de selección en poblaciones de alpacas de todo el mundo. La clasificación de los vellones se basa principalmente en la finura, ya que permite una mejor valoración al momento de la comercialización (Quispe Ticona, 2013).

El diámetro promedio de la fibra (DF) es uno de los factores más importantes en la clasificación de la misma, porque determina el precio del vellón en el mercado (Quispe *et al.*, 2013); el diámetro o finura de la fibra se refiere al grosor de la fibra, en forma común se denomina finura, entonces el promedio del diámetro de la fibra se refiere al diámetro promedio de un conjunto de fibras (Gallegos, 2012), cuando se mide la finura de la fibra se expresa en micras, de esta forma la fibra está expresada en micrones, un micrón es la millonésima parte de un metro y generalmente se acompaña de “desviación estándar y coeficiente de variación” (Colorado State University, 2010).

Las alpacas son apreciadas por su fibra, debido a su finura, suavidad, peso ligero, características de higroscopicidad, resistencia, elasticidad y colores naturales. Es más térmica que la lana de ovino, tiene menos posibilidad de producir alergias y contiene menos lanolina (Mueller, 2008).

El diámetro de fibra está sujeto a variación, la misma que depende de las características genéticas, el medio ambiente de donde provienen y el color del vellón. Las variaciones en el diámetro son causadas también por cambios fisiológicos en el

animal debido a la nutrición, gestación, lactación, destete o enfermedades, así como por factores tales como la edad, sexo, raza, temperatura, fotoperiodo, estrés, época del año, época de empadre, época de esquila, sanidad y otros factores característicos del medio ambiente alto andino (Quispe, 2016).

b) Coeficiente de variación del diámetro promedio de la fibra (CV)

El coeficiente de variación del diámetro de la fibra (CV) es una medida de heterogeneidad del diámetro de las fibras dentro de un vellón y se expresa como el cociente entre la desviación estándar y el promedio multiplicado por 100, por lo tanto, su magnitud está expresada en porcentaje. El coeficiente de variabilidad no debe superar el 24%, ya que se considera el límite para rendimientos textiles acorde a su diámetro, y que se encuentra asociado al rendimiento del hilado, propiedad conocida también como finura al hilado (Quispe *et al.*, 2009).

El CV mide la variación entre fibras dentro del vellón y se expresa en porcentaje. Un vellón con un CV bajo, indica que tiene mayor uniformidad de diámetro de fibras individuales dentro de la mecha y el hilo que se produce con ella es más uniforme y resistente (Manso, 2011). Lupton *et al.* (2006), refieren que el CV tiene alta influencia sobre algunas propiedades requeridas en la industria textil pues conjuntamente con el DF determinan la finura al hilado de la fibra que está asociado al rendimiento del hilado. Sin embargo, manifiestan que no resultaría ser adecuado para las exigencias de la industria textil porque esto es atribuible a factores ambientales a través del año, así bajo condiciones severas de desnutrición o enfermedad, puede producirse un adelgazamiento de la fibra hasta el punto de romperse. Es conveniente un valor menor a 24%, pues a partir de este valor, la finura al hilado disminuye un μm por cada 5% de disminución.

Dentro de una mecha el diámetro de fibra puede tener un coeficiente de variación tan bajo como 14% en la lana. Muchas características del procesamiento y propiedades de los tejidos dependen primariamente del diámetro promedio de fibra, pero también son afectados por la dispersión del diámetro. Esta última variación es atribuible a factores ambientales a través del año. Así bajo condiciones severas de desnutrición o enfermedad, puede producirse un adelgazamiento de la fibra hasta el punto de romperse (Quispe, 2016).

c) **Factor de confort (FC)**

El factor de confort (FC) o factor de comodidad se define como el porcentaje de fibras menores a 30 μm (Frank *et al.*, 2006). La industria textil de fibras, prefiere vellones con un factor de confort igual o mayor a 95% (Montes *et al.*, 2008), esto se debe a que la sensación de confort que ejercen los tejidos sobre la piel está determinada por el grosor de la fibra. La confortabilidad disminuye conforme la edad del animal aumenta (Ormachea *et al.*, 2015).

El factor de confort no es un carácter técnico de la fibra, sino que más bien está relacionado con la percepción y la comodidad que produce en la piel de los usuarios, de prendas fabricadas con fibra de alpaca (Arango, 2016). El confort está influenciado por un rango de factores psicológicos, fisiológicos y físicos entre el humano y el ambiente externo (Stoffberg *et al.*, 2015).

Contrariamente, el porcentaje de fibras mayores a 30 micrones se conoce como el factor de picazón (Quispe *et al.*, 2013). Esto implica que, si los extremos de las fibras que sobresalen de la superficie de los hilos fueran delgados, estas serían más flexibles y menos probable que provoquen picazón en la piel. No obstante, este punto de corte puede ser discutido, porque hay diversos factores que lo pueden alterar y más bien fluctuaría entre las 26-35 μm (Frank *et al.*, 2008). Las fibras objetables causan sensación de picazón, cuando están en contacto con la epidermis (Hick *et al.*, 2014). Por tanto, la industria textil de prendas prefiere vellones con un factor de confort igual o mayor a 95%, es decir, con un factor de picazón igual o menor a 5%. Estos dos parámetros valoran los intercambios de sensaciones entre el cuerpo humano y la prenda de fibra ante las respuestas fisiológicas y sensoriales de las personas (Sacchero, 2008).

La picazón es percibida por el efecto mecánico que producen las puntas de las fibras que sobresalen del tejido, las células nerviosas de la piel del usuario que llevan la información al cerebro y se reconoce como una sensación no placentera. Si las fibras gruesas tienen puntas rígidas la picazón es más que las fibras finas, que son menos rígidas y que se doblan con mayor facilidad al contacto con la piel (Naylor, 2017). En consecuencia, la sensación de picazón de la fibra aumenta a medida que disminuye el porcentaje de confort de la fibra de alpaca (Frank *et al.*, 2011; Lupton *et al.*, 2006).

d) **Finura al hilado**

La finura al hilado (FH) está expresada en micrones (μm), es una estimación del rendimiento de la muestra cuando es hilada y convertida en hilo. Su estimación proviene de la combinación de la media del diámetro de fibra y el coeficiente de variación. Está dada por una ecuación práctica llamándose a dicho valor finura al hilado y es una característica fuertemente heredable. La ecuación se normaliza bajo un coeficiente de variación del 24% en la cual la finura al hilado es lo mismo que la media del diámetro de fibra previa al procesamiento (Lupton *et al.*, 2006). Por ejemplo, mechas con un DF de $22 \mu\text{m}$ y CV de 24% = finura al hilado será $22 \mu\text{m}$, si con la misma finura $22 \mu\text{m}$ y CV de 19% = finura al hilado será $21 \mu\text{m}$ y por último un DF de $22 \mu\text{m}$ y un CV de 29% = finura de hilado se $23 \mu\text{m}$ (Holt, 2007).

La finura al hilado es un estimador del rendimiento de la muestra cuando es hilado y convertido en hilo, donde dos tops con diferentes DF y CV pueden producir hilados de la misma uniformidad, la cual provee una estimación del rendimiento de la muestra cuando es hilada y convertida en hilo, su estimación proviene de la combinación de la media del diámetro de fibra y el coeficiente de variación y mide la procesabilidad de la fibra (Sanchez & Brey, 2018).

e) **Índice de curvatura de la fibra (IC)**

El índice de curvatura (IC) de la fibra es una característica textil adicional que puede ser utilizado para describir la propiedad espacial de una masa de fibras. Esta propiedad, que es común a todas las fibras textiles, es de interés para los fabricantes de alfombras y prendas de vestir. Los fabricantes de fibras sintéticas introducen rizos a sus fibras y filamentos a fin de mejorar la densidad de sus productos textiles. Prácticamente es el rizado de la lana, expresado como curvatura de fibras, se puede medir utilizando los equipos (Quispe *et al.*, 2013).

La importancia del rizado de la fibra siempre ha abierto debate en la industria textil de la lana, estimándose en unos casos que lanas con bajo rizado son mejores que lanas con alto rizado y en otros que esta característica está asociada con la uniformidad en la finura y por lo tanto la presencia abundante de rizos es señal de buena calidad, lo que parece ocurrir en alpacas de la raza Huacaya (Bustinza, 2001a).

La curvatura del rizo está relacionada con la frecuencia del número de rizos, cuando la curvatura es menor a 20 grad/mm se describe como curvatura baja, si la curvatura se encuentra en un rango de 40 – 50 grad/mm se le considera una curvatura media y cuando sobrepasa los 50grad/mm es considerada como una curvatura alta (Holt, 2006).

f) Desviación estándar del diámetro promedio de la fibra (DS)

La desviación estándar (DS) es una medida de dispersión usada en estadística, que nos dice cuánto tienden a alejarse los valores concretos del promedio en una distribución de datos. De hecho, específicamente, la desviación estándar es el “promedio de la distancia de cada punto respecto del promedio”. Se suele representar por una S o con la letra sigma (Martinez-Gonzales, 2009).

Es una medida de dispersión que nos dice cuánto tienden a alejarse los valores concretos del promedio en una distribución de datos. La desviación estándar es un promedio de las desviaciones individuales de cada observación con respecto a la media de una distribución (Sánchez, 2012). Gutiérrez *et al.* (2009) reportan que la media del carácter desviación estándar del diámetro promedio de la fibra fue de 4,25 μ m.

1.1.5. Caracteres heredables

Gran parte de las características heredables son cualitativas con una expresión claramente identificable en clases discretas, en las que se puede clasificar a los individuos de una población o especie; sin embargo, la mayoría de caracteres que encontramos en la naturaleza presentan una variación continua, algunos atributos en apariencia discretas pueden mostrar un variación gradual y se denominan caracteres cuantitativos, métricos y continuos con infinitas posibilidades de expresión *a priori* (Caballero, 2017).

La genética cuantitativa se centra fundamentalmente en el análisis de la variación continua y sus aplicaciones al estudio de la evolución, su imbricación con la genética de poblaciones es total ya que el análisis de caracteres cuantitativos siempre se lleva a cabo en el contexto de una población, entendiendo como un conjunto de individuos que constituyen una unidad reproductiva unidos por una relación espacial, temporal y comparten un acervo genético (genes de los que son portadores), estudia la

variabilidad heredable en general cualitativa, cuantitativa y las fuerzas de cambio de las frecuencias génicas que actúan sobre ella (Caballero, 2017).

El genoma de los individuos está constituido por una gran variedad de elementos, siendo a veces discutible el concepto tradicional de gen como unidad funcional localizada en una posición única del genoma y en términos prácticos se usa el término de locus para referirse a un elemento genómico localizado en una posición fija del genoma y puede tener o no repercusión en el fenotipo del individuo y que puede poseer distintas variantes denominadas alelos (Caballero, 2017).

Para un carácter cuantitativo los efectos de los genes de los que es portador un individuo pueden de forma simplificada sumarse para constituir el valor genotípico del individuo, por eso se denomina que existe acción genética aditiva o aditividad, pero las relaciones entre alelos intralocus pueden ser más complejas (Pierce, 2011).

La prevalencia del efecto de un alelo sobre otro en un locus dado constituye el concepto de dominancia, análogo al aplicado para caracteres cuantitativos (el alelo dominante es el que prevalece sobre el recesivo). Asimismo, la carencia de aditividad entre los efectos de distintos loci se denomina epistasia o interacción epistática (Pierce, 2011).

1.1.5.1. Estimación de los parámetros genéticos

La estimación de los parámetros genéticos es útil para caracterizar una determinada población, están relacionados a los genotipos que determinan diferentes características sean cualitativas o cuantitativas, siendo el más importante la heredabilidad, estos parámetros son importantes y necesarios dentro de los programas de mejora genética, pues mediante ellos se determinan los valores genéticos de los animales, se construyen los índices de selección, se estiman los progresos genéticos y se elige la estrategia de mejora a utilizar (Gutiérrez, 2008; Pierce, 2011).

Para estimar los parámetros genéticos se parte la varianza fenotípica en sus componentes como la variancia aditiva, variancia ambiental (temporal, permanente o ambos) y las covarianzas aditivas y ambientales (Caballero, 2017; A. Cruz *et al.*, 2015; Pierce, 2011).

Para emplear el modelo animal en conjunto con el método de máxima verosimilitud restringida (REML) se debe contar con amplia información de genealogía y fenotípica (Thompson, 2008).

La estimación de los parámetros genéticos se basa en la estimación de covarianzas aditivas entre los parientes (Caballero, 2017). Si se cuenta con información fenotípica de los padres y de sus crías se utilizará la regresión lineal progenie-padre(s); si la información fenotípica de hermanos es disponible se empleará un análisis de variancia para obtener la correlación intraclase entre hermanos enteros o medios hermanos; si se cuenta con amplia información genealógica y fenotípica se podrá emplear el modelo animal en conjunto con el método de máxima verosimilitud restringida (REML) para estimar los componentes de variancia (Pierce, 2011).

Según Pierce, (2011); Caballero, (2017); Quispe & Alfonso, (2018); la estimación de la heredabilidad puede hacerse por regresión lineal y correlación intraclase; ambos métodos tienen la desventaja de que se requiere ajustar los datos por efectos ambientales y no toman en cuenta el efecto de la selección. Si los factores de ajuste por efectos ambientales no han sido estimados apropiadamente o si existe apareamiento selectivo en la población, los estimadores de componentes de variancia serán sesgados (Gutiérrez, 2008).

Actualmente el uso del modelo animal y sus variantes, permiten el ajuste simultáneo de los datos por efectos ambientales y la estimación de los componentes de variancia (Mrode, 2014; Thompson *et al.*, 2005).

El modelo animal es un modelo mixto en el cual el valor aditivo de cada ejemplar es considerado como un efecto aleatorio. Así, asumiendo como un carácter poligénico con aditividad, y también asumiendo que la dominancia y la epistasia es 0, la variancia fenotípica puede ser descompuesta en variancia genética aditiva, variancia ambiental (permanente y temporal) y la variancia residual. El modelo animal permite el ajuste por efecto de la selección si la información genealógica de los animales involucrados en este proceso es incorporado en la matriz de numerador del parentesco (Gutiérrez *et al.*, 2009).

Se han desarrollado varios métodos para la estimación de los componentes de variancia mediante el uso del modelo animal, pero los más usados en la última década

son el método de máxima verosimilitud restringida (REML) y los métodos bayesianos basados en el muestreo de Gibbs. Estos han sido incorporados en diferentes programas de cómputo como el MTGSAM, MTDFREML, VCE, DMU, BLUPF90, THRGIBBSF90, WOMBAT y ASREML; MCMCglimm del software R; y un programa de simulación para el aprendizaje en mejora genética animal MiPob (Caballero, 2017).

Otra ventaja del uso del modelo animal es que se puede incluir en el modelo estadístico otros efectos aleatorios al aditivo, como el efecto genético materno, ambiente permanente directo, ambiente permanente materno, etc., nos permitirá una mejor descomposición de la varianza fenotípica, siempre y cuando se tenga la información suficiente para la estimación de sus componentes (Gutiérrez *et al.*, 2009).

Además, se posibilita el análisis estadístico simultáneo para varias características con el modelo animal multicarácter. Este modelo es utilizado para la estimación de las covarianzas genéticas y ambientales entre diferentes caracteres, lo cual nos permite la estimación de las respectivas correlaciones genéticas y, ambientales con mayor precisión (Gutiérrez *et al.*, 2009).

1.1.5.2. Heredabilidad (h^2)

La heredabilidad (h^2) o índice de herencia de un carácter es la proporción de la variancia fenotípica debida a la variancia genética aditiva del carácter a evaluar (Gutiérrez, 2008). De igual forma, es equivalente a la regresión del valor mejorante sobre el fenotipo y es el parámetro genético más importante en mejora genética (Caballero, 2017; Pierce, 2011). La definición de la heredabilidad tiene un enfoque estadístico la cual la define como la proporción de la variancia fenotípica atribuible a la variancia genética; la heredabilidad viene a determinar el grado de parecido entre parientes, es decir que cada hijo recibe una muestra de la mitad de los genes que cada padre posee, esperando que los hijos reciban la mitad de los efectos genéticos aditivos de las características de cada padre (Caballero, 2017).

Los valores de heredabilidad pueden variar de cero a uno; si es cero nada de la variación en el carácter es genético y la selección será totalmente inefectiva, si la

heredabilidad es uno, hay variación ambiental presente y el valor fenotípico es igual al valor de cría, permitiendo una selección muy efectiva; una heredabilidad mayor a 0.7 se considera muy alta para algunos caracteres. Por consiguiente, tal como indica Pierce (2011), el tamaño de la heredabilidad depende de la relación entre la variación aditiva (VA) y la variación fenotípica (VP), ya que algunos cambios en la frecuencia de genes y/o medio ambientales, probablemente estén acompañados por cambios en la heredabilidad. La función más importante de la heredabilidad en el estudio de los caracteres cuantitativos es su papel predictivo, que expresa la confiabilidad del valor fenotípico como indicador del valor genético; una clasificación general de grupos de caracteres de producción según la magnitud de los valores de heredabilidad, se resume de la siguiente manera:

- Heredabilidad baja: desde 0.05 - 0.20
- Heredabilidad media a alta: desde 0.20 - 0.45
- Heredabilidad alta: desde 0.45 - 0.60
- Heredabilidad alta a muy alta: > 0.60 (Caballero, 2017).

La heredabilidad puede expresarse en dos formas:

Heredabilidad en sentido amplio (h^2), es el porcentaje de la variabilidad fenotípica que es de origen genotípico, Algebraicamente se puede representar de la siguiente forma (Caballero, 2017; Pierce, 2011):

$$h^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_P^2}$$

Heredabilidad en sentido estrecho (h^2), es el porcentaje de la variabilidad fenotípica que es de origen genético aditivo, Algebraicamente se puede representar de la siguiente forma (Caballero, 2017; Pierce, 2011):

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2}$$

Esta variabilidad en los estimados de valores de heredabilidad depende de factores como:

- Tamaño de la población

- Frecuencias genéticas que gobiernan
- Ausencia de dominancia o epistasis, si es que se trata de genes en uno o en diferentes locus respectivamente
- Diseño experimental y
- Efectos ambientales (Caballero, 2017)

Si una característica tiene alta heredabilidad entonces los padres con buena producción tendrán hijos también con buena producción y nos permite trabajar por medio de la selección, donde las diferencias en los valores de cría tienen gran efecto sobre el desempeño productivo del animal; pero cuando existe una baja heredabilidad existe una alta influencia del medio ambiente y de los componentes genéticos no aditivos. Si la característica tiene baja heredabilidad entonces el nivel productivo de los padres revela poco el posible nivel productivo de sus hijos (Pinares *et al.*, 2018).

La heredabilidad disminuye en condiciones más variables y aumenta cuando estos son más uniformes, el valor de la heredabilidad de un carácter determinado se refiere a una población y unas condiciones ambientales concretas, y que los valores pudieran calcularse en otras poblaciones o en circunstancias que sean más o menos parecidas (Caballero, 2017); esto se debe a la epistasis que viene a ser la interacción entre genes no alélicos, la expresión de cualquier gen de la herencia depende de las interacciones e interrelaciones con otros, si unos de los genes de un par enmascara la presencia de sus alelos y evita su manifestación se dice que es dominante, de este modo un gen o genes de un par alélico pueden enmascarar la presencia y manifestaciones de los genes de otro par (Pierce, 2011).

Es necesario enfatizar que la estimación de la heredabilidad es válida solamente para la población utilizada en el cálculo, la extrapolación para otras poblaciones depende de cómo se asemejan las estructuras genéticas originales, precisión de la medición, condiciones del medio ambiente, entre otros factores (Sávio, 2005); asimismo, el valor de la heredabilidad de una característica es específico de una población determinada en un ambiente particular, las diferencias ambientales pueden afectar la heredabilidad porque la varianza fenotípica está compuesta tanto por la varianza genética como por la varianza ambiental; cuando las diferencias ambientales que afectan una característica difieren entre dos grupos, por lo general la heredabilidad

de cada uno de esos grupos también difiere, dado que la heredabilidad es específica de una población definida en un ambiente determinado, es importante no extrapolar la heredabilidad de una población a otra; la heredabilidad no provee información acerca de las causas de las diferencias entre las poblaciones; la respuesta a la selección depende de la heredabilidad en sentido restringido y del diferencial de selección (Pierce, 2011).

Por lo tanto, el valor de la heredabilidad no es aplicable a otras poblaciones (aunque sean de la misma especie) en otros ambientes, los valores de heredabilidad en dos ambientes distintos o de dos poblaciones distintas de la misma especie en un mismo ambiente pueden ser distintos; además es una medida variable: si la variabilidad genética o ambiental cambia, la heredabilidad también, las diferencias en cuanto a los valores de heredabilidad que observamos entre las distintas poblaciones de individuos de una misma especie no implican necesariamente que una población es genéticamente mejor que otra, la que es mejor en un ambiente puede no serlo en otro (Vizmanos, 2014).

1.1.5.3. Correlaciones genéticas (r_g)

Se dice que existe correlación genética entre dos caracteres, cuando el valor para el primer carácter no es estadísticamente independiente del valor del otro carácter para el mismo animal. La correlación genética es la asociación que existe entre los valores de cría o méritos genéticos de dos caracteres medidos en el mismo animal (Caballero, 2017; Pierce, 2011). La correlación genética es de gran relevancia en el proceso de selección, pues da una medida de la proporción en que los genes causan variaciones simultáneamente a dos caracteres diferentes (Ossa *et al.*, 2008).

Las causas exactas de la correlación genética son difíciles de conocer, pero se puede explicar parcialmente pensando que un mismo gen puede determinar varios caracteres, lo que es conocido como pleiotropía (Caballero, 2017) o cuando los genes están próximos en el cromosoma y se suelen heredar conjuntamente, fenómeno denominado ligamiento.

La causa genética de las correlaciones es principalmente la pleiotropía propiedad de un gen merced a la cual afecta a dos o más características, de manera que si un gen se segrega causa una variación simultánea en los caracteres que afecta. Pero la

correlación que resulta por pleiotropía o es el efecto total o neto de todos los genes segregantes que afectan ambos caracteres. Algunos pueden incrementar los valores de ambos caracteres, mientras que otros pueden incrementar en uno y disminuir en otro, aunque el ligamiento es también una causa transitoria de correlación particularmente en poblaciones derivadas de cruza entre estirpes divergentes, aunque con el tiempo la correlación causada por el ligamiento tiende a desaparecer a medida que el entrecruzamiento va separando los genes que estaban originalmente en el mismo bloque en el cromosoma (Caballero, 2017; Pierce, 2011).

El rango de valores posibles de la correlación es de -1 a 1 (Caballero, 2017), mientras más cercanas a -1 o 1 mayor es el grado de asociación entre las variables, en cambio próximos a cero expresan que no hay asociación o que es muy débil, cuando dos características tienen una correlación negativa esto indica que si uno de los caracteres aumenta el otro disminuye, una correlación positiva indica que los dos caracteres tienden a aumentar en la misma proporción (Caballero, 2017; Pierce, 2011; Vizmanos, 2014). Se consideran las correlaciones negativas y positivas, el nivel de asociación es de la siguiente manera; 0 – 0.3 bajo; 0.3 – 0.5 medianamente baja; 0.5 – 0.7 medianamente alta; y de 0.7 – 1.0 altamente significativa, este método es propuesto por (Caballero, 2017).

Si la correlación genética es considerablemente alta, al mejorar un carácter mejorará el otro o empeorará, dependiendo del signo de la correlación. En términos genéticos, un gen tiene efectos pleiotrópicos y, aunque su efecto pueda concentrarse primariamente sobre un carácter determinado, no podemos excluir que los tenga sobre un segundo carácter o conjunto de ellos. Si la correlación genética aumenta, lo hará también la respuesta del carácter correlacionado (Caballero, 2017).

1.1.5.4. Correlaciones fenotípicas (r_p)

La correlación fenotípica mide el grado de asociación entre dos características medidas en un animal (Pierce, 2011). La correlación fenotípica, es el grado de correlación que existe entre dos caracteres que pueden ser observadas directamente. Este índice es útil para escoger aquellos caracteres que deben ser usados en un programa de mejoramiento genético. Biológicamente, se define como el resultado de la contribución de elementos comunes del medio ambiente y del genotipo de dos características en estudio. En otras palabras, viene a ser la suma de las correlaciones

genéticas y ambientales, indica además que las correlaciones pueden ser positivas o negativas. El primer caso es, cuando la variación va dirigida en el mismo sentido y en el segundo, varían en sentido opuesto (Caballero, 2017).

La causa de la correlación fenotípica observada entre dos caracteres no necesariamente es genética, lo cual quiere decir que, aunque haya una correlación fenotípica positiva entre 1 y 2 (características), la selección por uno no resultará necesariamente una ganancia genética por dos, así como una correlación fenotípica cero, no implica total independencia genética entre 1 y 2 (Caballero, 2017).

La asociación entre dos caracteres que puede ser observada directamente es la correlación de los valores fenotípicos, o correlación fenotípica. Esta se estima usando las mediciones de los caracteres hechos en varios individuos de la población (Pierce, 2011).

En términos estadísticos, la correlación es la medición del grado de interrelación que existe entre dos o más variables. La correlación mide el grado de asociación que existe entre ellas, presuponiendo que la causa de interrelación es común en ambas (Ibañez, 2009).

Martinez-Gonzales, (2009) indica que la finalidad de la correlación es examinar la dirección y a magnitud de la asociación entre dos variables cuantitativas; el coeficiente de correlación de Pearson (r) es el más utilizado, el coeficiente r es una medida abstracta que no posee unidades, es adimensional. Se cumplen las siguientes propiedades:

$r = 0$: no existe correlación.

$r > 0$ (positivo): al aumentar una de las variables también aumenta la otra. Diremos que la asociación es directa.

$r < 0$ (negativo): al aumentar una de las variables disminuye la otra. Diremos que la asociación es indirecta.

$|r| < 0.30$: asociación débil.

$0.30 \leq |r| \leq 0.70$: asociación moderada.

$|r| > 0.70$: asociación fuerte.

El rango de valores posibles de la correlación es de -1 a 1. La causa de la correlación fenotípica observada entre dos caracteres no es necesariamente genética, lo cual quiere decir que, aunque haya una correlación fenotípica total, es la correlación ambiental entre 1 y 2, que es la correlación entre los desvíos ambientales más las fuentes genéticas no aditivas, dominancia, interacción y ambiental (Caballero, 2017).

Los coeficientes de correlación, se resumen de la siguiente manera:

- De $r_p = 0.2$ a $r = 0.3$ Coeficiente muy bajo
- De $r_p = 0.4$ a $r = 0.5$ Coeficiente bajo
- De $r_p = 0.6$ a $r = 0.7$ Coeficiente alto
- De $r_p = 0.8$ a $r = 1.0$ Coeficiente muy alto (Martinez-Gonzales, 2009).

1.2. Antecedentes

1.2.1. Heredabilidad (h^2)

Las estimaciones de heredabilidad para el diámetro promedio de la fibra son variables (0.19 a 0.73), sin embargo, en muchos casos se han estimado sin realizar un buen ajuste por los factores fijos que afectan la producción de fibra. Estudios con una buena rigurosidad científica, reportan valores de 0.67 ± 0.30 para el DF en Australia (Ponzoni, 2000), Nueva Zelanda de 0.73 ± 0.19 (Wuliji *et al.*, 2000), en Perú 0.41 ± 0.015 (Gutiérrez *et al.*, 2009), de 0.32 (Renieri *et al.*, 2007) de 0.48 ± 0.06 por More *et al.* (2017) y una heredabilidad para el diámetro individual de la fibra de 0.28 ± 0.14 a 0.36 ± 0.15 (Pinares *et al.*, 2018).

En un estudio realizado en el fundo Pacamarca, Gutiérrez *et al.* (2009) estimaron heredabilidades para caracteres asociados a la uniformidad del diámetro de la fibra, para alpacas de ambas razas, utilizando un modelo que incluyó la varianza ambiental permanente, cuyos resultados fueron: 0.412 ± 0.015 para el diámetro promedio de la fibra, 0.321 ± 0.013 para el coeficiente de variabilidad del diámetro de fibra. Cervantes *et al.* (2010) en un estudio realizado también en el Fundo Pacamarca, estimaron las siguientes heredabilidades para alpacas de la raza Suri: 0.699 ± 0.018 para el diámetro promedio de la fibra, 0.684 ± 0.019 para la desviación estándar, 0.565 ± 0.021 para el factor de confort y 0.605 ± 0.026 para el coeficiente de

variabilidad; mientras que para alpacas de la raza Huacaya los estimados de las heredabilidades fueron: 0.369 ± 0.012 para el diámetro promedio de la fibra, 0.417 ± 0.013 para la desviación estándar, 0.255 ± 0.011 para el factor de confort y 0.380 ± 0.011 para el coeficiente de variabilidad. Pérez-Cabal *et al.* (2010) en un estudio realizado en el fundo Pacamarca reportaron que existe un gen mayor que afecta sobre los caracteres de la fibra de las alpacas. Cruz *et al.* (2015) estimaron la heredabilidad para caracteres asociados a la uniformidad del diámetro de la fibra de alpacas de la raza Suri, en un modelo multicarácter, cuyos resultados fueron: 0.50 ± 0.02 para el diámetro promedio de la fibra, 0.50 ± 0.02 para la desviación estándar, 0.37 ± 0.02 para el factor de confort y 0.26 ± 0.01 para el coeficiente de variabilidad; mientras que para las alpacas de la raza Huacaya, los resultados fueron: 0.32 ± 0.01 para el diámetro promedio de la fibra, 0.40 ± 0.01 para la desviación estándar, 0.22 ± 0.01 para el factor de confort y 0.23 ± 0.01 para el coeficiente de variabilidad. Aguilar, (2019) en un estudio realizado en el fundo Mallkini en alpacas Huacaya de color blanco a la primera esquila estimó la heredabilidad para el promedio del diámetro de fibra de la región del costillar medio de 0.38 y la heredabilidad de la desviación estándar del promedio del diámetro de fibra de la región del costillar medio el cual fue de 0.31. Cruz *et al.* (2015) en un estudio realizado en el fundo Pacamarca estimaron la heredabilidad del promedio del diámetro de fibra en alpacas Huacaya utilizando tres metodologías los cuales fueron: 0.263 con un modelo de repetibilidad; 0.662 utilizando un modelo de caracteres múltiples en alpacas de un año de edad; 0.561 al utilizar el modelo de regresión aleatoria en alpacas de un año de edad.

Para alpacas de la raza Huacaya, las estimaciones obtenidas de las heredabilidades para el diámetro promedio de fibra en las investigaciones realizadas por Ponzoni (2000) reportan 0.67 (0.30); Wuliji *et al.* (2000) reportan 0.73 (0.19); León-Velarde & Guerrero (2000) reportan 0.18 (0.32); Raunelli & Coronado (2006) reportan 0.53 (NI); Renieri *et al.* (2007) reportan 0.32; Ayala & Chávez (2006) reportan 0.55 (0.42); Renieri *et al.* (2009) reporta 0.32 (NI) y Frank *et al.* (2006) en su revisión reportan un amplio rango de 0,18 a 0,73 y Gutierrez *et al.* (2009) reporta 0.41 y 0.34; More *et al.* (2017) reportan 0.48; Pérez-Cabal *et al.* (2010) reportan 0.24; Cruz, (2011) reporta 0.53.

Las estimaciones obtenidas de las heredabilidades para coeficiente de variación del diámetro promedio de fibra en alpacas Huacaya a primera esquila son muy escasas.

Ponzoni, (2000) reportan 0.90 (0.30); Gutierrez *et al.* (2009) reportan 0.37 y 0.23, Pérez-Cabal *et al.* (2010) reportan 0.09, Renieri *et al.* (2009) reporta 0.46; Cruz, (2011) reporta 0.10; Cervantes *et al.* (2010) reportan 0.38; Pérez-Cabal *et al.* (2010) reportan 0.25.

La estimación obtenida de la heredabilidad para factor de confort en alpacas Huacaya a primera esquila son muy escasas. Gutierrez, (2013) reportan 0.25; Pérez-Cabal *et al.* (2010) reportan 0.14; Cervantes *et al.* (2010) reportan 0.26; Pérez-Cabal *et al.* (2010) reportan 0.23.

La estimación obtenida de la heredabilidad para finura al hilado en alpacas Huacaya a primera esquila es muy escasa. Gutierrez, (2013) reporta 0.25; Pérez-Cabal *et al.* (2010) reportan 0.14; Cervantes *et al.* (2010) reporta 0.26; Pérez-Cabal *et al.* (2010) reportan 0.23.

La estimación obtenida de la heredabilidad para el índice de curvatura en alpacas Huacaya a primera esquila son muy escasas. Gutierrez, (2013) reporta 0.25; Pérez-Cabal *et al.* (2010) reportan 0.14; ; Cervantes *et al.* (2010) reportan 0.26; Pérez-Cabal *et al.* (2010) reportan 0.23.

Las estimaciones obtenidas de heredabilidades para la desviación estándar en alpacas Huacaya a primera esquila son muy escasas. Ponzoni (2000) reporta 0.66 (0.32); Gutierrez *et al.* (2009) reportan 0,46 y 0.39; More *et al.* (2017) reportan 0.27, Pérez-Cabal *et al.* (2010) reportan 0.21, Cruz, (2011) reporta 0.03, Cervantes *et al.* (2010) reportan 0.42; Pérez-Cabal *et al.* (2010) reportan 0.38.

Los mayores valores correspondieron a los reportados en Australia por Ponzoni (2000); Nueva Zelanda (Wuliji *et al.*, 2000); Arequipa-Perú Pacheco & Mamani, (2008); La Libertad, Perú Cruz, (2011) y Puno- Perú (Gutierrez *et al.*, 2009; More *et al.*,2017).

En la mayoría de los casos en que se reportan los errores estándar éstos son demasiado altos, con excepción del reporte de heredabilidad para diámetro promedio de fibra realizado por Cervantes *et al.* (2010), More *et al.* (2017). Cabe destacar el empleo del modelo animal multicarácter para estimaciones realizadas en poblaciones de alpacas en el Perú (Cervantes *et al.*, 2010; Cruz, 2011; Gutierrez *et al.*, 2009; More

et al., 2017; Pacheco & Mamani, 2008; Pérez-Cabal *et al.*, 2010; Raunelli & Coronado, 2006).

1.2.2. Correlaciones genéticas (r_g)

En un estudio realizado en el fundo Pacamarca alpacas, Gutierrez *et al.* (2009) estimaron la correlación genética entre el promedio del diámetro de fibra y el coeficiente de variabilidad con el valor de 0.032 ± 0.034 , ellos utilizaron un modelo que incluyó la varianza ambiental permanente, y además incluyeron a ambas razas de alpacas dentro del estudio considerándolas como efectos fijos. Cervantes *et al.* (2010) reportan las siguientes correlaciones genéticas para alpacas Huacaya: 0.719 ± 0.010 entre diámetro de fibra y desviación estándar, -0.968 ± 0.003 entre diámetro de fibra y factor de confort, 0.094 ± 0.026 entre diámetro de fibra y coeficiente de variabilidad, -0.790 ± 0.011 entre desviación estándar y factor de confort, 0.751 ± 0.011 entre desviación estándar y coeficiente de variabilidad y -0.219 ± 0.027 entre factor de confort y coeficiente de variabilidad; asimismo reporta las siguientes correlaciones genéticas para alpacas Suri: 0.750 ± 0.022 entre diámetro de fibra y desviación estándar, -0.975 ± 0.005 entre diámetro de fibra y factor de confort, 0.087 ± 0.049 entre diámetro de fibra y coeficiente de variabilidad, -0.759 ± 0.025 entre desviación estándar y factor de confort, 0.719 ± 0.025 entre desviación estándar y coeficiente de variabilidad, y -0.138 ± 0.052 entre factor de confort y coeficiente de variabilidad.

Cruz *et al.* (2015) en un estudio realizado en el Fundo Pacamarca, para alpacas de la raza Suri reportan las siguientes correlaciones genéticas, en un modelo multicarácter: 0.78 ± 0.04 entre diámetro de fibra y desviación estándar, -0.98 ± 0.01 entre diámetro de fibra y factor de confort, 0.27 ± 0.06 entre diámetro de fibra y coeficiente de variabilidad, -0.80 ± 0.03 entre desviación estándar y factor de confort, 0.81 ± 0.02 entre desviación estándar y coeficiente de variabilidad, y 0.34 ± 0.05 entre factor de confort y coeficiente de variabilidad.; en tanto que para alpacas de la raza Huacaya, reportan las siguientes correlaciones genéticas: 0.70 ± 0.03 entre diámetro de fibra y desviación estándar, -0.96 ± 0.02 entre diámetro de fibra y factor de confort, 0.21 ± 0.04 entre diámetro de fibra y coeficiente de variabilidad, -0.74 ± 0.02 entre desviación estándar y factor de confort, 0.845 ± 0.03 entre desviación estándar y

coeficiente de variabilidad, -0.32 ± 0.03 entre factor de confort y coeficiente de variabilidad.

Para alpacas de la raza Huacaya, la correlación genética entre el diámetro de fibra y la desviación estándar encontrado por Cervantes *et al.* (2010) fue de 0,77; por Gutierrez *et al.* (2009) 0,72 y 0,61; por Cruz, (2011) 0.96 y More *et al.* (2017) de 0.71 muestra valores altos y positivos.

Los valores de la correlación genética entre el diámetro de fibra y el coeficiente de variación encontrado por Cruz, (2011) fue de -0,83 es negativo y alto, mientras que el de Renieri *et al.* (2009) de 0.32 es media y positiva. Asimismo, Gutierrez, (2013) reporta -0.06 es negativa y baja. Asimismo, Gutierrez *et al.* (2009) que reportan 0,03 y Cervantes *et al.* (2010) que reportan una correlación positiva y baja de 0.09.

Los valores de la correlación genética entre el diámetro de fibra y el factor confort encontrados por Cervantes *et al.* (2010) de -0.97, por Gutierrez *et al.* (2009) reporta - 0.97 y -0.78 tienden a ser negativos y muy altos.

La correlación genética entre la desviación estándar y el coeficiente de variación encontrados por Cervantes *et al.* (2010) fue de 0.73, y por Gutierrez *et al.* (2009) de 0.75 y 0.61; los hallados por Cruz (2011) quien reporta -0.94. Sin embargo, la mayoría de autores reportan correlaciones genéticas altas y positivas.

La correlación genética entre la desviación estándar y el factor de confort encontrados por Cervantes *et al.* (2010) de -0.83, y por Gutierrez *et al.* (2009) de - 0.79 y -0.64; de acuerdo a los autores las correlaciones genéticas son negativas y muy altas.

La correlación genética entre el coeficiente de variación y el factor confort encontrados por Cervantes *et al.* (2010) fue de -0.24, y por Gutiérrez (2013) de -0.14; de acuerdo a los autores las correlaciones genéticas son negativas y moderadas.

1.2.3. Correlaciones fenotípicas (r_p)

Al realizar un estudio de correlación del diámetro de fibra con el factor de confort en el distrito de Corani en alpacas Huacaya de color blanco obtuvo valores de -0.4821 , lo que indica que las dos variables guardan una relación inversa (Ormachea *et al.* 2015).

En un trabajo reportado para Cerro de Pasco se observó que existe una correlación negativa para diámetro de fibra entre factor confort $r = -0.90$ (Arango, 2016). Por otra parte, se encontró una correlación diámetro de fibra con factor confort $r = -0.844$ reportado por Quispe *et al.* (2009).

Al realizar un estudio de correlación del diámetro de fibra y la finura al hilado de la fibra, con 120 alpacas Huacaya en el distrito de Ayaviri, provincia de Melgar, Puno, obtuvo una relación positiva de intensidad alta lo cual fue 0.7500 e indica que las dos variables guardan una relación directa Roque & Ormachea, (2018), del mismo modo Vásquez *et al.* (2015), reportan una correlación positiva (0.99).

Al realizar un estudio de correlación del diámetro de fibra y el índice de curvatura de la fibra, encontraron que también, al parecer, existe una fuerte relación entre el diámetro promedio de la fibra y el índice de curvatura de la fibra (0,6 - 0,8), donde fibras con alta curvatura tienen fibras con menor diámetro. El diámetro de fibra e índice de curvatura tienen una correlación de 0,72 y se puede observar que cuando el micronaje aumenta de 15 a 35 micras el índice de curvatura disminuye de 50 a 30 grados/mm (Safley, 2005).

Los coeficientes de correlación entre el índice de curvatura (expresado en grados / milímetro) y el diámetro de fibra (expresado en μm) fue de -0,64 y -0,79 para muestras de fibra de alpacas Huacaya y Suri (Holt, 2006).

Siguayro & Gutierrez (2010) reportaron la correlación entre estos caracteres, para alpacas machos es negativamente baja de -0.20 y de incidencia no significativa ($p > 0.05$), para alpacas hembras negativamente muy baja de -0.14 y de incidencia no significativa ($p > 0.05$), asimismo, la correlación para la especie (alpaca) negativamente muy baja de -0.18 y de incidencia no significativa ($p > 0.05$).

Al realizar un estudio con 240 muestras en alpacas Huacaya de color blanco obtuvo valores de -0.4978 e indica que las dos variables guardan una relación inversa (Ormachea *et al.* 2015).

En la provincia de Antabamba, región Apurímac, Ramos, (2018) en alpacas dientes de leche reporta que existe una correlación negativa muy alta entre el diámetro de fibra y el factor de confort con un valor de -0.93, es decir que hay marcada influencia de la edad (dientes de leche) en el factor de confort con presencia de una mínima

cantidad de pelos en el vellón de la alpaca joven, en alpacas de dos dientes existe una correlación negativa alta entre el diámetro de fibra y el factor de confort con un valor de -0.82, es decir que hay influencia de la edad (dos dientes), en alpacas de cuatro dientes existe una correlación negativa muy alta entre el diámetro de fibra y el factor de confort con un valor de -0.96, es decir que hay marcada influencia de la edad (cuatro dientes); además existe una correlación negativa moderada entre el diámetro de fibra y el índice de curvatura con un valor de -0.52 y finalmente en alpacas adultas (boca llena) existe una correlación negativa alta entre el diámetro de fibra y el factor de confort con un valor de -0.89, es decir que hay marcada influencia de la edad (boca llena), lo que demuestra que estos animales cuando fueron más jóvenes tenían un alto factor de confort.

La correlación del diámetro con el factor de confort fue reportada por Ormachea *et al.* (2015) al realizar un estudio en el distrito de Corani en alpacas Huacaya de color blanco obtuvo valores de -0.4821 e indica que las dos variables guardan una relación inversa. Por su lado Diaz, (2014) menciona que en alpacas Huacaya existe una correlación negativa y moderada del diámetro de fibra entre el índice de curvatura ($r = -0.68133$), de igual manera existe una asociación negativa y alta entre el diámetro de fibra y factor de confort ($r = -0.85871$), y en alpacas Suri existe una correlación negativa y alta entre diámetro de fibra y factor de confort ($r = -0.88895$).

La relación entre el diámetro promedio de la fibra y el índice de curvatura fue negativa (-0.46) y moderada (Vásquez *et al.*, 2015), relativamente similar a los resultados de McGregor, (2006) quien reportó una relación negativa (-0.16) en el sur de Australia. Asimismo, Lupton *et al.* (2006) informaron de una relación negativa alta (-0.86) en EEUU, y Safley, (2005) de -0.72, donde fibras con alta curvatura tenían menor diámetro.

Vásquez *et al.* (2015) reportaron una relación negativa y alta encontrada entre el diámetro promedio de la fibra y el índice de curvatura (-0.75) estuvo muy cercana a lo reportado por Cervantes *et al.* (2010) de -0.968, y concuerda con resultados de otros reportes (Lupton *et al.*, 2006; Ponzoni, 2000); y la relación entre CV y el IC (-0.16) fue negativa y muy baja, próxima al valor de -0.08 reportado por McGregor (2006) en el sur de Australia.



Holt, (2006) reportó coeficientes de correlación entre el índice de curvatura y el diámetro de fibra de -0.64 y -0.79 para muestras de fibra de alpacas Huacaya y Suri. Siguayro & Gutierrez (2010) reportaron la correlación entre estos caracteres, para alpacas machos negativamente baja de -0.20 y, para alpacas hembras negativamente muy baja de -0.14 . Marín *et al.* (2007) al correlacionar estos caracteres en alpacas Huacaya de un año de edad, reportó valores los cuales oscilan entre -0.35 y -0.70 .

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema

En la actualidad, el mayor problema para el productor alpaquero es el bajo precio de la fibra que no alcanza las expectativas del poblador alto andino dedicado a la crianza de esta especie, precios bajos debido a la mala calidad de la fibra en sus diferentes características tecnológicas asociadas a la uniformidad del vellón, por la falta de tecnología para el trabajo de mejoramiento de las diferentes características como el diámetro promedio de fibra, coeficiente de variación del diámetro promedio de fibra, factor de confort, finura al hilado y el índice de curvatura, características que la industria y actualmente la artesanía requieren para elaborar las prendas de vestir.

En la Región de Puno y en el País aún no se cuenta con estimaciones de las heredabilidades, correlaciones genéticas y correlaciones fenotípicas de características de la fibra de alpacas de la raza Suri de un año de edad, información que se requiere urgentemente para la toma de decisiones para una futura selección artificial, específicamente en condiciones de la Zona Agroecológica de Puna Seca, a pesar de que existen algunos reportes para la Zona Agroecológica de Puna Húmeda, pero que no permiten hacer extrapolaciones para desarrollar programas de mejora genética, debido a que las características medioambientales en que se desarrollan las alpacas son distintas.

2.2. Enunciados del problema

2.2.1. Problema general

- ¿Cuáles son las heredabilidades, correlaciones genéticas y correlaciones fenotípicas de caracteres asociados a la uniformidad del diámetro de fibra en alpacas Suri a la primera esquila, tales como el diámetro promedio de fibra, coeficiente de variación del diámetro promedio de fibra, factor de confort, finura

al hilado, índice de curvatura y la desviación estándar del diámetro promedio de fibra, en el Anexo Quimsachata del INIA Puno?

2.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las correlaciones genéticas entre el diámetro promedio de fibra (DF), coeficiente de variación del diámetro promedio de fibra (CV), factor de confort (FC), finura al hilado (FH), el índice de curvatura (IC) y la desviación estándar del diámetro promedio de fibra (DS) de alpacas Suri a la primera esquila en el Anexo Quimsachata del INIA Puno?.
- ¿Cuáles son las correlaciones fenotípicas entre el diámetro promedio de fibra (DF), coeficiente de variación del diámetro promedio de fibra (CV), factor de confort (FC), finura al hilado (FH), el índice de curvatura (IC) y la desviación estándar del diámetro promedio de fibra (DS) de alpacas Suri a la primera esquila en el Anexo Quimsachata del INIA Puno?.

2.3. Justificación

Las alpacas constituyen un importante recurso genético animal para los habitantes de las regiones altoandinas, pues son fuentes generadoras de carne, pieles, trabajo y, sobre todo, de fibra de gran valor económico. Además, permiten el aprovechamiento de la tierra en zonas geográficas donde solo puede explotarse animales adaptados al medio. En la actualidad, el mayor problema para el productor alpaquero es el bajo precio de la fibra que no alcanza las expectativas del poblador alto andino dedicado a la crianza de esta especie, precios bajos debido a la mala calidad de la fibra en sus diferentes características textiles por la falta de tecnología para el trabajo de mejoramiento de los diferentes caracteres asociados a la uniformidad del diámetro de fibra en alpacas tales como el diámetro promedio de fibra, coeficiente de variación del diámetro promedio de fibra, factor de confort, finura al hilado, índice de curvatura y la desviación estándar del diámetro promedio de fibra.

En el proceso de mejoramiento genético de las características económicamente importantes relacionadas con la producción de fibra en alpacas de la raza Suri se requiere contar con la información exacta de las características que deben ser mejoradas genéticamente. Habitualmente, se recurre a los registros de producción (registros de pesos corporales, peso de vellón a la primera esquila, etc.). Sin embargo, en estos registros se expresan no solamente

el efecto del genotipo o valor genético del animal, sino también el efecto de algunos factores no genéticos, denominados factores ambientales.

Los parámetros genéticos y fenotípicos son importantes y necesarios dentro de los programas de mejora genética, pues mediante ellos se determinan los valores genéticos de los animales, se construyen los índices de selección, se estiman los progresos genéticos y se elige la estrategia de mejora a utilizar (Mamani, 1995). La utilidad de los resultados del presente trabajo de investigación se verá reflejada en métodos más depurados de mejoramiento genético para seleccionar a los reproductores de mejor valor genético, pues cualquier intervención en mejorar la productividad y mejorar la calidad de la fibra en sus diferentes características fenotípicas y por ende de las características textiles y/o artesanales tendrá un efecto beneficioso en mejorar el precio y el bienestar del criador alto andino.

Actualmente, aún no existe información para poblaciones de alpacas de la raza Suri de la Zona Agroecológica Puna Seca, por lo que este trabajo de investigación pretende contribuir en la generación de conocimientos al estimar las heredabilidades, correlaciones genéticas y fenotípicas de caracteres asociados a la uniformidad del diámetro de fibra en alpacas Suri a la primera esquila en el Anexo Quimsachata del INIA Puno, importantes para la toma de decisiones en el manejo alpaquero.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

- Estimar las heredabilidades, correlaciones genéticas y fenotípicas para caracteres asociados a la uniformidad del diámetro de fibra de alpacas Suri a la primera esquila, en el Anexo Quimsachata del INIA Puno.

2.4.2. Objetivos específicos

- Estimar las correlaciones genéticas entre el diámetro promedio de fibra (DF), coeficiente de variación del diámetro promedio de fibra (CV), factor de confort (FC), finura al hilado (FH), el índice de curvatura (IC) y la desviación estándar del diámetro promedio de fibra (DS) de alpacas Suri a la primera esquila en el Anexo Quimsachata del INIA Puno.

- Estimar las correlaciones fenotípicas entre el diámetro promedio de fibra (DF), coeficiente de variación del diámetro promedio de fibra (CV), factor de confort (FC), finura al hilado (FH), el índice de curvatura (IC) y la desviación estándar del diámetro promedio de fibra (DS) de alpacas Suri a la primera esquila en el Anexo Quimsachata del INIA Puno.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

- Las heredabilidades, correlaciones genéticas y fenotípicas para caracteres asociados a la uniformidad del diámetro de fibra de alpacas Suri a la primera esquila, en el Anexo Quimsachata del INIA Puno son diferentes de cero.

2.5.2. Hipótesis específicas

- Las heredabilidades para el diámetro promedio de fibra (DF), coeficiente de variación del diámetro promedio de fibra (CV), factor de confort (FC), finura al hilado (FH), el índice de curvatura (IC) y la desviación estándar del diámetro promedio de fibra (DS) de alpacas Suri a la primera esquila en el Anexo Quimsachata del INIA Puno son diferentes de cero.
- Las correlaciones genéticas entre el diámetro promedio de fibra (DF), coeficiente de variación del diámetro promedio de fibra (CV), factor de confort (FC), finura al hilado (FH), el índice de curvatura (IC) y la desviación estándar del diámetro promedio de fibra (DS) de alpacas Suri a la primera esquila en el Anexo Quimsachata del INIA Puno son diferentes de cero.
- Las correlaciones fenotípicas entre el diámetro promedio de fibra (DF), coeficiente de variación del diámetro promedio de fibra (CV), factor de confort (FC), finura al hilado (FH), el índice de curvatura (IC) y la desviación estándar del diámetro promedio de fibra (DS) de alpacas Suri a la primera esquila en el Anexo Quimsachata del INIA Puno son diferentes de cero.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

El estudio se realizó en el Anexo Quimsachata del Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA – Puno, que se encuentra ubicado entre los distritos de Santa Lucía y Cabanillas de las provincias de Lampa y San Román de la región Puno, en las siguientes coordenadas: Latitud Sur: 15° 44' 00''; Longitud Oeste: 70° 41'00'' y Altitud: 4 200 msnm. La temperatura media anual es de 7°C (fluctúa entre 3°C y 15°C), con una humedad relativa de 40% y con una precipitación pluvial anual que varía entre 400 y 688.33, abarca una extensión total de 6,281.5 has (INIA-Illpa, 2008).

3.2. Población

Para el presente estudio se utilizó toda la población de alpacas de la raza Suri, del Banco de Germoplasma del Anexo Quimsachata, Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA – Puno. Se usaron 402 alpacas Suri de primera esquila, nacidos en los años 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017. Durante la sistematización hubo un porcentaje de depuración por duplicidad en el aretaje, inconsistencia en las fechas de empadre y parto, descartándose datos en el registro del archivo realizado, de los cuales, finalmente quedó un porcentaje alto, y totalmente aptos para el trabajo de investigación.

Tabla 1

Distribución del número de alpacas Suri según año de producción, en el Anexo Quimsachata del INIA Puno

Año de nacimiento	2013	2014	2015	2016	2017	Total
Machos	71	56	23	20	21	191
Hembras	64	59	42	19	27	211
Total	135	115	65	39	48	402

Fuente: Elaboración propia

3.2.1. Manejo y alimentación

El manejo de las alpacas en el Anexo Quimsachata, INIA – Illpa, se realiza de acuerdo al calendario alpaquero establecido para la zona, bajo la dirección de profesionales especializados, quienes no solo contribuyen en la mejora de la producción y productividad de alpacas y llamas de dicho Centro, sino que también realizan trabajos de investigación a fin de proponer nuevas alternativas tecnológicas para la producción de camélidos sudamericanos domésticos.

El sistema de alimentación, es totalmente extensivo en praderas nativas. La composición florística y cobertura de pastos en la época de lluvias es buena, observándose especies anuales y perennes tales como *Muhlenbergia peruviana* (llapa pasto), *Hipochaeris stenocephala* (pilli), *Eleocharis albibracteata* (k'emillo), *Distichia muscoides* (kunkuna), *Trifolium amabili* (layo), *Festuca dolichophylla* (chilligua), *Alchemilla pinnata* (sillu sillu), *Calamagrostis rigecens* (callo callo), *Stipa ichu* (ichu), *Calamagrostis vicunarum* (crespillo), *Alchemilla diplophylla* (libro libro), *Stipa brachiphylla*, *Parastrephia sp.*, *Astragalus garbancillus* (garbancillo), *Baccharis sp.* (tola), *Festuca orthophylla* (iru ichu), *Margiricarpus pinnatus* (kanlli), *Muhlenbergia fastigiata* (chiji), entre otros (Miranda, 1990).

3.3. Muestra

El Anexo Quimsachata, Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA – Puno es actualmente considerado un Banco de Germoplasma de Camélidos Sudamericanos Domésticos, cuyo objetivo primordial es la conservación de estas especies y considerando

que la soportabilidad de sus sitios de pastoreo no les permite incrementar su población, para el presente estudio se utilizó toda la población de alpacas de la raza Suri.

3.4. Método de investigación

El método de investigación es descriptiva y explicativa en función a los resultados obtenidos.

3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

3.5.1. Registros

En esta investigación fue necesaria la utilización de registros reproductivos de la población de alpacas Suri del Anexo Quimsachata, INIA – Illpa, de todos los años; los registros utilizados fueron:

3.5.1.1. Registro de empadre controlado

De esta ficha se obtuvieron datos de los padres de cada alpaca, los cuales son la identificación, raza, color y fecha de empadre.

3.5.1.2. Registro de parición

En la ficha de parición se obtuvieron datos de la madre y datos de la cría que son: identificación de la madre, raza de la madre, color de la madre. También se obtuvo datos de la cría nacida, tales como raza, color, sexo y fecha de nacimiento.

3.5.1.3. Creación del registro genealógico

Con la utilización de los registros de empadre controlado y registro de parición descritos, se generó el registro único de genealogía de alpacas Suri blancas del Anexo Quimsachata, INIA – Illpa. Los campos que se han creado para este registro fueron el arete del padre, de la madre, sexo de la cría y arete de la cría.

3.5.2. Fase de análisis de datos

- Para el análisis de datos se utilizaron el registro de genealogía y de producción reportado por el laboratorio de Fibras del Anexo Quimsachata del Instituto Nacional

de Innovación Agraria – INIA – Puno. Se eliminó todo código repetido, para luego integrar los archivos de producción y genealogía según el código del animal.

- Las seis características analizadas en la zona de muestreo (costillar medio) asociadas a la uniformidad del vellón fueron: el diámetro promedio de la fibra (DF), coeficiente de variación del promedio de diámetro de fibra (CV), factor de confort (FC), finura al hilado (FH), índice de curvatura (IC) y la desviación típica del diámetro de fibra (DS), de los vellones de alpacas tuis Suri a primera esquila.

- Los parámetros genéticos estimados fueron índices de herencia y correlaciones

genéticas, utilizando el método de máxima verosimilitud restringida, REML (Thompson, 2008), aplicando procedimientos del modelo mixto. El software VCE versión 6.0.2 fue utilizado para la estimación de los componentes de variancia y covariancia, índices de herencia y correlaciones genéticas de las características en estudio (Neumaier & Groeneveld, 1998).

- La estimación de componentes de variancia mediante el método de máxima verosimilitud restringida, REML, requirió de procedimientos que permitieron encontrar el punto óptimo de una función conforme a la cantidad de datos requeridos de la derivada de dicha función (More *et al.*, 2017).

3.5.4. Estimación de los parámetros genéticos

Para la estimación de los componentes de varianza y los parámetros genéticos se utilizó el modelo animal (modelo mixto) (Caballero, 2017; Pierce, 2011; Quispe & Alfonso, 2018; Vizmanos, 2014), utilizando la base de datos de las mediciones del diámetro promedio de fibra (DF), coeficiente de variación del diámetro promedio de fibra (CV), factor de confort (FC), finura al hilado (FH), el índice de curvatura (IC) y la desviación estándar del diámetro promedio de la fibra.

3.5.5. Modelo animal

Para estimar la varianza y los componentes de co-varianza para DF (y_1), CV (y_2), FC (y_3), FH (y_4) y IC (y_5) se utilizó el siguiente modelo animal lineal multicarácter:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Z_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & Z_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & Z_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} W_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & W_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & W_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & W_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & W_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ c_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \\ e_5 \end{bmatrix}$$

Donde y_1, y_2, y_3, y_4 e y_5 son vectores de registros fenotípicos para DF, CV, FC, FH y IC, respectivamente; b_i son los vectores de efectos fijos para las características en estudio i ($= 1, 2, 3, 4$ y 5), todos incluyendo el grupo contemporáneo de alpacas: sexo : año como factor y edad del animal (EA) como covariable; u_i, c_i y e_i son los vectores de efectos genéticos animales aleatorios, efectos ambientales comunes relacionados con familias y efectos residuales, respectivamente, para la característica i ; y X_i, Z_i y W_i son el diseño de matrices para la característica i .

Las heredabilidades y las correlaciones genéticas se estimaron utilizando el programa VCE versión 6.0.2 (Neumaier & Groeneveld, 1998).

La correlación genética de cálculo usando los componente de varianza de los caracteres evaluados (Caballero, 2017), como son el DF, CV, FC, FH, IC y la DS aplicando la siguiente fórmula:

$$r_{u_x u_y} = \frac{\sigma_{u_x u_y}}{\sigma_{\mu_x} \sigma_{\mu_y}}$$

Donde:

$r_{u_x u_y}$ = Correlación genética entre dos caracteres

$\sigma_{u_x u_y}$ = Covarianza entre los caracteres

σ_{μ_x} = Desviación estándar genética del carácter x

σ_{μ_y} = Desviación estándar genética del carácter y

Para estimar las correlaciones fenotípicas se utilizó el método de correlación lineal de Pearson, cuya fórmula es la siguiente (Kaps & Lamberson, 2004):

$$p = \frac{\sigma_{xy}}{\sqrt{\sigma_x^2 \sigma_y^2}}$$



Donde:

p = Es el coeficiente de correlación

σ_x^2 = Es la varianza de x

σ_y^2 = Es la varianza de y

σ_{xy} = Es la covarianza entre x e y

Para el cálculo de los coeficientes de correlación los datos fueron procesados con el programa estadístico SAS versión 9.4 (Statistical Analysis System-SAS, 2013).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Heredabilidad (h^2) para los caracteres asociados a la uniformidad del diámetro de fibra de alpacas Suri a la primera esquila

Los valores estimados de heredabilidad (h^2) y sus respectivos errores estándar para los caracteres asociados a la uniformidad del diámetro de fibra de alpacas Suri a la primera esquila en el Anexo Quimsachata del INIA Puno se aprecian en la Tabla 2.

Tabla 2

Varianza genética, varianza fenotípica, heredabilidad y error estándar para los caracteres de alpacas Suri a la primera esquila en el Anexo Quimsachata del INIA Puno.

Variable	Varianza genética	Varianza residual	Varianza fenotípica	Heredabilidad	Error estándar
DF	5.6816	2.4875	8.1691	0.69	0.02
CV	7.4694	8.0346	15.5039	0.48	0.04
FC	22.8272	15.7607	38.5879	0.59	0.03
FH	6.4979	2.9408	9.4387	0.68	0.02
IC	4.5661	26.6368	31.2029	0.15	0.03
DS	0.7691	0.4932	1.2623	0.61	0.02

4.1.1 Heredabilidad (h^2) del diámetro promedio de la fibra

La heredabilidad del diámetro promedio de la fibra para las alpacas Suri a la primera esquila fue de 0.69 (Tabla 2) el cual es considerado como una heredabilidad de alta magnitud, el error estándar de este parámetro fue de 0.02, el cual se considera aceptable y por tanto confiable. Las estimaciones de las heredabilidades obtenidas para el diámetro promedio de la fibra en alpacas Suri a la primera esquila son muy

escasas. Cervantes et al., (2010) reportan que la heredabilidad para el promedio del diámetro de la fibra en alpacas Suri fue de 0.699 ± 0.018 , el cual es considerado una heredabilidad alta y similar a los resultados encontrados en el presente estudio; sin embargo, en ese estudio utilizaron un modelo de caracteres repetidos; asimismo en el mismo estudio reportan que la heredabilidad para este mismo carácter en alpacas Huacaya fue de 0.369 ± 0.012 , el cual es inferior a los resultados encontrados en nuestro estudio (0.69 ± 0.02).

Gutierrez *et al.* (2009) en un estudio realizado en el fundo Pacamarca estimó la heredabilidad para el promedio del diámetro de fibra en alpacas Huacaya de diferentes edades cuyo valor fue de 0.412; inferior a nuestro estudio (0.69 ± 0.02), sin embargo, utilizaron un modelo de caracteres repetidos. Cruz *et al.* (2020) reportaron que la heredabilidad del promedio del diámetro de fibra de alpacas Huacaya de un año de edad fue de 0.263 utilizando un modelo de repetibilidad, en tanto que al utilizar un modelo de caracteres múltiples la heredabilidad fue de 0.662 y con el modelo de regresión aleatoria fue de 0.561.

Aguilar, (2019) en un estudio realizado en el fundo Mallkini en alpacas Huacaya de color blanco a la primera esquila estimó la heredabilidad para el diámetro promedio de fibra de la región del costillar medio de 0.38 el cual es inferior a los resultados de este estudio (0.69 ± 0.02). Las investigaciones realizadas por (Pinares *et al.*, 2018), también en alpacas de la raza Huacaya, reportan valores desde 0.28 a 0.35, inferiores a los encontrados en el presente estudio.

Para poblaciones de alpacas de la raza Huacaya, las investigaciones realizadas por Wuliji *et al.* (2000) reportan 0.73 ± 0.19 ; León-Velarde y Guerrero (2001) reportan 0.18 ± 0.32 ; Raunelli y Coronado (2006) reportan 0.53; Renieri *et al.* (2009) reportan 0.32; Ayala y Chávez (2007) reportan 0.55 ± 0.42 ; Renieri *et al.* (2009) reportan 0.32 y Frank *et al.* (2006) reportan de 0,18 a 0,73 y Gutierrez *et al.* (2009) reportan 0.41 y 0.34; More *et al.* (2017) reportan 0.48; Pérez-Cabal *et al.* (2010) reportan 0.24; Cruz (2011) reporta 0.53; Paredes (2012) reporta 0.36 ± 0.20 ; Cervantes *et al.* (2010) reportan 0.26; Pérez-Cabal *et al.* (2010) reportan 0.36 ± 0.15 . Estos valores son diferentes a los encontrados en el presente trabajo, y considerando los resultados encontrados y comparando con la bibliografía disponible entendemos que dentro de los parámetros genéticos el valor de la heredabilidad es propio de cada población de

animales, también Caballero (2017) indica que las variaciones entre los valores de heredabilidad reportados en diferentes estudios podrían atribuirse a diferencias entre poblaciones y métodos de estimación con la cual fueron estimadas e incluso puede variar en función del nivel del ambiente que se considere.

La heredabilidad del diámetro promedio de la fibra en la población de alpacas Suri del Anexo Quimsachata (INIA Puno) es alta, por lo que la correlación entre genotipo y el fenotipo de los individuos en promedio debe ser también alta; y por esta razón la selección como método de mejoramiento sobre la base del fenotipo individual será efectiva y es la que se debe usar. Esto nos indica que es posible obtener una buena respuesta a la selección. Asimismo, significa que la variación observada se debe a causas genéticas aditivas (heredables) principalmente, por lo que escogiendo a los mejores individuos estaremos escogiendo también a los que tienen mejores alelos y a los que mejor descendencia (por término medio) dejarán.

4.1.2. Coeficiente de variación del diámetro promedio de fibra

La Heredabilidad estimada del coeficiente de variación del diámetro promedio de fibra fue de 0.48 (Tabla 2), el cual es considerado como una heredabilidad de media a alta magnitud, el error estándar estimado fue de 0.04, el cual nos indica la precisión de la heredabilidad para esta característica. Las estimaciones de las heredabilidades obtenidas para el coeficiente de variación del diámetro promedio de la fibra en alpacas Suri a la primera esquila son muy escasas. Cervantes *et al.* (2010) reportan que la heredabilidad para el coeficiente de variación del diámetro promedio de la fibra en alpacas Suri fue de 0.605 ± 0.026 , el cual es considerado una heredabilidad alta y mayor a los resultados encontrados en el presente estudio; asimismo en el mismo estudio reportan que la heredabilidad para este mismo carácter en alpacas Huacaya fue de 0.380 ± 0.011 , el cual es inferior a los resultados encontrados en nuestro estudio (0.48 ± 0.04).

Para poblaciones de alpacas de la raza Huacaya, las investigaciones realizadas por Gutierrez *et al.* (2009) reportan que la heredabilidad del coeficiente de variación del diámetro promedio de fibra es de 0.321, el cual es inferior a este estudio (0.48 ± 0.04). Cervantes *et al.* (2010) reportan que la heredabilidad del coeficiente de variación en alpacas Huacaya fue de 0.38, el cual es inferior a nuestro estudio; sin embargo, también es considerado como una heredabilidad de moderada magnitud.

Aguilar (2019) en un estudio realizado en el fundo Mallkini en alpacas Huacaya de color blanco a la primera esquila estimó la heredabilidad del coeficiente de variación del diámetro promedio de la fibra de la región del costillar medio el cual fue de 0.22 el cual es inferior a este estudio y también considerado de moderada magnitud. Asimismo, Gutierrez *et al.* (2009) reportan 0.42; Pérez-Cabal *et al.* (2010) reportan 0.25; Cruz, (2011) y Pérez-Cabal *et al.* (2010) reportan heredabilidades de 0.09; Renieri *et al.* (2009) reportan 0.46; Cruz (2011) reporta 0.10; Cervantes *et al.* (2010) reportan 0.38. Estos valores son diferentes a los encontrados en el presente trabajo, y considerando los resultados encontrados y comparando con la bibliografía disponible entendemos que dentro de los parámetros genéticos el valor de la heredabilidad es propio de cada población de animales, también Caballero, (2017) indica que las variaciones entre los valores de heredabilidad reportados en diferentes estudios podrían atribuirse a diferencias entre poblaciones y métodos de estimación con la cual fueron estimadas e incluso puede variar en función del nivel del ambiente que se considere.

La heredabilidad del coeficiente de variación del diámetro promedio de la fibra en la población de alpacas Suri del Anexo Quimsachata (INIA Puno) es alta, por lo que la correlación entre genotipo y el fenotipo de los individuos en promedio debe ser también alta; y por esta razón la selección como método de mejoramiento sobre la base del fenotipo individual será efectiva y es la que se debe usar. Entonces, esto nos indica que es posible obtener una buena respuesta a la selección. Asimismo, esto significa que la variación observada se debe a causas genéticas aditivas (heredables) principalmente, por lo que escogiendo a los mejores individuos estaremos escogiendo también a los que tienen mejores alelos y a los que mejor descendencia dejarán.

4.1.3. Factor de confort

La heredabilidad estimada del factor de confort fue de 0.59 (Tabla 2), el cual es considerado como una heredabilidad de alta magnitud, el error estimado fue de 0.03, el cual es considerado como confiable. Las estimaciones de las heredabilidades obtenidas para el factor de confort de la fibra en alpacas Suri a la primera esquila son muy escasas. Cervantes *et al.* (2010) reportan que la heredabilidad para el factor de confort de la fibra en alpacas Suri fue de 0.565 ± 0.021 , el cual es considerado una

heredabilidad alta y similar a los resultados encontrados en el presente estudio; asimismo en el mismo estudio reportan que la heredabilidad para este mismo carácter en alpacas Huacaya fue de 0.255 ± 0.011 , el cual es inferior a los resultados encontrados en nuestro estudio (0.59 ± 0.03).

La heredabilidad del factor de confort de la fibra en la población de alpacas Suri del Anexo Quimsachata (INIA Puno) es alta, por lo que la correlación entre genotipo y el fenotipo de los individuos en promedio debe ser también alta; y por esta razón la selección como método de mejoramiento sobre la base del fenotipo individual será efectiva y es la que se debe usar. Entonces, esto nos indica que es posible obtener una buena respuesta a la selección. Asimismo, significa que la variación observada se debe a causas genéticas aditivas (heredables) principalmente, por lo que escogiendo a los mejores individuos estaremos escogiendo también a los que tienen mejores alelos y a los que mejor descendencia dejarán.

4.1.4. Finura al hilado

La heredabilidad de la finura al hilado fue de 0.68 (Tabla 2) el cual es considerado de alta magnitud, el error estimado para esta heredabilidad fue de 0.02, el cual es confiable. No se encontraron reportes acerca de las estimaciones de las heredabilidades obtenidas para la finura al hilado de la fibra en alpacas Suri a la primera esquila.

La heredabilidad de la finura al hilado de la fibra en la población de alpacas Suri del Anexo Quimsachata (INIA Puno) es alta, por lo que la correlación entre genotipo y el fenotipo de los individuos en promedio debe ser también alta; y por esta razón la selección como método de mejoramiento sobre la base del fenotipo individual será efectiva y es la que se debe usar. Entonces, esto nos indica que es posible obtener una buena respuesta a la selección. Asimismo, esto significa que la variación observada se debe a causas genéticas aditivas (heredables) principalmente, por lo que escogiendo a los mejores individuos estaremos escogiendo también a los que tienen mejores alelos y a los que mejor descendencia dejarán.

4.1.5. Índice de curvatura de la fibra

La heredabilidad estimada para esta característica fue de 0.15 (Tabla 2), el cual es considerado de baja magnitud; el error estándar estimado fue de 0.03, el cual es

confiable. No se encontraron reportes acerca de las estimaciones de las heredabilidades obtenidas para el índice de curvatura de la fibra en alpacas Suri a la primera esquila; sin embargo, es necesario destacar que, entre todas las características asociadas a la uniformidad del diámetro de la fibra estimadas en el presente estudio, el índice de curvatura es el que presenta la menor heredabilidad (0.15 ± 0.03)

Las estimaciones de heredabilidades obtenidas para el índice de curvatura en alpacas Huacaya a primera esquila son muy escasas. Gutierrez (2013) reporta 0.25; Pérez-Cabal *et al.* (2010) reportan 0.14; Cervantes *et al.* (2010) reportan 0.26; Pérez-Cabal *et al.* (2010) reporta 0.23. Estos valores son diferentes a los encontrados en el presente trabajo, y considerando los resultados encontrados y comparando con la bibliografía disponible entendemos que dentro de los parámetros genéticos el valor de la heredabilidad es propio de cada población de animales, también (Caballero, 2017) indica que las variaciones entre los valores de heredabilidad reportados en diferentes estudios podrían atribuirse a diferencias entre poblaciones y métodos de estimación con la cual fueron estimadas e incluso puede variar en función del nivel del ambiente que se considere.

La baja heredabilidad obtenida en comparación con los resultados previos de otros autores nos sugiere que no debemos considerar a esta característica dentro los criterios de selección, porque cuando la heredabilidad es baja, la correlación entre el genotipo y el fenotipo, también lo es, y el método de mejoramiento debe ser por pedigrí o progenie. Asimismo, valores bajos de heredabilidad significan que gran parte de la variación de la característica es debida a las diferencias ambientales entre los individuos (Sávio, 2005). La baja heredabilidad de un carácter depende de su variabilidad genética relativa a la total (fenotípica) y no tanto de su determinación genética; es por tanto un parámetro poblacional y depende de la población considerada (Fontdevila y Moya, 2007). Cuando la heredabilidad en sentido restringido es baja, existe poco parecido entre los progenitores y la descendencia (Pierce, 2011). Si la variación de un carácter en la población es debida a efectos ambientales conseguiremos muy poco seleccionando genéticamente a los progenitores (Vizmanos, 2014).

4.1.6. Desviación estándar del diámetro promedio de fibra

La heredabilidad de la desviación estándar del diámetro promedio de fibra fue de 0.61 (Tabla 2), el cual se considera como una heredabilidad de alta magnitud, el error estándar estimado fue de 0.02, el cual es confiable. Las estimaciones de las heredabilidades obtenidas para la desviación estándar del diámetro promedio de la fibra en alpacas Suri a la primera esquila son muy escasas. Cervantes *et al.* (2010) reportan que la heredabilidad para el coeficiente de variación del diámetro promedio de la fibra en alpacas Suri fue de 0.684 ± 0.019 , el cual es considerado una heredabilidad alta y mayor a los resultados encontrados en el presente estudio (0.61 ± 0.02); asimismo, en el mismo estudio reportan que la heredabilidad para este mismo carácter en alpacas Huacaya fue de 0.417 ± 0.013 , el cual es inferior a los resultados encontrados en nuestro estudio (0.61 ± 0.02).

Para poblaciones de alpacas de la raza Huacaya, las investigaciones realizadas por Ponzoni (2000) reportan valores de 0.66 ± 0.32 ; Gutierrez *et al.* (2009) reportan 0.46 y 0.39; More *et al.* (2017) reportan 0.27; Pérez-Cabal *et al.* (2010) reportan 0.21; Cruz (2011) reporta 0.03; Cervantes *et al.* (2010) reportan 0.42; Pérez-Cabal *et al.* (2010) reportan 0.38. Estos valores son diferentes a los encontrados en el presente trabajo, y considerando los resultados encontrados y comparando con la bibliografía disponible entendemos que dentro de los parámetros genéticos el valor de la heredabilidad es propio de cada población de animales, también Caballero, (2017) indica que las variaciones entre los valores de heredabilidad reportados en diferentes estudios podrían atribuirse a diferencias entre poblaciones y métodos de estimación con la cual fueron estimadas e incluso puede variar en función del nivel del ambiente que se considere.

La heredabilidad para la desviación estándar del diámetro promedio de fibra obtenidos para las alpacas del Anexo Quimsachata (0.61 ± 0.02) es alta, corroborando con los demás autores y solo los menores valores son los encontrados por Cruz (2011) que reporta 0,03. Este resultado permite deducir que la correlación entre genotipo y el fenotipo de los individuos en promedio debe ser también alta; y por esta razón la selección como método de mejoramiento sobre la base del fenotipo individual será efectiva y es la que se debe usar. Esto nos indica que es posible obtener una buena respuesta a la selección. Asimismo, significa que la variación observada se debe a

causas genéticas aditivas (heredables) principalmente, por lo que escogiendo a los mejores individuos estaremos escogiendo también a los que tienen mejores alelos y a los que mejor descendencia dejarán.

4.2. Correlaciones genéticas

Los valores estimados de correlaciones genéticas (r_g) para los caracteres asociados a la uniformidad del diámetro de fibra de alpacas Suri a la primera esquila en el Anexo Quimsachata del INIA y sus respectivos errores estándar se aprecian en la Tabla 3.

Tabla 3

Correlaciones genéticas (sobre la diagonal) con sus respectivos errores estándar para los caracteres de alpacas Suri a la primera esquila en el Anexo Quimsachata del INIA Puno.

	DF	CV	FC	FH	IC	DS
DF		-0.02 (0.09)	-0.86 (0.02)	0.97 (0.004)	-0.70 (0.10)	0.75 (0.04)
CV			-0.38 (0.08)	0.20 (0.08)	-0.08 (0.22)	0.63 (0.04)
FC				-0.93 (0.01)	0.53 (0.16)	-0.92 (0.02)
FH					-0.71 (0.11)	0.88 (0.02)
IC						-0.63 (0.16)
DS						

La correlación genética entre el diámetro promedio de la fibra y el coeficiente de variación del diámetro promedio de la fibra encontrada en el presente estudio fue de -0.02 ± 0.09 , valor considerado negativo pero muy bajo.

Para poblaciones de alpacas de la raza Huacaya, las investigaciones realizadas para la correlación genética entre el diámetro promedio de la fibra y el coeficiente de variación del diámetro promedio de la fibra por Cruz (2011) reporta un valor de -0.83, que es negativo y alto, mientras que el de Renieri *et al.* (2009) reportan valores de 0.32, que es media y positiva. Pero nuestros resultados (-0.02608 ± 0.0929) son similares a Gutierrez (2013) quien reporta -0.06 negativa y baja. Asimismo, Gutierrez *et al.* (2009) que reportan 0.03 y Cervantes *et al.* (2010) que reportan una correlación positiva y baja de 0.09; de acuerdo a la mayoría de los autores mencionados las correlaciones genéticas son muy diferentes. Sin embargo, algunas son similares a nuestros resultados (-0.02 ± 0.09), lo cual implica que se

pueden trabajar como caracteres separados, y la selección para uno, no influiría en la selección para el otro carácter.

La correlación genética entre el diámetro promedio de la fibra y el factor de confort de la fibra encontrada en el presente estudio fue de -0.86 ± 0.02 , valor considerado negativo pero muy alto. Para poblaciones de alpacas de la raza Huacaya, las investigaciones realizadas para la correlación genética entre el diámetro promedio de la fibra y el factor confort por Cervantes *et al.* (2010) reportaron valores de -0.97 ; por Gutierrez (2013) reporta valores de -0.97 y -0.78 , que tienden a ser negativos y muy altos, todos concuerdan que se obtiene correlaciones negativas y muy altas, siendo similares a nuestros resultados (-0.86 ± 0.02), lo cual implica que se puede trabajar, a medida que durante la selección se intente disminuir el diámetro de fibra, el factor confort también aumentará por tener una correlación negativa muy alta, lo que supone un cambio en el sentido favorable del carácter.

La correlación genética entre el diámetro promedio de la fibra y la finura al hilado de la fibra encontrada en el presente estudio fue de 0.97 ± 0.004 , valor considerado positivo y muy alto.

La correlación genética entre el diámetro promedio de la fibra y el índice de curvatura de la fibra encontrada en el presente estudio fue de -0.70 ± 0.10 , valor considerado negativo pero muy alto.

La correlación genética entre el diámetro promedio de la fibra y la desviación estándar del diámetro promedio de la fibra encontrada en el presente estudio fue de 0.75 ± 0.04 , valor considerado positivo y muy alto. Para poblaciones de alpacas de la raza Huacaya, las investigaciones realizadas por Gutierrez *et al.* (2009) reportaron valores de 0.716 , Cervantes *et al.* (2010) reportaron valores de 0.77 ; Gutierrez *et al.* (2009) reportaron valores de 0.72 y 0.61 ; Cruz (2011) reportó valores de 0.96 y More *et al.* (2017) reportaron valores de 0.71 , considerados valores altos y positivos. De acuerdo a los autores mencionados, las correlaciones genéticas son altas y positivas similares a nuestros resultados (0.75 ± 0.04); es decir que a medida que durante la selección se intente disminuir el diámetro de fibra, la desviación estándar también disminuirá por tener una correlación positiva muy alta, lo que supone un cambio en el sentido favorable de ambos caracteres. También sugiere que, si se selecciona una fibra más fina, se selecciona fibra indirectamente homogénea, por lo que favorece a la selección simultánea para la finura y uniformidad de los vellones de alpaca.

La correlación genética entre el coeficiente de variación del promedio de la fibra y el factor de confort de la fibra encontrada en el presente estudio fue de -0.38 ± 0.08 , valor considerado negativo pero moderado (de mediana magnitud). Para poblaciones de alpacas de la raza Huacaya, las investigaciones realizadas por Cervantes *et al.* (2010) reportaron valores de -0.24 ; y Gutierrez (2013) reportó valores de -0.14 ; de acuerdo a los autores, las correlaciones genéticas son negativas y moderadas, siendo nuestros resultados más bajos (-0.38 ± 0.08). Por lo tanto, esto implica que se puede trabajar a medida que durante la selección se intente disminuir el coeficiente de variación, el factor confort aumentará por tener una correlación negativa moderada, lo que supone un cambio en el sentido favorable del carácter.

La correlación genética entre el coeficiente de variación del promedio de la fibra y la finura al hilado de la fibra encontrada en el presente estudio fue de 0.20 ± 0.08 , valor considerado positivo pero moderado (de mediana magnitud).

La correlación genética entre el coeficiente de variación del promedio de la fibra y el índice de curvatura de la fibra encontrada en el presente estudio fue de -0.08 ± 0.22 , valor considerado negativo pero muy débil (de baja magnitud).

La correlación genética entre el coeficiente de variación del promedio de la fibra y la desviación estándar del diámetro promedio de la fibra encontrada en el presente estudio fue de 0.63 ± 0.04 , valor considerado positivo y muy alto. Para poblaciones de alpacas de la raza Huacaya, las investigaciones realizadas por Cervantes *et al.* (2010) reportaron valores de 0.73 ; y Gutierrez *et al.* (2009, 2013) reportaron valores de 0.75 y 0.61 ; Cruz (2011) reporta -0.94 ; sin embargo, la mayoría de autores reportan correlaciones genéticas altas y positivas; similares a nuestros resultados (0.63 ± 0.04), es decir a medida que durante la selección se intente disminuir la desviación estándar, el coeficiente de variación también disminuirá por tener una correlación positiva alta, lo que supone un cambio en el sentido favorable de ambos caracteres.

La correlación genética entre el factor de confort de la fibra y la finura al hilado de la fibra encontrada en el presente estudio fue de -0.93 ± 0.01 , valor considerado negativo pero muy alta (de alta magnitud).

La correlación genética entre el factor de confort de la fibra y el índice de curvatura de la fibra encontrada en el presente estudio fue de 0.53 ± 0.16 , valor considerado positivo pero moderado.

La correlación genética entre el factor de confort de la fibra y la desviación estándar del diámetro promedio de la fibra encontrada en el presente estudio fue de -0.92 ± 0.02 , valor considerado negativo pero muy alto. Para poblaciones de alpacas de la raza Huacaya, las investigaciones realizadas por Cervantes *et al.* (2010) reportaron valores de -0.83 ; y Gutierrez *et al.* (2009, 2013) reportó valores de -0.79 y -0.64 ; de acuerdo a los autores las correlaciones genéticas son negativas y muy altas, siendo similares a nuestros resultados, lo cual implica que se puede trabajar a medida que durante la selección se intente disminuir la desviación estándar, el factor confort aumentará por tener una correlación negativa muy alta, lo que supone un cambio en el sentido favorable del carácter.

La correlación genética entre la finura al hilado de la fibra y el índice de curvatura de la fibra encontrada en el presente estudio fue de -0.71 ± 0.11 , valor considerado negativo pero muy alto.

La correlación genética entre la finura al hilado de la fibra y la desviación estándar del diámetro promedio de la fibra encontrada en el presente estudio fue de 0.88 ± 0.02 , valor considerado positivo y muy alto.

La correlación genética entre el índice de curvatura de la fibra y la desviación estándar del diámetro promedio de la fibra encontrada en el presente estudio fue de -0.63 ± 0.16 , valor considerado negativo pero alto.

En términos generales, los valores de las correlaciones genéticas encontrados en este estudio, permiten suponer que existe pleiotropía, fenómeno por el cual un solo gen afecta a más de una característica, es decir, los mismos genes encargados de la expresión de una característica están también expresando la otra característica correlacionada. Sin embargo, también puede deberse al ligamiento debido a que los principales genes que afectan a las dos características se encuentran muy cercanos dentro del cromosoma y tienden a mantenerse juntos durante la meiosis (Caballero, 2017).

4.3. Correlaciones fenotípicas

Los valores estimados de correlaciones fenotípicas (r_p) para los caracteres asociados a la uniformidad del diámetro de fibra de alpacas Suri a la primera esquila en el Anexo Quimsachata del INIA y sus respectivas probabilidades se aprecian en la Tabla 4.

Tabla 4

Correlaciones fenotípicas (debajo la diagonal) con sus respectivas probabilidades, para los caracteres de alpacas Suri a la primera esquila en el Anexo Quimsachata del INIA Puno.

	DF	CV	FC	FH	IC	DS
DF						
CV	-0.009 (<0.0001)					
FC	-0.85 (<0.0001)	-0.29 (<0.0001)				
FH	0.96 (0.4152)	0.25 (<0.0001)	-0.91 (<0.0001)			
IC	-0.53 (<0.0001)	-0.004 (<0.0001)	0.40 (<0.0001)	-0.51 (<0.0001)		
DS	0.69 (<0.0001)	0.71 (<0.0001)	-0.82 (<0.0001)	0.86 (0.2411)	-0.36 (<0.0001)	

La correlación fenotípica entre el diámetro promedio de la fibra y el coeficiente de variación del diámetro promedio de la fibra encontrada en el presente estudio fue de -0.009 (<0.0001), valor considerado negativo pero muy bajo. Para poblaciones de alpacas de la raza Huacaya, las investigaciones realizadas por Cruz (2011) reporta valores de -0.83 negativo y alto, mientras que Renieri *et al.* (2009) reporta valores de 0.32 , es media y positiva. Pero nuestros resultados son similares a Gutierrez (2013) que reporta -0.06 , negativa y baja. Asimismo, Gutierrez *et al.* (2009) que reportan valores de 0.03 y Cervantes *et al.* (2010) que reportan una correlación positiva y baja de 0.09 ; de acuerdo a la mayoría de los autores mencionados las correlaciones fenotípicas son muy diferentes. Sin embargo, algunas son similares a nuestros resultados, lo cual implica que se pueden trabajar como caracteres separados, y la selección para uno, no influiría en la selección para el otro carácter.

La correlación fenotípica entre el diámetro promedio de la fibra y el factor de confort de la fibra encontrada en el presente estudio fue de -0.85 (<0.0001), valor considerado negativo pero muy alto. Para poblaciones de alpacas de la raza Huacaya, en Cerro de Pasco, las investigaciones realizadas por Arango (2016) reporta un valor de -0.90 ; que es negativo y muy alto; mientras que Quispe *et al.* (2009) reportan valores de -0.844 , Cervantes *et al.*

(2010) reportan valores de -0.97; Gutierrez *et al.* (2009) y Gutierrez, (2013) reportan valores de -0.97 y -0.78 tienden a ser negativos y muy altos, siendo similares a nuestros resultados, lo cual implica que se puede trabajar, a medida que durante la selección se intente disminuir el diámetro de fibra, el factor confort aumentará por tener una correlación negativa muy alta, lo que supone un cambio en el sentido favorable del carácter.

La correlación fenotípica entre el diámetro promedio de la fibra y la finura al hilado de la fibra encontrada en el presente estudio fue de 0.96 (0.4152), valor considerado positivo y muy alto.

La correlación fenotípica entre el diámetro promedio de la fibra y el índice de curvatura de la fibra encontrada en el presente estudio fue de -0.53 (<0.0001), valor considerado negativo pero moderado.

La correlación fenotípica entre el diámetro promedio de la fibra y la desviación estándar del diámetro promedio de la fibra encontrada en el presente estudio fue de 0.69 (<0.0001), valor considerado positivo y muy alto. Para poblaciones de alpacas de la raza Huacaya, las investigaciones realizadas por (Cervantes *et al.*, 2010) reportan valores 0.77; Gutierrez *et al.* (2009) y Gutierrez (2013) reporta valores de 0.72 y 0.61; Cruz (2011) reporta valores de 0.96 y More *et al.* (2017) reporta valores de 0.71, muestran valores altos y positivos, similares a nuestros resultados; es decir a medida que durante la selección se intente disminuir el diámetro de fibra, la desviación estándar también disminuirá por tener una correlación positiva muy alta, lo que supone un cambio en el sentido favorable de ambos caracteres. Una correlación positiva y alta entre el diámetro de la fibra y la desviación estándar indica que, si se selecciona una fibra más fina, se selecciona fibra indirectamente homogénea, es decir más uniforme.

La correlación fenotípica entre el coeficiente de variación del promedio de la fibra y el factor de confort de la fibra encontrada en el presente estudio fue de -0.29 (<0.0001), valor considerado negativo pero moderado (de mediana magnitud). Para poblaciones de alpacas de la raza Huacaya, las investigaciones realizadas por Cervantes *et al.* (2010) reportan valores de -0.24; y Gutierrez (2013) reportaron valores de -0.14; de acuerdo a los autores las correlaciones fenotípicas son negativas y moderadas, siendo nuestros resultados más altos. Por lo tanto, esto implica que se puede trabajar, a medida que durante la selección se intente disminuir el coeficiente de variación, el factor confort aumentará por tener una correlación negativa moderada, lo que supone un cambio en el sentido favorable del carácter.

La correlación fenotípica entre el coeficiente de variación del promedio de la fibra y la finura al hilado de la fibra encontrada en el presente estudio fue de 0.25 (<0.0001), valor considerado positivo pero moderado (de mediana magnitud).

La correlación fenotípica entre el coeficiente de variación del promedio de la fibra y el índice de curvatura de la fibra encontrada en el presente estudio fue de -0.004 (<0.0001), valor considerado negativo pero muy débil (de baja magnitud).

La correlación fenotípica entre el coeficiente de variación del promedio de la fibra y la desviación estándar del diámetro promedio de la fibra encontrada en el presente estudio fue de 0.71 (<0.0001), valor considerado positivo y muy alto. Para poblaciones de alpacas de la raza Huacaya, las investigaciones realizadas por Cervantes *et al.* (2010) reportaron valores de 0.73; y Gutierrez *et al.* (2009) y Gutierrez (2013) reportó valores de 0.75 y 0.61; Cruz (2011) reporta -0.94; la mayoría de autores reportan correlaciones fenotípicas altas y positivas similares a nuestros resultados, es decir a medida que durante la selección se intente disminuir la desviación estándar, el coeficiente de variación también disminuirá por tener una correlación positiva alta, lo que supone un cambio en el sentido favorable de ambos caracteres.

La correlación fenotípica entre el factor de confort de la fibra y la finura al hilado de la fibra encontrada en el presente estudio fue de -0.91 (<0.0001), valor considerado negativo pero muy alta (de alta magnitud).

La correlación fenotípica entre el factor de confort de la fibra y el índice de curvatura de la fibra encontrada en el presente estudio fue de 0.40 (<0.0001), valor considerado positivo pero moderado.

La correlación fenotípica entre el factor de confort de la fibra y la desviación estándar del diámetro promedio de la fibra encontrada en el presente estudio fue de -0.82 (<0.0001), valor considerado negativo pero muy alto. Para poblaciones de alpacas de la raza Huacaya, las investigaciones realizadas por Cervantes *et al.* (2010) reportan valores de -0.83; y Gutierrez *et al.* (2009), Gutierrez (2013) reportó valores de -0.79 y -0.64; de acuerdo a los autores las correlaciones fenotípicas son negativas y muy altas, siendo similares a nuestros resultados, lo cual implica que se puede trabajar, a medida que durante la selección se intente disminuir la desviación estándar, el factor confort aumentará por tener una correlación negativa muy alta, lo que supone un cambio en el sentido favorable del carácter.



La correlación fenotípica entre la finura al hilado de la fibra y el índice de curvatura de la fibra encontrada en el presente estudio fue de -0.51 (<0.0001), valor considerado negativo pero moderado.

La correlación fenotípica entre la finura al hilado de la fibra y la desviación estándar del diámetro promedio de la fibra encontrada en el presente estudio fue de 0.86 (0.2411), valor considerado positivo y muy alto.

La correlación fenotípica entre el índice de curvatura de la fibra y la desviación estándar del diámetro promedio de la fibra encontrada en el presente estudio fue de -0.36 (<0.0001), valor considerado negativo pero alto.

CONCLUSIONES

- Las heredabilidades para el DF, CV, FC, FH, IC y la DS en alpacas Suri a la primera esquila son de alta magnitud y es posible obtener buena respuesta a la selección; lo cual no sucede para el índice de curvatura cuya heredabilidad es baja.
- Las correlaciones genéticas entre el DF, CV, FC, FH, IC y la DS en alpacas Suri a la primera esquila fueron altas, medias y bajas directa e inversamente proporcionales; lo cual indica que, si mejoramos una característica, indirectamente se mejorarán otras características. La correlación genética entre DF y FH es alta (0.97 ± 0.004), indica que la mayoría de los genes que influyen sobre el DF influyen también sobre la FH y en el mismo sentido, lo que resultará en una respuesta correlacionada eficiente.
- Las correlaciones fenotípicas entre el DF, CV, FC, FH, IC y la DS en alpacas Suri a la primera esquila fueron altas, medias y bajas directa e inversamente proporcionales; lo cual indica que si se produce un cambio en una característica, indirectamente se producirá un cambio en otra característica. La correlación fenotípica entre DF y FH es alta ($0.96 < .4152$), indicando que la mayoría de los genes y los factores medio ambientales que influyen sobre el DF influyen también sobre la FH y en el mismo sentido, lo que resultará en una respuesta correlacionada eficiente.



RECOMENDACIONES

Utilizar el diámetro promedio de la fibra y la desviación estándar del diámetro promedio de fibra, como criterios de selección para mejorar la uniformidad del vellón en alpacas Suri del Anexo Quimsachata, INIA – Puno.

Manejar con mayor cuidado los registros de producción y reproducción, para estimar parámetros genéticos de las características de importancia económica, para cada generación, a fin de observar el comportamiento de estos parámetros y plantear programas de mejoramiento genético más específicos.

Revalorar la crianza de alpacas de la raza Suri por sus buenas características asociadas a la uniformidad del diámetro de la fibra, deseables para la industria textil.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, B. (2019). *Parámetros genéticos de caracteres asociados a la uniformidad del diámetro de fibra en alpacas Huacaya del Fundo Mallkini, Puno.*
- Arango Quispe, S. (2016). *Variación del factor confort en vellones de alpaca huacaya con relación al sexo y edad.* Universidad Nacional Agraria.
- Ayala, J., & Chávez, J. (2006). *Índice de selección genética para características del diámetro de fibra de alpacas de Huacaya Tuis y Adultas en la sierra central del Perú.*
- Aylan-Parker, J., & McGregor, B. A. (2002). Optimising sampling techniques and estimating sampling variance of fleece quality attributes in alpacas. *Small Ruminant Research*, 44(1), 53–64. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00038-X](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00038-X)
- Baxter, B. P. (2002). Comparisons between OFDA, Airflow and Laser scan on raw merino wool – proposal to amend IWTO -47. *IWTO Raw Wool Group Report 03.*
- Bustanza, V. (2001a). *La Alpaca: Conocimiento del gran potencial andino. Libro 1.* Instituto de Investigación y Promoción de Camélidos Sudamericanos. Universidad Nacional del Altiplano.
- Bustanza, V. (2001b). *La Alpaca: Crianza, manejo y mejoramiento. Libro 2.* Instituto de Investigación y Promoción de Camélidos Sudamericanos. Universidad Nacional del Altiplano.
- Caballero, A. (2017). *Genética Cuantitativa* (1ra. Ed.). Editorial Sintesis.
- Cervantes, I., Pérez-Cabal, M. A., Morante, R., Burgos, A., Salgado, C., Nieto, B., Goyache, F., & Gutiérrez, J. P. (2010). Genetic parameters and relationships between fibre and type traits in two breeds of Peruvian alpacas. *Small Ruminant Research*, 88(1), 6–11. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.10.016>
- Colorado State University. (2010). *Glossary of Wool Terms.* <https://extension.colostate.edu/docs/pubs/livestk/01400.pdf>
- Cruz, A., Cervantes, I., Burgos, A., Morante, R., & Gutiérrez, J. P. (2015). Estimation of genetic parameters for reproductive traits in alpacas. *Animal Reproduction Science*, 163, 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2015.09.017>
- Cruz, L. (2011). Estimación de parámetros genéticos para caracteres productivos en alpacas (Vicugna pacos), Perú 2011 [Universidad Politécnica de Valencia]. In *Universidad Politécnica de Valencia*. <https://doi.org/10.1111/j.0954-6820.1976.tb08186.x>
- Díaz, J. (2014). *Principales características de la fibra de alpacas Huacaya y Suri del sector Chocoquilla - Carabaya.* Universidad Nacional del Altiplano.

- Espinoza, J. R. (2009). *Uso de marcadores genéticos de ADN en el mejoramiento genético de la alpaca*. INCAGRO en convenio con la Universidad Cayetano Heredia, Perú.
- Frank, E. N., Hick, M. V. H., Gauna, C. D., Lamas, H. E., Renieri, C., & Antonini, M. (2006). Phenotypic and genetic description of fibre traits in South American domestic camelids (llamas and alpacas). *Small Ruminant Research*, 61(2-3 SPEC. ISS.), 113–129. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.07.003>
- Frank, E. N., Hick, M. V. H., Molina, M. G., & Caruso, L. M. (2011). Genetic parameters for fleece weight and fibre attributes in Argentinean Llamas reared outside the Altiplano. *Small Ruminant Research*, 99, 54–60.
- Frank, E. N., Hick, M. V. H., Molina, M., Gauna, C., Caruso, L., Prieto, A., & Castillo, M. F. (2008). *Sustentabilidad productiva de pequeños rumiantes en áreas desfavorecidas (SUPPRAD)*. Estudios de genética animal.
- Gallegos, R. (2012). *Tecnología de lanas y fibras*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Gutiérrez, G. (2008). Revisión de la estimación de los parámetros genéticos en alpacas. In *Actualidades sobre adaptación, producción, reproducción y mejora genética en camélidos. Huancayo - Perú* (pp. 83–92).
- Gutierrez, G. A., Gutierrez, J. P., Huanca, T., & Wurzinger, M. (2018). Challenges and opportunities of genetic improvement in alpacas and llamas in Peru. In *Proceedings of the World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Auckland, New Zealand* (pp. 12–16).
- Gutierrez, J. P. (2013). Fibre genetics on alpaca. In *64th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science. Symposium on South American Camelids and other Fibre Animals*.
- Gutierrez, J. P., Goyache, F., Burgos, A., & Cervantes, I. (2009). Genetic analysis of six production traits in Peruvian alpacas. *Livestock Science*, 123(2–3), 193–197. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.11.006>
- Hansford, K. A., Marlerand, J. W., & McLachlan, I. M. (2002). Using OFDA 2000 and FLEECESCAN to prepare lots for sale and sheep selection: a case study. *Wool Industry Science Technology Conference, October 2002, Hamilton, Victoria, Australia*.
- Hick, M., Frank, E., Prieto, A., & Castillo, M. (2014). Ethno-zootechnical characterization of the population of fiber bearing llamas from the province of Jujuy, Argentina. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 22(1), 1–8.
- Holt, C. (2006). *A survey of the relationships of crimp frequency, micron, character & fibre curvature*.

- Holt, C. (2007). Fibre testing for alpaca breeders. *Alpacas Australia*.
- Ibañez, V. (2009). *Métodos Estadísticos*. Universidad Nacional del Altiplano. Escuela de Post Grado. Maestría en Ganadería Andina. Editorial Universitaria.
- INIA-Ilpa. (2008). *Plan operativo anual INIA – Ilpa*.
- Kaps, M., & Lamberson, W. (2004). Biostatistics for Animal Science. In *CAB International*. CABI Publishing. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0388.2005.00495.x>
- León-Velarde, C. U., & Guerrero, J. (2000). Improving quantity and quality of Alpaca fiber; using a simulation model for breeding strategies. *The Third International Symposium on Systems Approaches for Agricultural Development, December*, 1–9. <http://cipotato.org/site/inrm/home/publicat/01cpb023.pdf>
- Lopes, P., Pieres Filho, A. J., & Tores, R. (2005). *Teoria do melhoramento animal*. Belo Horizonte, Brasil: FEPMVZ.
- Lupton, C. J., McColl, A., & Stobart, R. H. (2006). Fiber characteristics of the Huacaya Alpaca. *Small Ruminant Research*, 64(3), 211–224. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.04.023>
- Mamani, G. (1995). Parámetros genéticos de peso vivo y peso de vellón en alpacas Huacaya de la Puna Húmeda de Puno. *XVIII Reunión Científica Anual de La Asociación Peruana de Producción Animal. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú*, 25–28.
- Manso, C. (2011). Determinación de la calidad de fibra de alpaca en Huancavelica (Perú): Validación de los métodos de muestreo y valoración. In *Universidad Pública de Navarra*. Universidad Pública de Navarra. <https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4405/577647.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Marín, J. C., Zapata, B., González, B. A., Bonacic, C., Wheeler, J. C., Casey, C., Bruford, M. W., Palma, R. E., Poulin, E., Alliende, M. A., & Spotorno, Á. E. (2007). Sistemática, taxonomía y domesticación de alpacas y llamas: Nueva evidencia cromosómica y molecular. *Revista Chilena de Historia Natural*, 80(2), 121–140. <https://doi.org/10.4067/s0716-078x2007000200001>
- Martinez-Gonzales. (2009). *Bioestadística Amigable (3ra.)*. Ediciones Díaz de Santos.
- McColl, A. (2004). Methods for measuring microns. *Alpacas Magazine. Herd Sire*, 164–168.
- McGregor, B. A. (2002). Comparative productivity and grazing behaviour of Huacaya alpacas and Peppin Merino sheep grazed on annual pastures. *Small Ruminant Research*,

- 44(3), 219–232. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00050-0](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00050-0)
- McGregor, B. A. (2006). Production, attributes and relative value of alpaca fleeces in southern Australia and implications for industry development. *Small Ruminant Research*, 61(2-3 SPEC. ISS.), 93–111. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.07.001>
- Miranda, F. (1990). *Evaluación Edafoagrostológica de Praderas Naturales del Centro de Experimental Quimsachata INIA Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Montes, M., Quicaño, I., Quispe, R., Quispe, E., & Alfonso, L. (2008). Quality characteristics of Huacaya alpaca fibre produced in the Peruvian Andean Plateau region of Huancavelica. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(1), 33–38. <https://doi.org/10.5424/sjar/2008061-5258>
- More, M., Ponce, D., Vivanco, W., Asparrin, M., & Gutiérrez, G. (2017). Genetic parameters for fleece weight and fibre characteristics in Huacaya alpacas. In *World Congress on Genetics Applied to Livestock Production Digital Archive*.
- Mrode, R. A. (2014). *Linear model for the prediction of animal breeding values* (3ra. Ed.). UK: CABI.
- Mueller, J. P. (2008). Special animal fibers in South America. *Comunicación Técnica INTA EEA Bariloche*.
- Naylor, G. (2017). Comfortable next-to-skin wool. *CSIRO Textile and Fibre Technology, Innovations in Wool Textile Technology Comfortable.*, 4.
- Neumaier, A., & Groeneveld, E. (1998). Restricted maximum likelihood estimation of covariances in sparse linear models. *Genetics Selection Evolution*, 30(1), 3–26. <https://doi.org/10.1051/gse:19980101>
- Ormachea, E., Calsín, B., & Olarte, U. (2015). Características textiles de la fibra en alpacas Huacaya del distrito de Corani, Carabaya, Puno. *Rev. Investigaciones Altoandinas*, 17(2), 215–220. <https://doi.org/doi:http://dx.doi.org/10.18271/ria.2015.115>
- Ossa, G. A., Pérez, J. E., & Suárez, M. A. (2008). Valores genéticos de caracteres productivos y reproductivos en bovinos Romosinuano. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 9(1), 93–101. https://doi.org/10.21930/rcta.vol9_num1_art:109
- Pacheco, C., & Mamani, N. (2008). Aplicación práctica del programa de mejoramiento genético en Camélidos Domésticos. In *Simposio Internacional: Estrategias de Mejoramiento Genético en Camélidos Sudamericanos Domésticos, Arequipa, Perú*.
- Pérez-Cabal, M. A., Cervantes, I., Morante, R., Burgos, A., Goyache, F., & Gutiérrez, J. P. (2010). Analysis of the existence of major genes affecting alpaca fiber traits. *Journal*



- of Animal Science*, 88(12), 3783–3788. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-2865>
- Pierce, B. A. (2011). *Fundamentos de genética. Conceptos y relaciones*. Ed. Médica Panamericana.
- Pinares, R., Gutiérrez, G. A., Cruz, A., Morante, R., Cervantes, I., Burgos, A., & Gutiérrez, J. P. (2018). Heritability of individual fiber medullation in Peruvian alpacas. *Small Ruminant Research*, 165(January), 93–100. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.04.007>
- Ponzoni, R. W. (2000). Genetic improvement of Australian Alpacas: present state and potential developments. *Proc. Aust. Alpaca Assoc*, 1, 71–96.
- Quispe, E. (2016). Producción y medición de fibras de camélidos sudamericanos. *Universidad Autónoma de Barcelona*, 20(16), 1–4.
- Quispe, E. C., & Alfonso, L. (2018). *Predicción de valores de cría de animales domésticos*. Editorial Bravo Impresores.
- Quispe, E. C., Poma, A., & Purroy, A. (2013). Características productivas y textiles de la fibra de alpacas de raza huacaya. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 7(1), 1–29. <file:///C:/Users/HP/Downloads/41413-56786-2-PB.pdf>
- Quispe, E. C., Rodríguez, T. C., Iñiguez, L. R., & Mueller, J. P. (2009). Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. *Animal Genetic Resources Information*, 45, 1–14. <https://doi.org/10.1017/s1014233909990277>
- Quispe Ticona, W. (2013). *Estimacion de heredabilidad, correlacion fenotipica y genética para peso vivo y peso vellón en alpacas huacaya del CIP Quimsachata, INIA - Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Ramos, V. (2018). *Características fenotípicas de la fibra de alpaca Huacaya en la región Apurímac*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Raunelli, S., & Coronado, L. (2006). Un método de selección aplicable a alpacas. In *II Simposium Internacional de Investigaciones sobre Camélidos Sudamericanos. Arequipa* (pp. 21–35).
- Renieri, C., Frank, E. N., Rosati, A. Y., & Antonini, M. (2009). Definición de razas en llamas y alpacas. *Animal Genetic Resources Information*, 45(Mc), 45–54. <https://doi.org/10.1017/s1014233909990319>
- Renieri, C., Pacheco, C., Valbonesi, A., & Antonini, M. (2007). Programa de mejoramiento genético en camélidos domésticos. ... *de Produccion Animal*, 15, 205–210. <http://www.bioline.org.br/pdf?la07054>
- Roque, L., & Ormachea, E. (2018). Características productivas y textiles de la fibra en

- alpacas Huacaya de Puno, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 29(4).
- Sacchero, D. M. (2008). Utilización de medidas objetivas en fibras textiles para determinar calidad. *Seminario Internacional Biotecnología Aplicada En Camélidos Sudamericanos. 2008 11 19-21, 19 Al 21 de Noviembre, 2008. Huancavelica, Perú.*
- Safley, M. (2001). *Alpacas. Síntesis de una publicación para alpacas del Noroeste.* University of Oregon in the U.S.
- Safley, M. (2005). Wool Technology and Sheep Breeding. 2002 50(4) with permission of Australian Wool Testing Authority, Limited. Copyright © 2002 AWTA. *Journal Alpaca of Fiber.*
- Sanchez, L., & Brey, B. (2018). *Evaluación de las características de la fibra de alpaca (Vicugna pacos) huacaya tuis machos, Cajamarca - 2018.* Universidad Nacional de Cajamarca.
- Sánchez, M. (2012). *Características productivas y tecnológicas de la fibra de vicuña (Vicugna vicugna mensalis) en Relación a la Edad, Sexo y Región Anatómica en la Comunidad de Lachocc- Huancavelica- Perú.* Universidad Nacional de Huancavelica.
- Sávio, P. (2005). *Teoria do melhoramento animal.* Editorial Belo Horizonte.
- Siguayro, R., & Gutierrez, A. (2010). *Comparación de las características físicas de las fibras de la llama ch'aku (lama glama) y la alpaca huacaya (lama pacos) del Centro Experimental Quimsachata del INIA, Puno. Perú.*
- Statistical Analysis System-SAS. (2013). *User's Guide (Release 9.4).* Cary, North Carolina, USA: SAS Institute.
- Stoffberg, M. E., Hunter, L., & Botha, A. (2015). The effect of fabric structural parameters and fiber type on the comfort-related properties of commercial apparel fabrics. *Journal of Natural Fibers*, 12(6), 505–517. <https://doi.org/10.1080/15440478.2014.967370>
- Taddeo, H. R., & Mueller, J. P. (2000). Esquemas de mejoramiento y metodología de evaluación genética. *Actualización En Producción Ovina. INTA Bariloche*, 29–46.
- Thompson, R. (2008). Estimation of quantitative genetic parameters. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1635), 679–686. <https://doi.org/10.1098/rspb.2007.1417>
- Thompson, R., Brotherstone, S., & White, I. M. S. (2005). Estimation of quantitative genetic parameters. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1459), 1469–1477. <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1676>
- Vásquez, R., Gómez-Quispe, O., & Quispe, E. (2015). Características Tecnológicas de la



fibra blanca de Alpaca Huacaya en la zona Altoandina de Apurímac. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 26(2), 213.
<https://doi.org/10.15381/rivep.v26i2.11020>

Vizmanos, J. L. (2014). *Claves de la genética de poblaciones: Los mecanismos genéticos de la evolución*. Editorial Elsevier.

Wuliji, T., Davis, G. H., Dodds, K. G., Turner, P. R., Andrews, R. N., & Bruce, G. D. (2000). Production performance, repeatability and heritability estimates for live weight, fleece weight and fiber characteristics of alpacas in New Zealand. *Small Ruminant Research*, 37(3), 189–201. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(00\)00127-9](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(00)00127-9)

ANEXOS

Arete	Año de nacimiento	Sexo	Diámetro de fibra, um	Coefficiente de variabilidad, %	Factor de confort, %	Finura al hilado, um	Índice de curvatura, °/mm	Desviación estándar, um
261317	2017	1	23.40	28.40	87.00	24.40	18.30	6.65
249317	2017	2	18.00	24.50	98.00	18.10	25.70	4.41
239317	2017	1	18.60	24.20	98.20	18.70	20.30	4.50
229317	2017	2	20.10	30.70	94.20	21.50	16.60	6.17
220317	2017	2	18.80	27.50	97.10	19.50	29.70	5.17
221317	2017	2	25.80	24.40	84.20	25.90	9.80	6.30
213317	2017	1	18.40	24.60	98.20	18.50	33.90	4.53
202217	2017	2	18.70	27.90	96.20	19.40	27.80	5.22
195217	2017	2	14.80	26.50	99.00	15.10	25.80	3.92
198217	2017	1	19.00	29.20	95.90	20.00	30.80	5.55
190217	2017	1	26.80	28.80	76.30	28.10	15.40	7.72
163217	2017	2	20.90	24.60	96.90	20.40	14.90	5.14
165217	2017	1	15.60	27.30	99.00	16.10	26.90	4.26
156217	2017	1	23.20	23.80	91.70	23.20	17.90	5.52
159217	2017	2	20.80	29.00	93.60	21.90	18.30	6.03
148217	2017	2	18.10	26.70	97.80	18.50	18.50	4.83
139217	2017	1	17.80	28.70	98.00	18.60	15.30	5.11
137217	2017	1	25.40	28.10	84.40	26.40	16.50	7.14
138217	2017	2	25.20	35.50	82.80	28.30	16.20	8.95
134217	2017	2	23.00	24.60	91.30	23.20	17.40	5.66
130217	2017	2	19.90	23.10	97.90	19.70	18.50	4.60
123217	2017	2	21.80	21.50	95.70	21.40	14.80	4.69
113217	2017	1	19.90	25.20	96.50	20.10	18.00	5.01
114217	2017	1	24.20	25.60	87.10	24.60	13.90	6.20
107217	2017	2	22.20	26.60	92.40	22.80	13.60	5.91
108217	2017	1	19.80	22.90	97.70	19.60	12.30	4.53
99217	2017	2	18.40	29.50	96.90	19.40	18.50	5.43
100217	2017	2	19.50	21.30	98.20	19.00	22.90	4.15
103217	2017	1	19.20	20.50	98.80	18.60	24.80	3.94
90217	2017	1	23.90	23.80	86.30	23.90	21.70	5.69
69117	2017	2	20.20	23.70	97.70	20.10	18.70	4.79

49117	2017	2	18.20	31.40	95.80	19.60	19.70	5.71
55117	2017	1	19.80	19.80	98.60	19.10	28.00	3.92
39117	2017	2	18.90	24.30	97.50	19.00	24.20	4.59
36117	2017	2	21.60	24.10	93.40	21.60	22.50	5.21
29117	2017	2	24.20	23.60	90.10	24.10	14.70	5.71
4117	2017	1	21.00	19.70	98.10	20.20	20.60	4.14
187316	2016	1	19.10	25.30	97.90	19.30	33.20	4.83
335415	2015	2	18.75	29.91	95.37	19.87	20.11	5.61
183316	2016	1	21.30	23.00	96.00	21.10	23.60	4.90
328315	2015	2	18.58	31.59	94.18	20.04	14.89	5.87
329315	2015	1	20.11	23.94	97.26	20.09	14.83	4.81
106216	2016	2	19.40	23.80	97.30	19.40	14.60	4.62
397314	2014	1	23.87	22.66	89.94	23.58	13.75	5.41
173316	2016	1	20.60	27.00	95.00	21.20	19.50	5.56
168316	2016	2	16.80	28.60	98.90	17.60	20.00	4.80
171316	2016	2	17.20	32.70	96.40	18.80	26.40	5.62
159216	2016	2	19.00	22.20	98.50	18.70	24.80	4.22
161216	2016	2	23.00	36.30	85.70	26.10	23.40	8.35
311315	2015	2	18.03	27.47	97.68	18.64	17.58	4.95
155216	2016	2	15.80	23.50	99.10	15.70	20.30	3.71
148216	2016	1	17.10	24.40	98.50	17.20	23.50	4.17
367314	2014	2	20.69	28.37	92.62	21.59	13.92	5.87
142216	2016	2	18.40	25.00	98.50	18.50	19.60	4.60
139216	2016	1	19.90	28.80	94.60	20.90	20.70	5.73
140216	2016	2	18.80	30.10	95.60	19.90	22.40	5.66
292315	2015	2	17.83	27.27	98.46	18.40	17.13	4.86
131216	2016	1	19.70	28.30	96.00	20.50	17.50	5.58
287315	2015	2	21.19	29.29	93.53	22.32	13.31	6.21
346214	2014	2	19.17	28.22	96.64	19.97	20.48	5.41
350214	2014	1	15.99	21.33	99.35	15.61	16.71	3.41
130216	2016	2	18.40	25.60	97.70	18.70	27.10	4.71
121216	2016	2	22.00	23.20	95.20	21.80	21.80	5.10
122216	2016	2	17.00	25.60	98.70	17.30	19.50	4.35
278215	2015	1	20.77	29.75	95.05	21.98	16.62	6.18
335214	2014	2	21.37	23.58	95.38	21.28	14.64	5.04
336214	2014	2	27.29	32.21	70.98	29.63	12.79	8.79
337214	2014	2	20.58	28.62	92.68	21.53	21.75	5.89
108216	2016	1	21.00	24.30	96.20	21.00	22.20	5.10
111216	2016	2	21.10	25.90	94.00	21.50	20.80	5.46
106216	2016	2	20.50	25.50	94.70	20.80	17.90	5.23
268215	2015	1	25.48	21.79	87.46	24.97	12.42	5.55
319214	2014	1	16.99	27.60	98.96	17.59	28.48	4.69
320214	2014	2	23.37	31.11	82.71	25.08	13.56	7.27

91216	2016	2	23.30	29.20	90.30	24.50	14.80	6.80
263215	2015	2	18.52	25.13	97.66	18.72	23.91	4.65
308214	2014	1	18.33	20.51	99.04	17.77	17.09	3.76
309214	2014	1	20.04	26.30	96.67	20.48	15.62	5.27
311214	2014	1	20.22	31.45	91.38	21.78	16.68	6.36
88216	2016	1	20.80	27.10	94.20	21.40	23.60	5.64
294214	2014	1	18.12	24.56	98.75	18.21	25.80	4.45
589413	2013	2	19.34	28.18	94.54	20.14	15.12	5.45
86216	2016	1	15.80	30.70	98.60	16.90	21.80	4.85
291214	2014	2	20.13	24.29	96.85	20.18	12.90	4.89
82216	2016	2	20.00	26.80	95.90	20.50	20.70	5.36
233215	2015	2	18.60	26.32	97.79	19.01	16.44	4.90
214215	2015	1	16.14	33.64	98.26	17.79	23.65	5.43
219215	2015	2	21.06	28.24	92.25	21.94	14.99	5.95
269214	2014	2	23.87	34.86	85.58	26.66	13.73	8.32
271214	2014	2	16.47	17.55	99.79	15.59	34.91	2.89
75216	2016	2	13.50	25.40	99.70	13.70	24.20	3.43
211215	2015	1	21.47	17.07	98.44	20.25	11.34	3.66
260214	2014	2	17.93	23.15	98.90	17.78	27.02	4.15
198215	2015	1	20.18	33.10	92.52	22.12	16.17	6.68
243214	2014	1	20.54	23.66	96.29	20.48	16.46	4.86
245214	2014	1	18.79	23.26	96.98	18.66	21.21	4.37
250214	2014	2	17.88	26.62	98.38	18.34	20.25	4.76
252214	2014	1	15.94	23.02	99.52	15.79	19.60	3.67
253214	2014	1	18.55	24.85	98.02	18.70	27.70	4.61
177215	2015	2	17.97	29.64	97.22	18.99	16.80	5.33
178215	2015	2	19.93	26.28	95.99	20.37	11.87	5.24
230214	2014	1	16.59	28.81	98.20	17.39	30.77	4.78
224214	2014	2	15.16	25.86	99.35	15.43	24.24	3.92
168215	2015	1	22.17	27.94	90.00	23.03	16.84	6.19
170215	2015	2	20.72	29.22	91.74	21.81	19.36	6.05
223214	2014	2	18.98	18.28	99.10	18.06	23.36	3.47
49216	2016	2	19.40	28.90	96.20	20.30	20.20	5.61
155215	2015	2	16.46	25.77	98.96	16.74	21.45	4.24
199516	2016	1	19.20	23.00	98.20	19.00	19.40	4.42
204214	2014	2	20.76	21.87	96.91	20.36	13.35	4.54
149215	2015	1	19.95	19.62	99.01	19.19	13.88	3.91
195214	2014	2	18.37	30.16	96.73	19.52	16.26	5.54
174214	2014	1	17.56	38.67	92.77	20.45	17.34	6.79
146215	2015	1	21.98	36.53	87.13	25.01	15.56	8.03
132215	2015	1	21.81	29.82	92.35	23.09	23.51	6.50
126215	2015	2	18.17	23.47	98.33	18.08	18.42	4.26
156214	2014	2	16.13	24.30	99.34	16.17	32.18	3.92

158214	2014	1	21.93	28.59	92.29	22.93	13.09	6.27
120215	2015	1	16.17	28.07	98.47	16.82	21.16	4.54
31116	2016	2	21.50	22.60	95.20	21.20	19.20	4.86
114215	2015	1	20.65	26.86	96.97	21.22	13.66	5.55
107215	2015	1	18.71	24.09	98.45	18.73	26.70	4.51
109215	2015	2	18.28	23.90	98.57	18.26	17.80	4.37
111215	2015	2	22.13	28.59	89.82	23.14	14.67	6.33
27116	2016	1	22.40	24.90	93.60	22.60	17.70	5.58
132114	2014	2	18.44	24.46	98.43	18.52	17.46	4.51
92215	2015	1	19.00	21.73	98.70	18.61	16.82	4.13
125114	2014	2	15.92	26.13	98.89	16.25	25.10	4.16
114114	2014	2	21.71	33.26	90.02	23.83	17.59	7.22
117114	2014	2	17.53	27.50	97.67	18.13	21.87	4.82
106114	2014	2	17.05	22.58	99.21	16.82	29.35	3.85
112114	2014	2	19.23	24.91	97.15	19.39	24.11	4.79
78115	2015	1	20.11	28.25	94.71	20.96	17.18	5.68
81115	2015	2	17.15	25.25	98.45	17.35	15.34	4.33
82115	2015	2	23.63	28.28	82.79	24.79	12.35	6.68
99114	2014	1	24.88	32.64	82.42	27.13	17.40	8.12
101114	2014	1	16.56	23.79	99.03	16.53	19.96	3.94
102114	2014	2	21.12	24.81	94.51	21.28	16.04	5.24
15116	2016	1	19.60	24.60	95.90	19.70	25.30	4.82
64115	2015	1	23.04	32.10	86.19	24.99	13.23	7.40
60115	2015	1	21.08	33.89	91.62	23.30	16.44	7.14
76114	2014	1	23.51	31.82	87.78	25.42	13.27	7.48
57115	2015	2	19.83	30.02	93.20	21.05	20.88	5.95
70114	2014	1	17.33	25.56	99.40	17.59	21.16	4.43
68114	2014	1	22.39	20.77	93.90	21.75	15.76	4.65
577313	2013	2	20.27	26.93	95.13	20.84	14.64	5.46
57114	2014	1	19.77	23.42	96.83	19.66	16.89	4.63
62114	2014	1	19.31	28.59	96.36	20.19	17.38	5.52
6116	2016	1	18.70	30.10	96.30	19.90	16.70	5.63
7116	2016	1	18.50	29.50	97.50	19.50	22.20	5.46
52114	2014	1	24.20	25.95	86.03	24.66	14.14	6.28
35115	2015	2	24.90	30.33	85.36	26.50	14.40	7.55
37115	2015	2	17.36	22.38	98.81	17.10	17.19	3.89
41114	2014	1	17.85	26.27	98.05	18.24	17.33	4.69
32115	2015	2	18.40	26.18	98.08	18.79	18.16	4.82
3116	2016	2	26.50	27.00	81.10	27.20	14.50	7.16
22115	2015	1	23.27	24.27	92.37	23.32	16.60	5.65
15115	2015	1	18.30	19.85	99.05	17.64	18.73	3.63
18114	2014	2	34.13	32.58	47.68	37.21	9.12	11.12
21114	2014	2	18.12	27.04	98.08	18.66	17.05	4.90

22114	2014	2	16.49	23.47	99.19	16.40	24.82	3.87
23114	2014	2	20.57	21.68	97.81	20.14	21.35	4.46
16114	2014	2	18.46	26.33	97.81	18.88	21.18	4.86
11114	2014	1	20.66	37.66	90.63	23.79	13.50	7.78
4114	2014	2	22.96	27.18	87.76	23.67	14.51	6.24
1114	2014	1	22.56	28.15	90.64	23.48	12.39	6.35
531313	2013	1	15.70	25.16	99.17	15.87	42.72	3.95
516313	2013	2	19.50	26.68	96.28	20.01	20.09	5.20
504313	2013	1	18.83	28.68	95.65	19.70	18.49	5.40
495313	2013	1	22.38	27.90	88.98	23.24	11.70	6.24
480213	2013	2	16.26	23.43	99.18	16.17	18.44	3.81
483213	2013	1	19.38	23.89	97.26	19.36	17.29	4.63
486213	2013	2	15.67	30.15	98.38	16.65	20.86	4.72
491213	2013	1	18.75	27.91	97.14	19.47	14.99	5.23
493213	2013	2	25.50	31.92	81.04	27.60	11.21	8.14
469213	2013	2	17.82	26.99	97.80	18.34	16.60	4.81
448213	2013	2	15.18	29.18	98.23	15.97	25.69	4.43
455213	2013	1	17.97	31.63	96.48	19.39	21.58	5.68
429213	2013	1	17.06	26.14	97.93	17.41	18.45	4.46
436213	2013	2	24.50	20.98	88.94	23.84	12.00	5.14
414213	2013	2	21.32	21.01	96.24	20.76	16.16	4.48
417213	2013	2	17.82	29.11	97.31	18.73	21.99	5.19
421213	2013	2	20.97	34.00	89.39	23.21	14.22	7.13
394213	2013	1	17.28	30.56	95.84	18.44	17.98	5.28
402213	2013	2	19.12	25.19	97.15	19.33	16.21	4.82
406213	2013	1	29.07	24.54	58.19	29.18	9.92	7.13
407213	2013	2	18.90	21.39	98.88	18.45	12.82	4.04
412213	2013	1	21.72	23.91	92.98	21.70	13.51	5.19
381213	2013	1	19.84	31.25	94.96	21.32	13.49	6.20
392213	2013	1	13.93	30.44	99.00	14.84	31.72	4.24
370213	2013	1	18.36	23.24	98.56	18.22	15.46	4.27
371213	2013	1	15.75	26.87	99.27	16.18	20.72	4.23
379213	2013	1	21.21	25.46	95.20	21.50	12.68	5.40
367213	2013	2	21.95	18.42	97.41	20.92	11.61	4.04
369213	2013	1	17.43	30.34	96.84	18.56	16.33	5.29
358213	2013	2	25.27	23.61	84.71	25.18	14.00	5.97
362213	2013	1	17.90	22.85	98.92	17.71	16.91	4.09
356213	2013	1	19.01	28.61	96.99	19.89	13.97	5.44
354213	2013	1	19.45	20.57	98.31	18.86	11.82	4.00
345213	2013	2	16.98	28.75	98.34	17.78	17.42	4.88
346213	2013	1	15.13	30.20	98.49	16.09	23.16	4.57
341213	2013	1	21.02	28.33	93.15	21.92	14.16	5.95
344213	2013	1	16.58	23.70	98.70	16.53	21.09	3.93



322213	2013	1	20.85	28.49	93.28	21.78	15.42	5.94
315213	2013	2	13.81	24.24	99.54	13.83	23.98	3.35
317213	2013	2	16.79	34.78	97.52	18.73	23.45	5.84
309213	2013	2	17.72	20.32	99.30	17.15	17.78	3.60
314213	2013	2	21.48	26.17	91.98	21.93	10.78	5.62
298213	2013	2	21.38	26.44	92.02	21.88	12.81	5.65
302213	2013	2	19.17	24.56	97.72	19.26	17.64	4.71
289213	2013	2	18.43	20.86	98.79	17.91	17.00	3.84
266213	2013	2	20.83	25.35	94.46	21.10	12.70	5.28
270213	2013	2	16.75	28.42	98.68	17.48	15.06	4.76
275213	2013	2	19.20	31.36	94.22	20.66	14.86	6.02
277213	2013	1	16.11	23.54	98.94	16.03	20.63	3.79
255213	2013	1	17.27	26.01	98.61	17.60	20.91	4.49
245213	2013	2	16.61	25.77	98.99	16.88	36.45	4.28
251213	2013	2	23.47	24.76	88.09	23.63	11.86	5.81
237213	2013	2	17.77	22.00	99.48	17.44	29.00	3.91
238213	2013	1	22.95	32.07	87.31	24.88	18.06	7.36
240213	2013	2	22.46	18.71	95.65	21.45	14.64	4.20
222213	2013	1	24.25	21.17	89.13	23.64	11.78	5.13
60115	2015	1	18.27	23.49	98.27	18.18	36.49	4.29
214113	2013	1	17.13	19.03	99.82	16.40	18.84	3.26
220113	2013	1	17.68	38.63	94.32	20.58	16.40	6.83
202113	2013	2	18.96	30.23	96.14	20.16	15.33	5.73
205113	2013	1	17.43	25.95	99.07	17.75	21.66	4.52
212113	2013	2	15.43	33.38	98.29	16.96	29.69	5.15
191113	2013	2	18.29	30.35	97.59	19.48	12.75	5.55
186113	2013	1	18.53	29.59	97.35	19.58	16.66	5.48
169113	2013	2	23.36	23.11	90.93	23.17	13.72	5.40
152113	2013	2	20.40	25.90	94.07	20.77	14.45	5.28
153113	2013	2	22.37	20.65	95.69	21.71	13.20	4.62
132113	2013	2	16.95	27.04	98.48	17.46	19.78	4.58
125113	2013	1	16.73	36.52	96.85	19.03	23.46	6.11
126113	2013	1	21.09	28.25	93.57	21.98	12.05	5.96
127113	2013	1	20.12	27.88	94.32	20.89	18.84	5.61
106113	2013	2	21.69	23.74	94.06	21.63	14.28	5.15
94113	2013	2	20.46	32.01	89.33	22.16	16.15	6.55
73113	2013	2	17.33	30.10	97.74	18.41	14.41	5.22
59113	2013	2	18.65	31.85	94.33	20.18	21.16	5.94
67113	2013	2	18.97	26.65	97.41	19.45	33.37	5.06
55113	2013	2	16.88	28.01	98.71	17.55	21.34	4.73
51113	2013	2	23.07	30.38	88.37	24.57	13.32	7.01
52113	2013	2	20.44	23.45	97.30	20.33	10.99	4.79
45113	2013	1	22.60	23.69	91.13	22.53	11.68	5.35



33113	2013	2	18.65	29.75	96.33	19.74	13.88	5.55
35113	2013	2	21.42	22.17	94.25	21.07	12.55	4.75
23113	2013	1	21.83	23.98	93.29	21.82	18.33	5.23
16113	2013	1	19.96	29.14	93.92	20.99	13.23	5.82
18113	2013	1	15.42	25.66	99.22	15.66	23.77	3.96
3113	2013	1	18.52	26.97	98.24	19.05	14.20	4.99
187316	2016	1	23.10	22.20	93.00	22.80	14.50	5.13
183316	2016	1	24.50	28.10	86.50	25.40	15.40	6.88
173316	2016	1	20.80	27.80	94.60	21.50	15.70	5.78
168316	2016	2	15.20	20.50	99.60	14.70	18.00	3.12
171316	2016	2	15.80	24.40	99.10	15.90	22.00	3.86
159216	2016	2	23.80	23.50	91.20	23.70	13.60	5.59
161216	2016	2	25.70	28.00	83.90	26.70	10.70	7.20
155216	2016	2	18.70	21.20	98.80	18.30	19.20	3.96
148216	2016	1	20.80	24.00	95.10	20.70	14.60	4.99
142216	2016	2	19.90	19.80	98.70	19.20	14.20	3.94
139216	2016	1	21.80	22.00	94.40	21.40	15.90	4.80
140216	2016	2	18.70	29.60	95.10	19.70	20.30	5.54
131216	2016	1	19.90	26.60	96.20	20.40	13.90	5.29
130216	2016	2	22.40	22.30	93.20	22.00	14.60	5.00
121216	2016	2	24.70	26.60	83.80	25.30	12.60	6.57
122216	2016	2	20.60	23.90	95.30	20.50	12.50	4.92
108216	2016	1	22.90	18.60	96.30	21.80	14.60	4.26
111216	2016	2	19.30	24.60	97.30	19.40	27.80	4.75
106216	2016	2	20.10	24.30	96.10	20.20	11.60	4.88
91216	2016	2	22.10	23.80	94.60	22.10	13.00	5.26
88216	2016	1	23.20	26.20	89.00	23.70	13.90	6.08
86216	2016	1	16.10	29.80	98.20	17.00	19.40	4.80
82216	2016	2	20.90	24.50	95.60	21.00	18.20	5.12
75216	2016	2	15.20	27.90	99.30	15.80	20.90	4.24
49216	2016	2	19.40	21.60	98.50	19.00	14.10	4.19
199516	2016	1	24.90	21.10	88.70	24.30	12.50	5.25
31116	2016	2	23.50	16.60	96.40	22.10	13.50	3.90
7116	2016	1	20.80	24.90	97.20	20.90	13.70	5.18
3116	2016	2	29.30	26.40	66.20	30.00	13.00	7.74
589413	2013	2	19.18	25.55	97.52	19.46	16.58	4.90
187316	2016	1	21.40	25.60	94.50	21.70	23.40	5.48
183316	2016	1	23.70	22.30	90.00	23.40	12.10	5.29
173316	2016	1	18.00	27.20	98.40	18.60	23.60	4.90
168316	2016	2	13.80	25.50	99.50	14.00	21.10	3.52
171316	2016	2	16.10	29.20	98.80	17.00	19.70	4.70
159216	2016	2	19.50	23.00	98.10	19.30	25.90	4.49
161216	2016	2	20.90	29.90	93.90	22.20	19.60	6.25

163216	2016	1	22.50	26.60	88.80	23.00	13.10	5.99
155216	2016	2	17.40	25.40	99.10	17.70	23.20	4.42
577313	2013	2	26.24	22.41	83.25	25.86	18.99	5.88
148216	2016	1	19.10	24.10	98.10	19.10	21.70	4.60
142216	2016	2	19.50	23.20	98.10	19.40	27.30	4.52
139216	2016	1	19.00	22.60	98.70	18.70	23.20	4.29
140216	2016	2	18.90	30.70	96.50	20.20	26.20	5.80
131216	2016	1	18.30	25.30	98.20	18.50	22.30	4.63
130216	2016	2	18.60	24.20	98.10	18.60	16.30	4.50
121216	2016	2	27.20	25.20	79.10	27.50	17.80	6.85
122216	2016	2	19.40	24.70	96.80	19.60	13.40	4.79
108216	2016	1	25.80	22.90	83.90	25.50	18.10	5.91
111216	2016	2	21.90	20.60	95.00	21.30	19.00	4.51
106216	2016	2	18.80	22.30	98.80	18.50	28.80	4.19
88216	2016	1	20.00	28.10	95.30	20.80	20.40	5.62
86216	2016	1	17.50	31.90	96.30	19.00	25.10	5.58
82216	2016	2	23.50	23.00	91.10	23.30	20.40	5.41
75216	2016	2	15.50	26.20	99.50	15.80	16.30	4.06
493213	2013	2	29.08	31.81	65.05	31.44	10.37	9.25
49216	2016	2	18.30	23.10	98.60	18.20	19.30	4.23
199516	2016	1	22.50	20.90	95.20	21.90	25.20	4.70
436213	2013	2	23.10	21.26	92.30	22.53	32.35	4.91
417213	2013	2	20.11	26.95	94.35	20.68	15.33	5.42
421213	2013	2	22.40	26.56	89.04	22.95	21.42	5.95
31116	2016	2	23.50	20.50	92.30	22.80	24.00	4.82
358213	2013	2	17.68	25.06	98.61	17.85	46.65	4.43
191212	2012	2	21.93	33.29	89.09	24.09	19.07	7.30
317213	2013	2	19.83	33.28	93.31	21.78	19.56	6.60
159212	2012	2	35.26	30.71	40.00	37.69	10.31	10.83
266213	2013	2	24.24	25.74	87.08	24.64	14.31	6.24
270213	2013	2	19.88	31.69	92.77	21.47	19.45	6.30
275213	2013	2	20.94	29.23	92.55	22.04	19.98	6.12
112212	2012	2	18.98	31.66	96.10	20.49	19.16	6.01
252214	2014	1	17.07	26.13	98.71	17.42	26.28	4.46
6116	2016	1	18.30	29.40	96.40	19.30	29.90	5.38
7116	2016	1	19.40	25.50	97.90	19.60	22.30	4.95
191113	2013	2	20.10	28.36	94.76	20.97	23.92	5.70
3116	2016	2	24.30	25.60	88.00	24.60	20.00	6.22
169113	2013	2	22.96	26.52	91.51	23.52	17.69	6.09
153113	2013	2	19.40	24.43	97.36	19.48	33.43	4.74
106113	2013	2	23.25	25.08	89.59	23.48	20.23	5.83
335415	2015	2	20.70	25.50	94.80	21.00	20.50	5.28
73113	2013	2	18.55	27.49	96.02	19.18	29.08	5.10



51113	2013	2	28.72	28.48	69.73	29.99	13.07	8.18
33113	2013	2	17.82	23.18	98.63	17.68	26.65	4.13
311315	2015	2	19.50	31.40	95.20	21.00	14.50	6.12
62114	2014	1	18.18	29.52	97.41	19.19	20.84	5.37
331212	2012	1	20.40	26.20	95.40	20.90	18.40	5.34
292315	2015	2	19.10	27.70	96.30	19.70	19.90	5.29
287315	2015	2	21.00	31.90	93.60	22.70	15.80	6.70
283315	2015	2	21.30	33.10	90.10	23.30	14.00	7.05
263215	2015	2	20.60	23.80	96.20	20.50	17.90	4.90
233215	2015	2	19.50	25.40	97.20	19.70	13.60	4.95
367314	2014	2	21.32	32.53	91.42	23.23	19.96	6.94
132215	2015	1	26.90	26.50	78.30	27.50	14.30	7.13
219215	2015	2	19.50	24.80	97.20	19.70	17.40	4.84
308214	2014	1	20.82	37.22	87.83	23.86	14.76	7.75
309214	2014	1	22.13	24.35	94.41	22.20	11.83	5.39
346214	2014	2	20.92	25.24	95.29	21.16	16.78	5.28
177215	2015	2	21.30	28.00	93.30	22.20	15.10	5.96
178215	2015	2	20.10	23.10	97.80	19.90	12.80	4.64
78115	2015	1	18.20	28.60	97.60	19.10	16.50	5.21
126215	2015	2	19.30	25.60	97.10	19.60	15.20	4.94
269214	2014	2	24.63	37.07	83.04	28.18	16.33	9.13
272214	2014	2	19.55	25.68	96.51	19.86	16.92	5.02
198215	2015	1	22.60	32.20	88.80	24.50	16.70	7.28
250214	2014	2	18.42	26.08	98.07	18.79	21.51	4.80
49112	2012	1	16.10	21.20	99.95	15.70	17.90	3.41
158214	2014	1	20.24	26.27	96.09	20.68	16.01	5.32
170215	2015	2	20.90	29.50	92.00	22.00	19.70	6.17
224214	2014	2	18.27	26.87	97.87	18.78	15.80	4.91
392213	2013	1	14.81	27.82	99.11	15.37	24.61	4.12
155215	2015	2	16.30	21.80	99.50	15.90	22.70	3.55
81115	2015	2	17.50	21.40	99.30	17.10	17.40	3.75
204214	2014	2	21.27	20.58	97.42	20.63	14.00	4.38
363213	2013	2	24.16	24.83	88.22	24.34	24.24	6.00
156214	2014	2	18.58	22.57	98.21	18.34	27.30	4.19
101114	2014	1	20.19	34.99	90.45	22.58	14.71	7.06
37115	2015	2	16.70	22.30	99.20	16.40	15.30	3.72
32115	2015	2	22.70	26.30	90.80	23.20	15.90	5.97
70114	2014	1	18.47	25.31	98.11	18.70	19.91	4.67
114114	2014	2	20.97	30.08	92.65	22.27	17.47	6.31
117114	2014	2	18.39	28.88	96.34	19.28	17.44	5.31
68114	2014	1	20.38	25.08	95.10	20.59	26.22	5.11
102114	2014	2	22.14	28.95	89.82	23.24	14.52	6.41
52114	2014	1	24.20	28.80	82.69	25.36	19.37	6.97



202113	2013	2	18.66	30.81	96.50	19.96	22.47	5.75
1114	2014	1	23.09	29.69	85.68	24.41	14.07	6.86
18114	2014	2	27.84	35.34	70.48	31.26	18.69	9.84
22114	2014	2	18.64	35.04	95.18	20.86	18.35	6.53
23114	2014	2	19.92	26.12	97.09	20.32	22.48	5.20
4114	2014	2	23.28	27.17	86.40	24.00	16.59	6.33
495313	2013	1	26.45	24.23	79.84	26.50	13.90	6.41
379213	2013	1	21.11	23.83	95.68	21.08	14.48	5.03
356213	2013	1	21.72	28.73	92.93	22.74	12.85	6.24
354213	2013	1	20.47	22.81	97.15	20.25	13.87	4.67
344213	2013	1	18.38	30.41	96.22	19.58	17.78	5.59