



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**EFEECTO DE LA EDAD Y SEXO SOBRE EL PORCENTAJE DE
MEDULACION EN ALPACAS HUACAYA DE VELLON BLANCO
EN EL DISTRITO DE ANANEA**

TESIS

PRESENTADA POR:

LUIS FERNANDO RAMOS ALCOS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO


PUNO - PERÚ

2025



LUIS FERNANDO RAMOS ALCOS

EFFECTO DE LA EDAD Y SEXO SOBRE EL PORCENTAJE DE MEDULACION EN ALPACAS HUACAYA DE VELLON BLANCO E...

 Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::8254:473843638

76 Páginas

Fecha de entrega

14 Jul 2025, 5:03 p.m. GMT-5

12.344 Palabras

Fecha de descarga

14 Jul 2025, 5:05 p.m. GMT-5

65.926 Caracteres

Nombre de archivo

LUIS RAMOS.pdf

Tamaño de archivo

2.1 MB





16% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Fuentes principales

- 15% Fuentes de Internet
- 6% Publicaciones
- 9% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)


Marcas de integridad

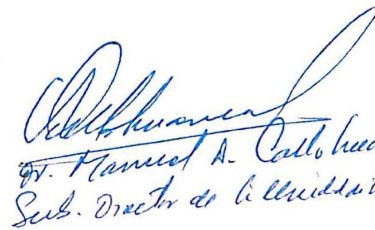
N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.


Mg. Sc. Ferdynand Marcos Huacani Pacori
Director


Dr. Flaminio A. Cotto Huacani
Sub. Director de la Unidad de Investigación





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EFFECTO DE LA EDAD Y SEXO SOBRE EL PORCENTAJE DE MEDULACION EN
ALPACAS HUACAYA DE VELLON EN EL DISTRTO DE ANANEA**

TESIS PRESENTADA POR:
LUIS FERNANDO RAMOS ALCOS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO



APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:

.....
Dr. RONY ABEL CIPRIAN CARREON

PRIMER MIEMBRO:

.....
ING. NICAELA PILAR TERROBA QUISPE

SEGUNDO MIEMBRO:

.....
ING. FELIX SUPO HALANOCA

ASESOR DE TESIS:

.....
ING. FERDYNAND MARCOS HUACANI PACORI

ÁREA: Ciencias Agrarias

TEMA: PRODUCCION ANIMAL

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 19 de junio de 2025



DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios que a estado siempre conmigo guiándome por el buen camino, quien me dado fuerzas para seguir adelante y por haberme permitido culminar una etapa más de mi vida.

Dedico con todo mi amor y cariño a mis queridos padres Jose y Natividad por ser la inspiración y fortaleza en momentos difíciles, por brindarme su apoyo incondicional sin escatimar esfuerzos y con gran paciencia me impulsaron a seguir siempre adelante, por sus buenos consejos, por su comprensión, por el infinito amor, por ayudarme y acompañarme siempre.

A mi familia, a mis docentes forjadores, a todos los que de una u otra manera me ayudaron a forjar este camino.

A mis docentes y mentores que despertaron en mi la curiosidad intelectual y me guiaron con sabiduría.

Luis Fernando Ramos Alcos



AGRADECIMIENTOS

A mi alma Mater Universidad Nacional Del Altiplano Puno, a la gloriosa Facultad de Ciencias Agrarias - Escuela Profesional De Ingeniería Agronómica por haberme inculcado valores y conocimientos en esta noble profesión.

A Dios, por llenar mi vida de muchos caminos y ser el guía para escoger el mejor.

A mis padres, a quienes debo mi formación académica y personal. Por su dedicación y el afán de superación que me han inculcado con su ejemplo.

A mi director de tesis Ferdynand Marcos Huacani Pacori, por su apoyo incondicional en la dirección de este trabajo.

A mis docentes, compañeros de la Universidad Nacional del Altiplano por brindarme de su apoyo.

A mis dos hermanos Saul y Jorge por siempre estar apoyándome en mi desarrollo profesional, brindándome apoyo.

Finalmente, agradezco a mis jurados, compañeros y participantes que colaboraron de distintas maneras en el proceso investigativo, aportando desde lo técnico, lo académico y lo humano.

Luis Fernando Ramos Alcos



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN.....	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.1.1. Objetivo general	18
1.1.2. Objetivos específicos.....	18
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
2.2. MARCO REFERENCIAL	21
2.2.1. Importancia de la crianza de alpacas	21
2.2.2. Producción de la fibra de alpaca.....	23
2.2.3. La producción de fibra de alpaca.....	26
2.2.4. Características de la fibra	27
2.2.5. Características morfológicas y estructurales de la fibra de alpaca	27



2.2.5.1. Porcentaje de fibras no meduladas	27
2.2.5.2. Porcentaje de fibras con medula fragmentada.....	29
2.2.5.3. Porcentaje de fibras con medula discontinua	30
2.2.5.4. Porcentaje de fibras con medula continua.....	31
2.2.5.5. Porcentaje de fibras fuertemente meduladas	32
2.2.5.6. Porcentaje de fibras meduladas	33
2.2.5.7. Diámetro medio de fibra.....	33
2.2.6. Correlación	33

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE ESTUDIO	36
3.2. MATERIALES	36
3.3. RECOLECCIÓN Y EVALUACIÓN	38
3.4. METODOLOGÍA	38
3.4.1. Población	38
3.4.2. Alimentación	39
3.4.3. Proceso de muestreo y recolección de fibra	40
3.5. ANÁLISIS DE LABORATORIO	41
3.5.1. Limpieza de la muestra.....	41
3.5.2. Preparación de la muestra.....	41
3.5.3. Medición de la muestra	42
3.5.4. Determinación de la tasa de medulación	42
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	42
3.6.1. Porcentaje de tipos de médula	42
3.6.1.1. Pruebas estadísticas	43



3.6.2. Efecto del sexo sobre el porcentaje de tipos de médula	44
3.6.2.1. Pruebas estadísticas	45
3.6.3. Correlación entre tipos de medula.....	45
3.6.3.1. Cálculo del coeficiente de correlación de Pearson	46
3.6.3.1.1 Interpretación de los resultados.....	46
3.6.3.1.2 Análisis aplicado al estudio.....	47

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EFECTO DE LA EDAD SOBRE EL PORCENTAJE DE TIPOS DE MEDULA	48
4.2. EFECTO DEL SEXO SOBRE EL PORCENTAJE DE TIPOS DE MEDULA	52
4.3. CORRELACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS TIPOS DE MEDULA	55
V. CONCLUSIONES	58
VI. RECOMENDACIONES.....	59
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXOS.....	63



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación de Pearson según las sugerencias de Cohen.	35
Tabla 2 Equipos y recursos utilizados en el estudio.....	37
Tabla 3 Número de animales y muestras según edad y sexo de alpaca Huacaya	38
Tabla 4 Porcentaje de medulación (promedio de mínimos cuadrados \pm error estándar) según edad de la alpaca	49
Tabla 5 Diámetro medio de fibra (promedio de mínimos cuadrados \pm error estándar) según edad de la alpaca.....	51
Tabla 6 Porcentaje de medulación (promedio de mínimos cuadrados \pm error estándar) según sexo de la alpaca	53
Tabla 7 Diámetro medio de fibra (promedio de mínimos cuadrados \pm error estándar) según sexo de la alpaca	54
Tabla 8 Asociación (r de Pearson) entre tipos de medulación y el diámetro medio de fibra.....	56



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Clasificación de los camélidos sudamericanos	22
Figura 2 Población de alpacas, en el Perú (miles de cabezas) e índices, para el período 1990-2019	23
Figura 3 Número de alpacas por razas (porcentaje)	24
Figura 4 Distribución porcentual de la población de alpacas según región natural del Perú (CENAGRO, 2012)	25
Figura 5 Población de alpacas por razas (Huacaya, Suri y cruzados) según la región natural (Costa, Sierra y Selva)	26
Figura 6 Fibras en el vellón de alpaca Huacaya: a) no medulada	29
Figura 7 Fibras en el vellón de alpaca Huacaya: b) con medulada fragmentada	30
Figura 8 Fibras en el vellón de alpaca Huacaya: c) con medulada discontinua	31
Figura 9 Fibras en el vellón de alpaca Huacaya: d) con medulada continua	32
Figura 10 Fibras en el vellón de alpaca Huacaya: e) fuertemente medulada	32



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Número de animales y muestras según edad y sexo de alpaca Huacaya...	63
ANEXO 2 Anova del efecto de la edad y sexo sobre el Porcentaje de fibras no meduladas (PNOMED).....	64
ANEXO 3 Anova del efecto de la edad y sexo sobre el Porcentaje de fibras con medula fragmentada (PFRAG).....	65
ANEXO 4 Anova del efecto de la edad y sexo sobre el Porcentaje de fibras con medula discontinua (PDISC).....	66
ANEXO 5 Anova del efecto de la edad y sexo sobre el Porcentaje de fibras con medula discontinua (PDISC).....	67
ANEXO 6 Anova del efecto de la edad y sexo sobre el Porcentaje de fibras con medula continua (PCONT).....	68
ANEXO 7 Anova del efecto de la edad y sexo sobre el Porcentaje de fibras fuertemente meduladas (PFUERT)	69
ANEXO 8 Anova del efecto de la edad y sexo sobre el diámetro medio de la fibra (DMF).....	70
ANEXO 9 Alpacas de distintas edades.....	71
ANEXO 10 Toma de muestra de del costillar medio de la fibra de alpaca.....	71
ANEXO 11 Determinación de la edad a través de la dentadura y verificación de aretes	72
ANEXO 12 Toma de muestra de fibra de alpaca	73
ANEXO 13 Clasificación de muestras seleccionadas por edad	74
ANEXO 14 Análisis en laboratorio instrumento Fiber Med (medulometro)	74
ANEXO 15 Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	75



ANEXO 16 Autorización para el repositorio de tesis en el repositorio institucional... 76



ACRÓNIMOS

PNOMED:	Porcentaje de fibras no meduladas
PFRAG:	Porcentaje de fibras con medula fragmentada
PDISC:	Porcentaje de fibras con medula discontinua
PCONT:	Porcentaje de fibras con medula continua
PFUERT:	Porcentaje de fibras fuertemente meduladas
PMED:	Porcentaje de fibras meduladas
DMF:	Diámetro medio de fibra
INEI:	Instituto Nacional de Estadística e Informática
INIA:	Instituto Nacional de Innovación Agraria
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
MIDAGRI:	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú
FIBER MED:	Medulómetro inteligente de fibras de origen animal



RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la edad y el sexo sobre el porcentaje de los diferentes tipos de médula presentes en la fibra de alpacas Huacaya. Se recopiló información de 146 alpacas, clasificadas en cuatro categorías de edad: Diente de leche (DL, n=60), Dos dientes (2D, n=27), Cuatro dientes (4D, n=21) y Boca llena (BLL, n=38); las muestras de fibra fueron recolectadas de la región costillar media de cada animal y analizadas utilizando el equipo Fiber Med (Medulómetro). Para la evaluación, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA). Asimismo, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson para determinar la relación entre los distintos tipos de médula. Los resultados muestran que el efecto de la edad sobre el porcentaje de los tipos de médula fue estadísticamente significativo ($p \leq 0.05$), evidenciando que el tipo y proporción de médula en la fibra de alpaca varía conforme al pasar los años. En contraste, el efecto del sexo no mostró diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en ninguna de las categorías analizadas y las correlaciones entre los diferentes tipos de médula fueron variables, desde positivas hasta negativas.

Palabras clave: Alpaca Huacaya, Características textiles, Medula.



ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the effect of age and sex on the percentage of different marrow types present in the fiber of Huacaya alpacas. Data were collected from 146 alpacas, classified into four age categories: Baby Tooth (DD, n=60), Two Tooth (2D, n=27), Four Tooth (4D, n=21), and Full Mouth (FHM, n=38); fiber samples were collected from the mid-rib region of each animal and analyzed using the Fiber Med (FHM) device. A completely randomized design (CRD) was used for the evaluation. Pearson's correlation coefficient was also applied to determine the relationship between the different marrow types. The results show that the effect of age on the percentage of marrow types was statistically significant ($p \leq 0.05$), demonstrating that the type and proportion of marrow in alpaca fiber varies as the animal ages. In contrast, the effect of sex did not show significant differences ($p \geq 0.05$) in any of the categories analyzed and the correlations between the different types of marrow were variable, from positive to negative.

Keywords: Huacaya Alpaca, Textile Characteristics, Marrow.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el Perú la crianza de alpacas se desarrolla principalmente en la región sur andina, abarcando extensas áreas de altura donde las condiciones climáticas y ecológicas son propicias para su adaptación (Pinares y Quispe, 2024); la población de alpacas asciende a aproximadamente 3.7 millones de animales, lo que representa el 87% de la población mundial del total el 80% corresponde a la raza Huacaya, el 12% a la raza Suri y el 8% a híbridos (Vilca, 2022). La crianza de alpacas se concentra en dos principales zonas agroecológicas: la puna húmeda y la puna seca (Frank, 2017).

Debido a que la fibra de alpaca es un recurso de alto valor comercial, su crianza no solo representa una actividad tradicional y culturalmente arraigada en las comunidades altoandinas (Pariona, 2014), sino que además constituye una fuente de sustento económico para miles de familias dedicadas a su producción y comercialización.

En la producción e industria textil la forma y distribución de la médula en las fibras representan un desafío significativo en la calidad de los productos finales. La presencia de médula en las fibras influye negativamente en la suavidad y el confort de las confecciones textiles, generando una sensación de aspereza y, en algunos casos, picazón en el usuario (Mengoni, 2008; Frank et al., 2006). Este problema es especialmente notable en la producción de fibras naturales, como la fibra de alpaca donde Olarte et. al. (2023) describe las fibras meduladas suelen ser consideradas contaminantes de los vellones, ya que afectan la uniformidad, la finura y la calidad del hilo. La variabilidad en la proporción de médula dentro de la fibra impacta directamente en sus propiedades mecánicas y térmicas, reduciendo su valor comercial y su competitividad en el mercado textil.



En el proceso de reducción de fibras meduladas, diversas investigaciones han abordado el tema desde un enfoque general, sin profundizar en aspectos específicos por lo cual este estudio analiza y caracteriza los distintos tipos de medulación de la fibra en función del sexo y la edad, proporcionando información detallada que contribuya a una mejor selección y aprovechamiento de las fibras en la industria textil.

El presente estudio resulta fundamental y ha impulsado la concepción y ejecución de la presente investigación, que busca generar conocimiento más preciso sobre la medulación de la fibra de alpacas Huacaya y su impacto en la calidad textil.

1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la edad y sexo sobre el porcentaje de tipos de médula en alpacas Huacaya de vellón blanco en el distrito de Ananea.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la edad sobre el porcentaje de tipos de médula en alpacas Huacaya de vellón blanco en el distrito de Ananea.
- Evaluar el efecto del sexo sobre el porcentaje de tipos de médula en alpacas Huacaya de vellón blanco en el distrito de Ananea.
- Evaluar las correlaciones entre los diferentes tipos de médula de la fibra en alpacas Huacaya de vellón blanco en el distrito de Ananea.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En un estudio realizado por Olarte et al. (2023) se evaluaron las variaciones en el diámetro de fibra en función del tipo de medulación en alpacas de raza Huacaya, en Puno. De un total de 190 alpacas, tomando en cuenta el sexo (machos: 89; hembras: 109) y cinco grupos etarios (de 1 a 10 años). Las variables analizadas incluyeron el porcentaje de fibras no meduladas, con médula fragmentada, discontinua, continua y fuertemente meduladas. Los resultados mostraron un incremento significativo del diámetro medio de fibra (DMF) con la edad ($p \leq 0.05$). Asimismo, se observó un aumento del porcentaje total de fibras meduladas (TFM), que pasó del 34.79% en el grupo de 1-2 años al 74.72% en el grupo de 9-10 años ($p \leq 0.05$), mientras que el porcentaje de fibras no meduladas (FNM) disminuyó de 65.69% a 25.60% ($p \leq 0.05$). Se destacaron correlaciones significativas y opuestas entre el porcentaje de fibras meduladas y el DMF ($r=0.883$), así como entre el porcentaje de fibras no meduladas y el DMF ($r=-0.883$). Los autores concluyen que, en alpacas Huacaya, las fibras meduladas presentan un mayor diámetro en comparación con las fibras no meduladas, siendo además más prevalentes a medida que aumenta la edad del animal.

Un estudio realizado por Lozano et al. (2024) tuvo como objetivo evaluar la variabilidad del porcentaje de fibras meduladas según el sexo y lugar de procedencia, así como comparar las características colorimétricas en fibra blanca de alpaca Huacaya y Suri. La investigación se desarrolló en la región Apurímac. Se analizaron un total de 451 muestras de fibra (410 Huacaya y 41 Suri), recolectadas del costillar medio de los animales. Las evaluaciones incluyeron el porcentaje de fibras meduladas, el diámetro



medio de fibra (DMF), así como las características colorimétricas y químicas. Los resultados mostraron que las alpacas Huacaya hembras presentaron un mayor porcentaje de medulación total, medulación continua y fibras fuertemente meduladas en comparación con los machos ($p \leq 0.01$). Además, se observaron diferencias en el DMF según el lugar de procedencia, siendo este y el diámetro medio de fibras meduladas superiores en los machos ($p \leq 0.01$). En cuanto a los parámetros colorimétricos (luminosidad L^* , cromaticidad C^* y tonalidad H°), no se encontraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre ambos grupos de alpacas. En conclusión, el estudio evidenció una variabilidad en la medulación y DMF de la fibra de alpaca Huacaya según sexo y procedencia geográfica, pero una similitud en las características colorimétricas entre la fibra blanca de Huacaya y Suri.

Cruz et al. (2019), señalaron que el diámetro de fibra de alpaca (FD) varía entre 18 y 36 μm . El estudio se realizó en la granja experimental Pacamarca, con un total 1869 alpacas Huacaya y 414 alpacas Suri. Las variables estudiadas incluyeron porcentaje de medulación (PM), diámetro de fibra medulada (MFD), diámetro medio de fibra (FD), desviación estándar del FD, peso de vellón graso, densidad de fibra, rizado en Huacaya, estructura de mechón en Suri, conformación de cabeza, cobertura de patas, peso al destete y edad al primer parto. Las heredabilidades para PM y MFD fueron de 0,225 y 0,237 en el tipo Huacaya, y de 0,664 y 0,237 en el tipo Suri, respectivamente. Las correlaciones genéticas entre PM y FD, así como entre MFD y FD, fueron altas y favorables, oscilando entre 0,531 y 0,975. Además, la correlación genética entre PM y MFD fue de 0,121 en Huacaya y 0,427 en Suri. Las demás correlaciones genéticas con características morfológicas, productivas y funcionales fueron en general moderadas y favorables. Las repetibilidades para PM fueron de 0,556 (Huacaya) y 0,668 (Suri), y para MFD de 0,322 (Huacaya) y 0,293 (Suri). En conclusión, el porcentaje de medulación (PM) se identificó



como un criterio útil para los programas de selección genética, especialmente cuando se combina con el diámetro de fibra (FD), para contribuir a mejorar la calidad textil de la fibra de alpaca mediante la reducción del factor de picazón.

Berolati et al. (2021) en su estudio evaluaron la incidencia y los tipos de medulación, así como su relación con la finura en fibras de ovino, alpaca, llama, paco-vicuña y conejo Angora. Analizaron muestras de fibra ($n = 15$ por especie) y 140 muestras adicionales de alpacas tuis machos de color blanco. Se midió el diámetro medio de fibra (MDF) y los porcentajes de fibras meduladas (%FM) y no meduladas (%FNM), incluyendo tipos de medulación como fragmentada, discontinua, continua y fuertemente medulada. Los resultados indicaron que la lana Merino presentó baja medulación, a diferencia de las fibras de conejo Angora, y que, en alpacas, llamas y paco-vicuñas la medulación fue moderada (22–40%), observándose médulas incluso en fibras finas. Se encontró una relación directa entre el MDF y el %FM, excepto en la lana ovina. Los autores concluyen que el %FM debería reducirse especialmente en llamas y alpacas, recomendando su inclusión como criterio en los programas de mejoramiento genético, especialmente para disminuir la presencia de fibras fuertemente meduladas.

2.2. MARCO REFERENCIAL

2.2.1. Importancia de la crianza de alpacas

La fibra de los camélidos sudamericanos domésticos entre ellas la fibra de alpaca es una de las más apreciadas por la industria textil que utiliza fibras animales como materia prima y compite con la cachemira, el mohair y la angora (Frank, 2017); entre las fibras de camélidos, la que más destaca es la fibra de alpaca teniendo mayor aceptación a nivel mundial debido a su calidad y el volumen de producción que presenta en la industria textil. Dentro de la producción

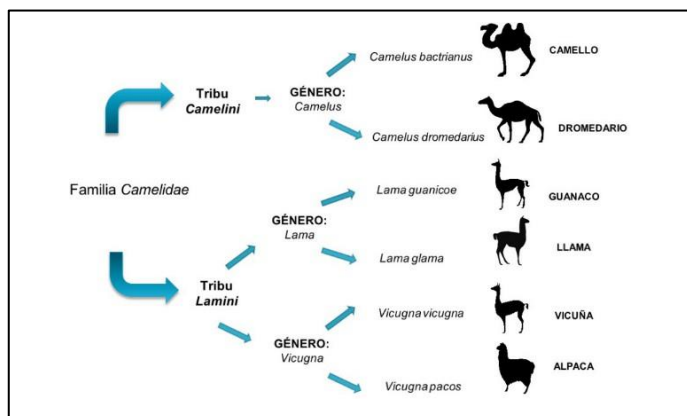
mundial de fibras finas de origen animal, la de alpaca representa alrededor del 10%.

Los camélidos pertenecen al Orden Artiodactyla, Suborden Tylopoda y a la Familia Camelidae, según la clasificación taxonómica propuesta por Wheeler (1958). La familia Camelidae se divide en dos tribus bien diferenciadas: Camelini, que incluye a los camélidos del viejo mundo como el camello (*Camelus dromedarius*) y el bactriano (*Camelus bactrianus*); y Lamini, conformada por los camélidos sudamericanos, es decir, la llama (*Lama glama*), la alpaca (*Vicugna pacos*), la vicuña (*Vicugna vicugna*) y el guanaco (*Lama guanicoe*).

Dentro del género *Vicugna*, se encuentra la alpaca (*Vicugna pacos*), especie domesticada que desciende principalmente de la vicuña, y que ha sido criada desde tiempos preincaicos en los Andes por sus valiosas fibras. Esta especie ocupa un lugar central en la economía de las poblaciones altoandinas, no solo por su fibra de alta calidad, sino también por su adaptación a los ecosistemas de gran altitud Figura 1.

Figura 1

Clasificación de los camélidos sudamericanos



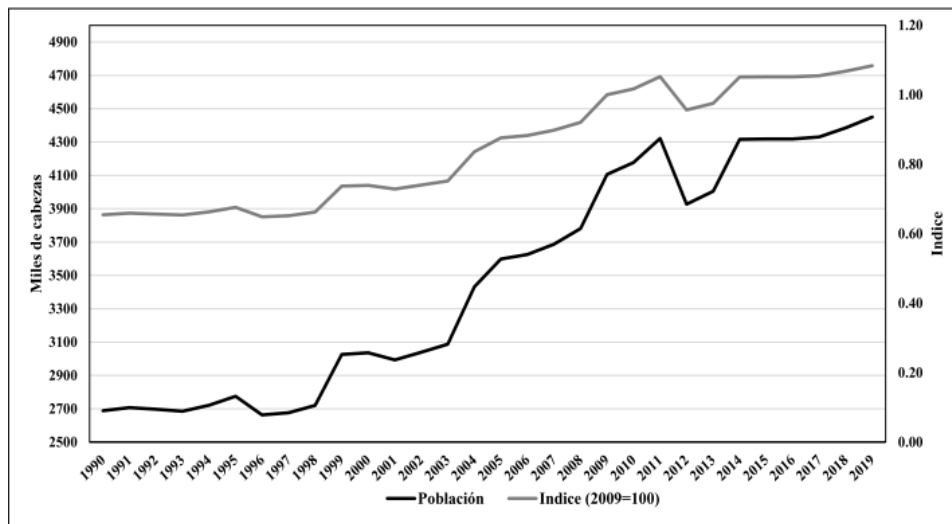
Fuente: (Pinto et al., 2010).

2.2.2. Producción de la fibra de alpaca

Según datos del INEI (2012) la población de alpacas en el Perú a experimentó un incremento del 46 % entre los años 1994 y 2012; no obstante al considerar un periodo más amplio, de 1990 a 2019, se estima una tasa de crecimiento promedio anual del 1,75 % como lo muestra la Figura 2.

Figura 2

Población de alpacas, en el Perú (miles de cabezas) e índices, para el período 1990-2019



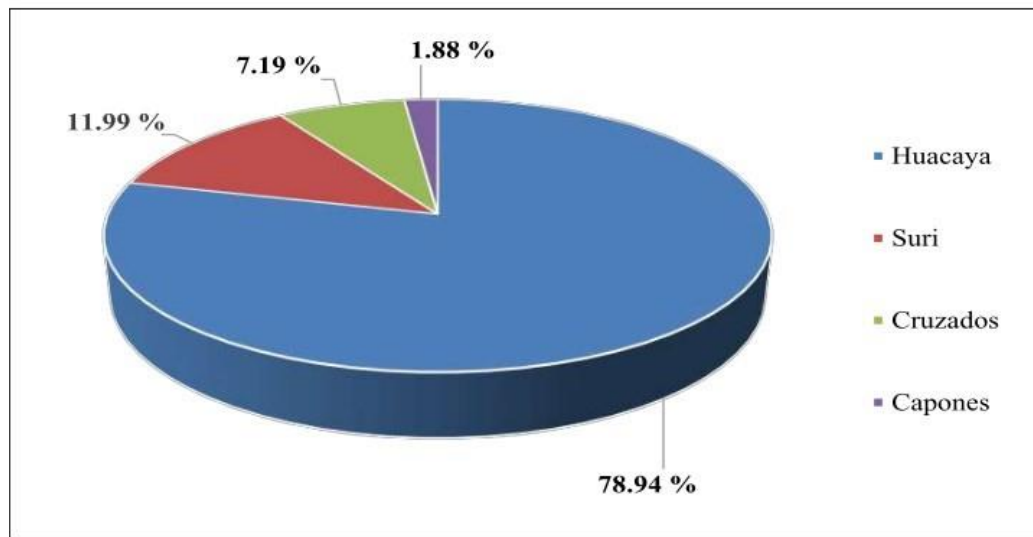
Fuente: Villanueva, (2023).

Según el Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012) en el Perú predomina la población de alpacas de la raza Huacaya, representando el 78,94 % del total, mientras que la raza Suri alcanzaba apenas el 11,99 %, como se muestra se puede visualizar en la Figura 3. Ocho años después entre el año 2020, esta distribución se mantiene aún con ligeras variaciones: la raza Huacaya aumentó levemente hasta representar el 80,4 %, mientras que la Suri alcanzó el 12,2 %, de acuerdo con datos del (INEI, 2012). Estos resultados evidencian que, durante el periodo analizado, la composición racial de la población alpaquera en el país se ha

mantenido relativamente estable, con una clara predominancia de la raza Huacaya sobre la Suri.

Figura 3

Número de alpacas por razas (porcentaje)

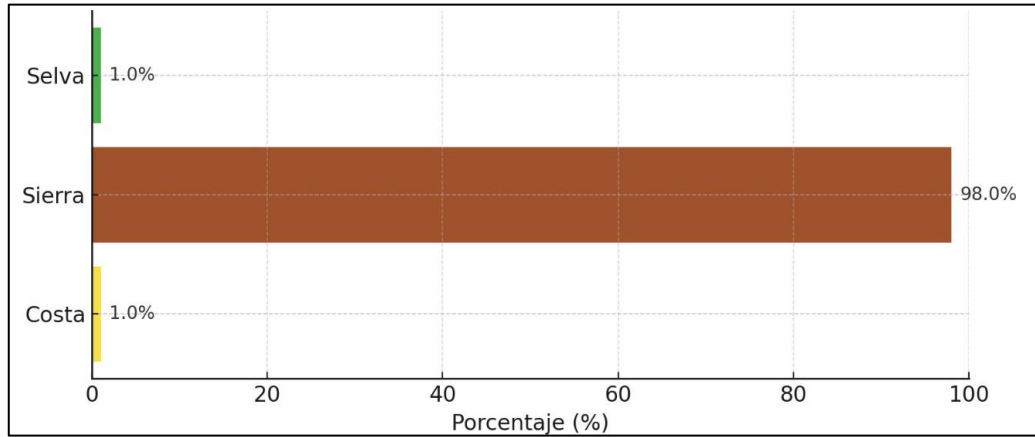


Fuente: Villanueva, (2023).

De acuerdo con los datos reportados por el Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012) la mayor concentración de alpacas en el territorio peruano se ubica en la región natural de la sierra, tal como se muestra en la Figura 4. Esta distribución está directamente relacionada con las condiciones agroecológicas de la zona andina, donde predominan altitudes elevadas, temperaturas frías y ecosistemas altoandinos adecuados para la crianza de camélidos sudamericanos. (Frank, 2017); En contraste, las regiones de la selva y la costa presentan una presencia muy reducida o casi nula de alpacas, debido a que sus condiciones climáticas y geográficas no son apropiadas para el desarrollo óptimo de esta especie.

Figura 4

Distribución porcentual de la población de alpacas según región natural del Perú (CENAGRO, 2012)

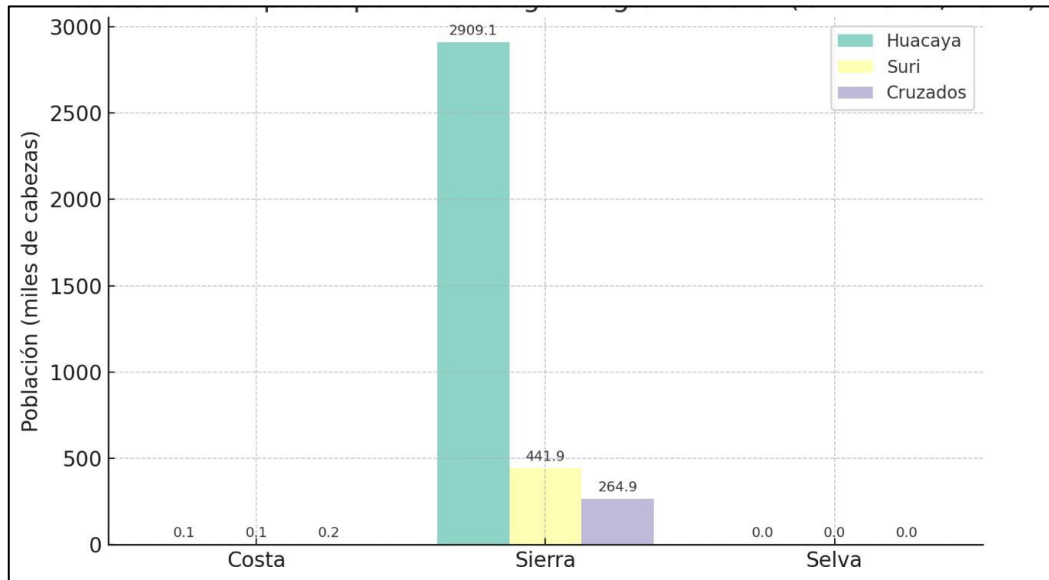


Fuente: INEI (2012)

De acuerdo con la información presentada en la Figura 5, se observa que la mayor concentración de alpacas, tanto de la raza Huacaya como de la raza Suri, se encuentra en la región natural de la sierra, representando conjuntamente el **99,98 %** del total nacional. En particular, la raza Huacaya se localiza casi exclusivamente en esta región, alcanzando el **100 %** de su población total en la sierra, mientras que la raza Suri también presenta una alta concentración en dicha región, con un **99,98 %**. Esta distribución refleja la estrecha adaptación de estos camélidos sudamericanos a las condiciones ecológicas de la sierra, como la altitud, el clima frío y seco, y los pastos nativos andinos, que favorecen su crianza y bienestar. En contraste, en las regiones de costa y selva la presencia de alpacas es prácticamente nula, lo que refuerza la idea de que el ecosistema serrano constituye el hábitat ideal para su desarrollo productivo y reproductivo. (Frank, 2017).

Figura 5

Población de alpacas por razas (Huacaya, Suri y cruzados) según la región natural (Costa, Sierra y Selva)



Fuente: INEI (2012)

2.2.3. La producción de fibra de alpaca

La fibra de alpaca se caracteriza por presentar un alto grado de medulación, lo que influye directamente en su menor peso específico en comparación con la lana (Czaplicki, 2012). Esta particularidad se debe a la composición heterogénea del vellón, el cual está constituido tanto por fibras no meduladas como por fibras meduladas que pueden clasificarse en diferentes tipos según la estructura de su médula: fragmentada, discontinua, continua y fuertemente medulada; estas variaciones estructurales no solo afectan las propiedades físicas de la fibra, como su densidad y textura, sino también su comportamiento durante el procesamiento textil y su valor comercial. INEI (2012).

2.2.4. Características de la fibra

La fibra de alpaca (*Vicugna pacos*) es una fibra de origen proteico, obtenida del vellón que recubre el cuerpo de la alpaca (Villanueva, 2023); especie domesticada a partir de un camélido sudamericano. Esta fibra se incluye dentro del grupo de las denominadas fibras especiales o exóticas, junto con las fibras provenientes de otros camélidos sudamericanos como la llama (*Lama glama*), el guanaco (*Lama guanicoe*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*). Su clasificación como fibra especial se debe a sus excepcionales propiedades físicas y térmicas (Solé, 2024), su suavidad, brillo natural y capacidad de aislamiento térmico, lo que la hace altamente valorada en la industria textil de alta gama a nivel mundial. La fibra de la alpaca Huacaya se distingue por su estructura rizada y esponjosa, que le confiere una apariencia voluminosa y una textura suave. Esta configuración permite que la fibra atrape más aire, proporcionando una excelente capacidad de aislamiento térmico. Por otro lado, la fibra de la alpaca Suri es más lisa y sedosa, con hebras largas que cuelgan en forma de mechones brillantes. Debido a su estructura menos rizada, la fibra Suri puede ser ligeramente más pesada que la de la Huacaya (Lupton et al., 2006).

2.2.5. Características morfológicas y estructurales de la fibra de alpaca

2.2.5.1. Porcentaje de fibras no meduladas

Las fibras no meduladas (FNM) son aquellas que carecen de médula en su estructura interna, lo que les confiere una textura más fina y suave (Berolati et al., 2021). Estos tipos de fibras aportan suavidad y delicadeza a los productos textiles, siendo altamente valoradas en la industria de la moda de lujo.



El porcentaje de fibras no meduladas en la fibra de alpaca se refiere a la proporción de fibras que carecen de médula en relación con el total de fibras analizadas en una muestra (Olarte et al., 2023) y es un indicador clave de la calidad textil, ya que influye directamente en la suavidad, finura y comodidad de los productos finales. La médula es una estructura central en algunas fibras que puede influir en características como la finura, suavidad y capacidad de aislamiento térmico de la fibra. Por lo tanto, un mayor porcentaje de fibras no meduladas suele asociarse con una fibra de mayor calidad y suavidad, aspectos altamente valorados en la industria textil.

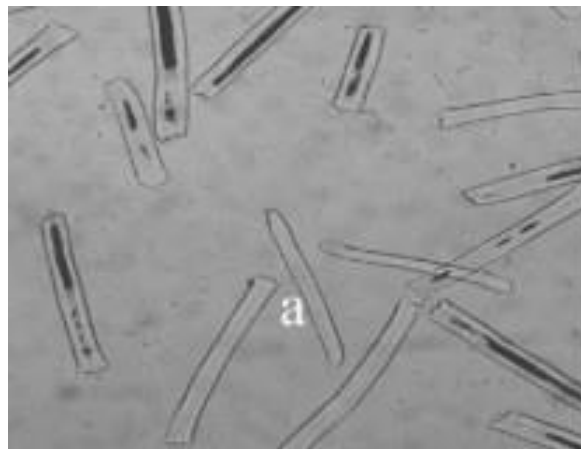
Estudios han demostrado que el porcentaje de fibras no meduladas varía significativamente según factores como la raza, edad y sexo de la alpaca. Una investigación realizada (Lozano et al., 2024) en la región de Apurímac, Perú, encontró que el porcentaje de fibras no meduladas fue similar entre las alpacas Huacaya (36.8%) y Suri (35.0%), sin diferencias estadísticamente significativas. Otro estudio observó que, en alpacas Huacaya, el porcentaje de fibras no meduladas disminuyó con la edad, pasando de 65.69% en el grupo de 1-2 años a 25.60% en el grupo de 9-10 años, indicando una correlación inversa entre la edad y la presencia de fibras no meduladas. Se ha reportado que las hembras presentan un mayor porcentaje de fibras no meduladas en comparación con los machos, lo que sugiere una influencia del sexo en la composición de la fibra (Lozano et al., 2024).

La presencia de un mayor porcentaje de fibras no meduladas está asociada con una fibra de mayor calidad, ya que estas fibras contribuyen a

una textura más suave y a una mejor capacidad de aislamiento térmico. Por lo tanto, la selección genética y las prácticas de manejo que favorecen una mayor proporción de fibras no meduladas son esenciales para mejorar la calidad de la fibra de alpaca destinada a productos textiles de alta gama (Frank, 2017).

Figura 6

Fibras en el vellón de alpaca Huacaya: a) no medulada



Fuente: Pinares et al. (2019)

2.2.5.2. Porcentaje de fibras con médula fragmentada

Las fibras con médula fragmentada son las que presentan una médula interrumpida en segmentos a lo largo de la fibra y este tipo de medulación puede afectar la uniformidad y resistencia de la fibra, influyendo en la durabilidad del tejido final.

El porcentaje de fibras con médula fragmentada en la fibra de alpaca se describe como la proporción de fibras que presentan una médula interrumpida en segmentos a lo largo de su estructura, en relación con el total de fibras analizadas en una muestra (Pinares et al., 2019) como se muestra en la **Figura 7**. Este tipo de medulación influye en características

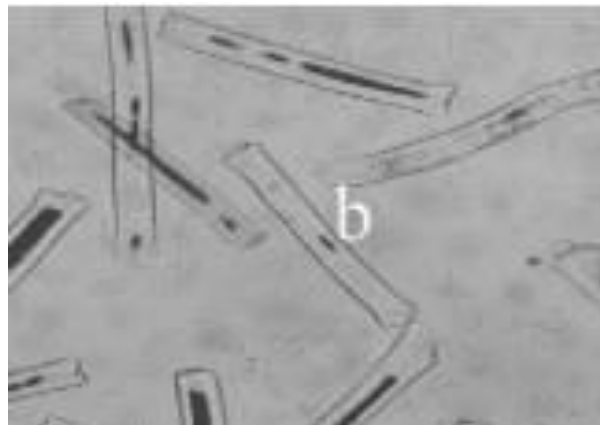
como la finura, suavidad y capacidad de aislamiento térmico de la fibra. La presencia y proporción de fibras con médula fragmentada afectan directamente la calidad textil de la fibra de alpaca. Un mayor porcentaje de estas fibras puede influir en la textura y el rendimiento durante el procesamiento textil. Por lo tanto, comprender y controlar este porcentaje es esencial para mejorar la calidad de los productos finales.

Olarte et al. (2023) en una muestra de alpacas Huacaya encontró que el porcentaje de fibras con médula fragmentada fue del 20.59%, con un diámetro medio de 20.59 μm .

Cruz et al. (2019) reportó que el porcentaje de fibras con médula fragmentada en alpacas Huacaya fue del 12.33% al 91.67% por muestra, indicando una amplia variabilidad entre individuos.

Figura 7

Fibras en el vellón de alpaca Huacaya: b) con medulada fragmentada



Fuente: Pinares et al. (2019)

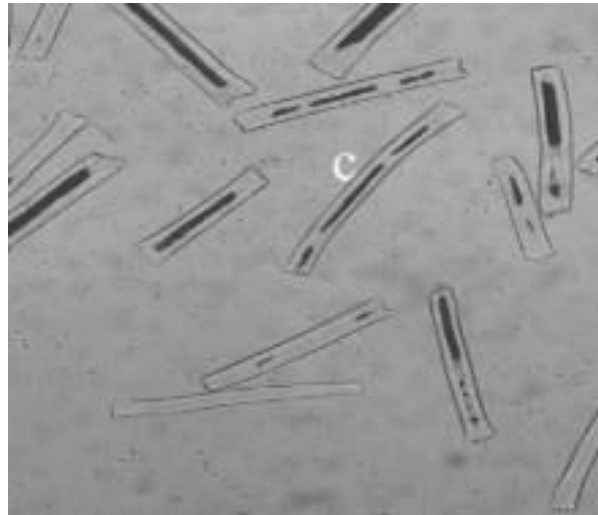
2.2.5.3. Porcentaje de fibras con medula discontinua

Las fibras con médula discontinua son las que tienen una médula que aparece y desaparece en intervalos irregulares a lo largo de la fibra.

Las fibras con médula discontinua pueden influir en la elasticidad y otras propiedades mecánicas del material textil Figura 8.

Figura 8

Fibras en el vellón de alpaca Huacaya: c) con medulada discontinua



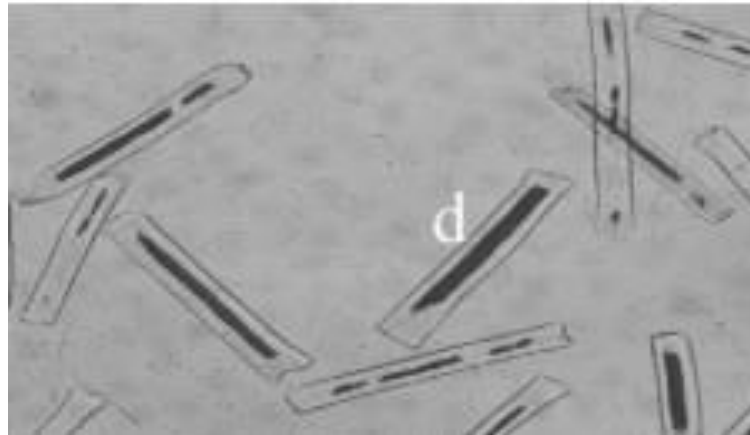
Fuente: (Pinares et al., 2019)

2.2.5.4. Porcentaje de fibras con medula continua

Las fibras con Médula Continua son las que poseen una médula que se extiende sin interrupciones a lo largo de toda la fibra. Este tipo de medulación puede aumentar la rigidez y disminuir la flexibilidad de la fibra, afectando la manejabilidad del tejido.

Figura 9

Fibras en el vellón de alpaca Huacaya: d) con medulada continua



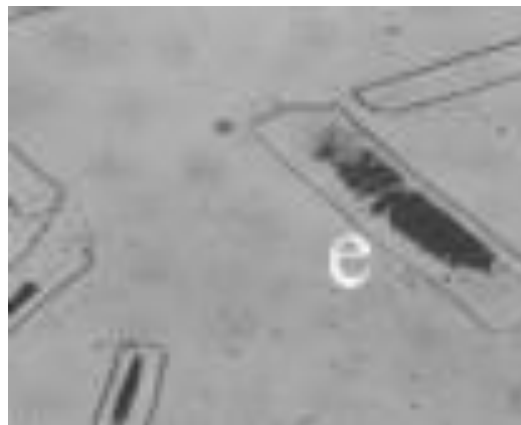
Fuente: (Pinares et al., 2019)

2.2.5.5. Porcentaje de fibras fuertemente meduladas

Las fibras Fuertemente Meduladas son las fibras con una médula prominente y bien definida que ocupa una gran proporción del diámetro de la fibra. Estas fibras suelen ser más gruesas y menos flexibles, lo que puede afectar negativamente la calidad del producto final, haciéndolo menos suave al tacto.

Figura 10

Fibras en el vellón de alpaca Huacaya: e) fuertemente medulada



Fuente: (Pinares et al., 2019)



2.2.5.6. Porcentaje de fibras meduladas

El porcentaje de fibras meduladas en la fibra de alpaca se refiere a la proporción de fibras que contienen médula en su estructura interna, en comparación con el total de fibras analizadas en una muestra. La médula es una estructura central en la fibra que puede variar en tipo y continuidad, influyendo en las propiedades físicas y textiles de la fibra.

La evaluación del porcentaje de fibras meduladas se realiza mediante análisis microscópicos o utilizando equipos especializados como el FIBER MED. Estos instrumentos permiten determinar el tipo y la proporción de medulación en muestras de fibra, proporcionando información crucial para la clasificación y selección de fibras destinadas a diferentes usos textiles.

2.2.5.7. Diámetro medio de fibra

El diámetro medio de fibra (DMF) es una medida fundamental en la evaluación de la calidad de la fibra de alpaca, ya que influye directamente en su finura, suavidad y valor comercial. El diámetro de la fibra (μm), también conocido como finura, constituye uno de los atributos más importantes en la evaluación cualitativa de la fibra (Quispe et al., 2013), ya que desempeña un papel clave en su clasificación y valorización comercial.

2.2.6. Correlación

El coeficiente de correlación de Pearson permite evaluar la relación lineal entre dos variables continuas, siendo una herramienta útil para analizar la



asociación entre diferentes tipos de médula en la fibra de alpaca. En este contexto, se puede aplicar para determinar el grado de correlación entre los porcentajes de médula continua, discontinua y ausente, lo cual permite identificar patrones de comportamiento entre estos tipos estructurales de la fibra.

Este coeficiente adopta valores que oscilan entre -1 y +1 (Pariona, 2014). Un valor cercano a +1 indica una correlación positiva fuerte, lo que implica que al aumentar el porcentaje de un tipo de médula (por ejemplo, continua), también tiende a aumentar el de otro tipo relacionado. Por el contrario, un valor cercano a -1 refleja una correlación negativa, es decir, un incremento en el porcentaje de un tipo de médula se asocia con una disminución en otro (por ejemplo, al aumentar la médula continua, disminuye la médula ausente). Un valor cercano a 0 indica que no existe una asociación lineal significativa entre los tipos de médula evaluados.

Para evaluar la intensidad de la relación entre las variables utilizamos la guía proporcionada por Cohen (Tabla 1), que ofrece una clasificación clara desde la ausencia de correlación hasta correlaciones fuertes y significativas. Esta metodología nos permitió entender la fuerza y dirección de las relaciones identificadas entre la edad, el sexo y el porcentaje de tipos de médula en las alpacas Huacaya.



Tabla 1

Interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación de Pearson según las sugerencias de Cohen.

RANGO DE VALORES r_{XY}	INTERPRETACIÓN
$0.00 \leq r_{XY} < 0.10$	Correlación nula
$0.10 \leq r_{XY} < 0.30$	Correlación débil
$0.30 \leq r_{XY} < 0.50$	Correlación moderada
$0.50 \leq r_{XY} < 1.00$	Correlación fuerte

Fuente: Hernández et al. (2018)



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en la comunidad de Ananea, del distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, ubicada en las coordenadas geográficas 14°40'40" latitud sur y 69°31'56" longitud oeste. La zona presenta temperaturas que oscilan entre -5 °C y 15 °C, con una precipitación pluvial de 385 mm³ y una altitud de 4,660 m s. n. m. Esta región pertenece a la puna húmeda y se caracteriza por la presencia de formaciones de laderas y lomas. Además, su población se dedica principalmente a la crianza de camélidos sudamericanos, como alpacas y llamas.

3.2. MATERIALES

La Tabla 2 se detalla los equipos y los recursos empleados en el estudio, agrupado en cuatro categorías principales. La infraestructura, representada por los corrales de manejo, que permiten la contención segura de los animales durante la toma de muestras. En los equipos utilizados, se destaca el uso del Fiber med (Medulómetro), un dispositivo especializado para medir el diámetro y la medulación de la fibra. Dentro de los insumos, se considera el detergente no enzimático, utilizado para la limpieza de la fibra sin alterar sus propiedades. Finalmente, en los materiales de trabajo incluye diversos elementos esenciales para la identificación y recolección de muestras, tales como alpacas de la raza Huacaya de vellón blanco, aretes y aretador para identificación, tijeras para el corte de fibra, bolsas de muestreo para su almacenamiento, marcadores y cuaderno de campo para el registro de datos, así como mamelucos de protección para el personal involucrado en la investigación.

Tabla 2

Equipos y recursos utilizados en el estudio

CATEGORÍA	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Infraestructura	Corrales de manejo	Espacios acondicionados para la contención y manejo de alpacas durante la toma de muestras.
Equipos	Fiber med (Medulómetro)	Dispositivo especializado para medir el diámetro y la medulación de la fibra de alpaca.
Insumos	Detergente no enzimático	Solución utilizada para la limpieza de fibras antes de su análisis sin afectar su estructura.
Materiales de Trabajo	Alpacas de la raza Huacaya de vellón blanco	Animales seleccionados para la toma de muestras de fibra y análisis de características textiles.
	Aretador	
	Arete	
	Tijera	
	Bolsas de muestreo	
	Marcador	
	Mameluco	
	Cuaderno de campo	
	Marcador indeleble	

Fuente: Elaboración propia

3.3. RECOLECCIÓN Y EVALUACIÓN

En la Tabla 3 se presenta la distribución del número de animales y muestras según la edad y sexo en alpacas Huacaya de vellón blanco, permitiendo una caracterización detallada de la población estudiada. Se consideraron cuatro categorías de edad: Diente de leche (DL), Dos dientes (2D), Cuatro dientes (4D) y Boca llena (BLL). En cada una de ellas, se registró el número de machos y hembras, así como el total de muestras analizadas y su respectivo porcentaje dentro del conjunto total de 146 muestras.

Tabla 3

Número de animales y muestras según edad y sexo de alpaca Huacaya

EDAD	MACHOS	HEMRAS	N° MUESTRAS	PORCENTAJE (%)
Diente de leche (DL)	30	30	60	41.10
Dos dientes (2D)	12	15	27	18.49
Cuatro dientes (4D)	7	14	21	14.38
Boca llena (BLL)	13	25	38	26.03
Total			146	100

Fuente: Elaboración propia

3.4. METODOLOGÍA

3.4.1. Población

Se recolectaron muestras de fibra de alpaca Huacaya en la comunidad de Ananea, ubicada en el distrito de Ananea y extraídas de la región costillar medio de cada animal. Para el estudio, se seleccionaron 146 alpacas Huacaya, distribuidas en cuatro categorías de edad: Diente de leche (DL) con 60 animales, Dos dientes (2D) con 27, Cuatro dientes (4D) con 21, y Boca llena (BLL) con 38.

El tamaño muestral se determinó utilizando la fórmula para poblaciones finitas:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{(e^2 \cdot (N - 1)) + (Z^2 \cdot p \cdot q)}$$

Donde:

- n es el tamaño de la muestra,
- $N=1200$ es la población total,
- $Z=1.96$ corresponde al nivel de confianza del 95%,
- $p=0.5$ y $q=0.5$ representan la máxima variabilidad,
- $e=0.095$ es el margen de error permitido (9.5%).

Sustituyendo los valores se obtuvo un tamaño muestral de 146 alpacas, número considerado representativo.

3.4.2. Alimentación

La alimentación de la población de alpacas en el estudio en la zona altoandina del distrito, se basa principalmente en pastos naturales de altura, como el ichu (*Stipa ichu*), *Festuca spp.* y otras gramíneas propias de la puna, así como especies presentes en los bofedales, que constituyen una fuente clave de forraje durante todo el año. Estos ecosistemas húmedos permiten el pastoreo incluso en la época seca, asegurando la subsistencia de las alpacas. La suplementación con avena forrajera o sales minerales se realiza ocasionalmente, especialmente en periodos críticos como heladas o sequías.



3.4.3. Proceso de muestreo y recolección de fibra

Se utilizó la metodología de Aylan y McGregor (2002) para la extracción de muestras de fibra en la zona del costillar medio de cada alpaca; esta área fue seleccionada debido a su representatividad en la evaluación de las características textiles, ya que presenta menor variabilidad en comparación con otras regiones del cuerpo.

Las muestras obtenidas fueron colocadas en bolsas debidamente etiquetadas, registrando información clave para su identificación y análisis posterior, asegurando la trazabilidad de los datos. Cada etiqueta contenía:

- **Lugar y fecha de muestreo**, para contextualizar la recolección dentro de las condiciones ambientales y temporales del estudio.
- **Número de arete**, permitiendo la identificación individual de cada alpaca y el seguimiento de sus características específicas.
- **Sexo del animal**, variable relevante en el análisis de la estructura de la fibra y su calidad.
- **Edad dentaria**, criterio fundamental para evaluar la evolución de las propiedades textiles a lo largo del crecimiento del animal.

Además, se tomaron precauciones para evitar la contaminación o alteración de las muestras durante la manipulación y almacenamiento. Las bolsas fueron selladas herméticamente y almacenadas en condiciones óptimas para su posterior análisis en laboratorio. Este procedimiento permitió garantizar la fiabilidad de los datos y su adecuada comparación en el estudio de las fibras de alpaca.



3.5. ANÁLISIS DE LABORATORIO

Las muestras analizadas en el laboratorio NATURAL FIBER'S TECH de la ciudad de Lima. Cada muestra de fibra de alpaca recolectada fue almacenada en bolsas de 10 x 20 cm, debidamente identificadas y ordenadas según su código. Posteriormente, fueron acondicionadas siguiendo un protocolo estandarizado para garantizar el envío y la precisión de los resultados.

3.5.1. Limpieza de la muestra

- La muestra fue retirada de la bolsa y sacudida cuidadosamente para eliminar el exceso de tierra e impurezas superficiales.
- Se sumergió en baño María a 60 °C, utilizando un detergente no enzimático, seguido de un enjuague con agua corriente para eliminar residuos.
- Finalmente, la muestra fue secada en un ambiente controlado sin exposición a la luz solar durante 24 horas, evitando alteraciones en su estructura natural de la fibra.

3.5.2. Preparación de la muestra

- Se seleccionó una porción de mecha limpia con un peso de 1 a 2 gramos.
- Se efectuó un corte transversal en la muestra de fibra para su análisis microscópico.
- Los fragmentos obtenidos fueron colocados en un portaobjetos, añadiendo una gota de aceite de inmersión, y posteriormente cubiertos con un cubreobjetos para su observación.



3.5.3. Medición de la muestra

- El portaobjetos fue colocado en el Medulómetro Fiber Med para el análisis de la estructura interna de la fibra.
- Se registró la identificación de la muestra en el sistema.
- Se procedió a la medición y clasificación de las fibras según su tipo de médula.

3.5.4. Determinación de la tasa de medulación

- Se realizaron observaciones microscópicas en 146 fibras por muestra para obtener una evaluación representativa.
- Se determinó la tasa de medulación específica para cada animal, permitiendo identificar variaciones según sexo y edad.

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.6.1. Porcentaje de tipos de médula

Para evaluar el efecto de la edad sobre el porcentaje de los diferentes tipos de médula en la fibra de alpaca, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), donde la variable independiente fue la edad con cuatro niveles:

- Diente de leche (DL)
- Dos dientes (2D)
- Cuatro dientes (4D)
- Boca llena (BLL)

Las variables de respuesta fueron los siguientes porcentajes de tipos de médula:



- Porcentaje de fibras no meduladas
- Porcentaje de fibras con médula fragmentaria
- Porcentaje de fibras con médula discontinua
- Porcentaje de fibras con médula continua
- Porcentaje de fibras fuertemente meduladas

El modelo estadístico empleado para el análisis de varianza (ANOVA) se expresó de la siguiente manera:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

En donde:

y_{ij} = Porcentaje del tipo de médula en la j -ésima fibra del grupo i -ésima edad.

μ = Media general del porcentaje de médula.

τ_i = Efecto de la i -ésima categoría de edad (DL, 2D, 4D, BLL).

ε_{ij} = Error experimental asociado a cada observación, asumiendo una distribución normal con media cero y varianza homogénea ($\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$).

3.6.1.1. Pruebas estadísticas

- Suposiciones del modelo: Se verificaron los supuestos de normalidad de residuos (prueba de Shapiro-Wilk), homocedasticidad (prueba de Levene) e independencia de los datos.



- Análisis de varianza (ANOVA): Se utilizó para determinar si existían diferencias significativas entre los grupos de edad en cuanto al porcentaje de cada tipo de médula.
- Prueba de Tukey: Se aplicó para realizar comparaciones múltiples entre las medias de cada grupo de edad con un nivel de significancia del 5% ($\alpha=0.05$).

3.6.2. Efecto del sexo sobre el porcentaje de tipos de médula

Para evaluar el efecto del sexo sobre el porcentaje de los diferentes tipos de médula en la fibra de alpacas Huacaya, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), donde la variable independiente fue el sexo, con dos niveles:

- Machos
- Hembras

Las variables de respuesta fueron los siguientes porcentajes de tipos de médula:

- Porcentaje de fibras no meduladas
- Porcentaje de fibras con médula fragmentaria
- Porcentaje de fibras con médula discontinua
- Porcentaje de fibras con médula continua
- Porcentaje de fibras fuertemente meduladas

El modelo estadístico empleado para el análisis de varianza (ANOVA) se expresó de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$



En donde:

y_{ij} = Porcentaje del tipo de médula en la j -ésima fibra del grupo i -ésimo sexo.

μ = Media general del porcentaje de médula.

τ_i = Efecto de la i -ésima categoría de sexo (Macho o Hembra).

ε_{ij} = Error experimental asociado a cada observación, asumiendo una distribución normal con media cero y varianza homogénea ($\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$).

3.6.2.1. Pruebas estadísticas

- Análisis de varianza (ANOVA): Se utilizó para determinar si existían diferencias significativas entre machos y hembras en cuanto al porcentaje de cada tipo de médula.
- Prueba de Tukey: Se aplicó para realizar comparaciones múltiples entre las medias de cada grupo con un nivel de significancia del 5% ($\alpha=0.05$).
- Suposiciones del modelo: Se verificaron los supuestos de normalidad de residuos (prueba de Shapiro-Wilk), homocedasticidad (prueba de Levene) e independencia de los datos.

3.6.3. Correlación entre tipos de médula

Para evaluar la correlación entre los diferentes tipos de médula en la fibra de alpaca, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. Este coeficiente mide



la intensidad y dirección de la relación lineal entre dos variables, proporcionando un valor comprendido entre -1 y 1.

3.6.3.1. Cálculo del coeficiente de correlación de Pearson

El coeficiente de correlación de Pearson (r) se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\text{cov}(X,Y)}{\sqrt{\sigma_X^2} \cdot \sqrt{\sigma_Y^2}}$$

Donde:

r : Coeficiente de correlación.

$\text{cov}(X, Y)$: Covarianza entre X e Y.

σ_X^2 : Varianza de X.

σ_Y^2 : Varianza de Y.

3.6.3.1.1. Interpretación de los resultados

- $r=1$ → Correlación positiva perfecta: A medida que una variable aumenta, la otra también lo hace en la misma proporción.
- $r>0$ → Correlación positiva: Existe una relación directa entre las variables (a mayor porcentaje de un tipo de médula, mayor el otro).
- $r=0$ → No hay correlación lineal entre las variables.



- $r < 0$ → Correlación negativa: A medida que una variable aumenta, la otra disminuye.
- $r = -1$ → Correlación negativa perfecta: Existe una relación inversa exacta entre las variables.

3.6.3.1.2. Análisis aplicado al estudio

En este estudio, se analizó la correlación entre los diferentes tipos de médula presentes en la fibra de alpaca, considerando las siguientes variables:

- PNOMED: Porcentaje de fibras no meduladas
- PFRAG: Porcentaje de fibras con médula fragmentada
- PDISC: Porcentaje de fibras con médula discontinua
- PCONT: Porcentaje de fibras con médula continua
- PFUERT: Porcentaje de fibras fuertemente meduladas
- PMED: Porcentaje de fibras meduladas
- DMF: Diámetro medio de fibra

Para determinar la significancia de las correlaciones obtenidas, se utilizó la prueba de significancia para el coeficiente de Pearson, con un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0.05$). Se verificaron los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y linealidad mediante diagramas de dispersión.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EFECTO DE LA EDAD SOBRE EL PORCENTAJE DE TIPOS DE MEDULA

En la tabla 4 se presentan los promedios de mínimos cuadrados \pm el error estándar del porcentaje de medulación de las fibras de alpaca, clasificados según la edad del animal. Los resultados indican que el porcentaje de fibras no meduladas varió significativamente ($p < 0.05$) entre los grupos de edad.

Las alpacas con la edad de "dientes de leche" presentaron el mayor porcentaje de fibras no meduladas (82.82 ± 2.15), seguido por el grupo de "dos dientes" (75.11 ± 3.23), "cuatro dientes" (72.73 ± 3.86) y, finalmente, el grupo de "boca llena" con el menor porcentaje (66.42 ± 2.85).

En cuanto a las fibras con médula fragmentaria, se observó un aumento progresivo con la edad, siendo el grupo de "dientes de leche" el que presentó el menor porcentaje (9.82 ± 1.15), mientras que los grupos de "cuatro dientes" (17.14 ± 2.06) y "boca llena" (17.92 ± 1.52) mostraron los valores más altos. Para las fibras con médula discontinua, el grupo de "boca llena" registró el mayor porcentaje (8.16 ± 0.86), seguido por "cuatro dientes" (5.35 ± 1.16), "dos dientes" (4.85 ± 0.97) y "dientes de leche" (3.52 ± 0.65). En el caso de las fibras con médula continua, el grupo de "boca llena" también presentó el valor más alto (7.36 ± 0.85), seguido por "dos dientes" (5.53 ± 0.97), "cuatro dientes" (4.76 ± 1.15) y "dientes de leche" (3.80 ± 0.64).

En las fibras fuertemente meduladas, los grupos de "dos dientes" (0.11 ± 0.03) y "boca llena" (0.13 ± 0.03) mostraron los valores más altos, mientras que los grupos de

"dientes de leche" (0.04 ± 0.02) y "cuatro dientes" (0.02 ± 0.03) registraron los más bajos. Las letras "a" y "b" en cada columna indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los grupos de edad, según la prueba de Tukey-Kramer.

Tabla 4

Porcentaje de medulación (promedio de mínimos cuadrados \pm error estándar) según edad de la alpaca

Edad	No meduladas	Médula fragmentaria	Médula discontinua	Médula continua	Fuertemente meduladas
DL	82.82 ± 2.15^b	9.82 ± 1.15^b	3.52 ± 0.65^b	3.80 ± 0.64^b	0.04 ± 0.02^b
2D	75.11 ± 3.23^{ab}	14.41 ± 1.72^{ab}	4.85 ± 0.97^{ab}	5.53 ± 0.97^{ab}	0.11 ± 0.03^{ab}
4D	72.73 ± 3.86^{ab}	17.14 ± 2.06^a	5.35 ± 1.16^{ab}	4.76 ± 1.15^{ab}	0.02 ± 0.03^b
BLL	66.42 ± 2.85^a	17.92 ± 1.52^a	8.16 ± 0.86^a	7.36 ± 0.85^a	0.13 ± 0.03^a

Nota. a, b Letras diferente en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$) prueba de Tukey-Kramer.

En la Tabla 5 se presentan los promedios de mínimos cuadrados \pm el error estándar del diámetro medio de las fibras de alpaca, clasificados según la edad del animal. Los resultados indican que el diámetro medio de la fibra total varió significativamente ($p < 0.05$) entre los grupos de edad. Las alpacas con dentición de "dientes de leche" presentaron el menor diámetro medio de fibra total ($16.05 \pm 0.25 \mu\text{m}$), seguido por los grupos de "dos dientes" ($17.85 \pm 0.38 \mu\text{m}$), "cuatro dientes" ($18.24 \pm 0.45 \mu\text{m}$) y "boca llena" ($18.55 \pm 0.33 \mu\text{m}$), siendo este último grupo el que registró el mayor diámetro.



En cuanto al diámetro medio de las fibras no meduladas, se observó un patrón similar, con el grupo de "dientes de leche" mostrando el menor valor ($15.19 \pm 0.21 \mu\text{m}$), mientras que los grupos de "dos dientes" ($16.45 \pm 0.31 \mu\text{m}$), "cuatro dientes" ($16.93 \pm 0.38 \mu\text{m}$) y "boca llena" ($16.79 \pm 0.28 \mu\text{m}$) presentaron valores significativamente mayores. Para las fibras con médula fragmentaria, el grupo de "dientes de leche" también registró el menor diámetro medio ($18.73 \pm 0.24 \mu\text{m}$), mientras que los grupos de "dos dientes" ($20.42 \pm 0.37 \mu\text{m}$), "cuatro dientes" ($21.01 \pm 0.44 \mu\text{m}$) y "boca llena" ($20.51 \pm 0.32 \mu\text{m}$) mostraron valores más altos.

En las fibras con médula discontinua, el grupo de "dientes de leche" presentó el menor diámetro medio ($20.93 \pm 0.28 \mu\text{m}$), mientras que los grupos de "dos dientes" ($22.91 \pm 0.41 \mu\text{m}$), "cuatro dientes" ($22.90 \pm 0.50 \mu\text{m}$) y "boca llena" ($22.90 \pm 0.37 \mu\text{m}$) registraron valores significativamente mayores. Para las fibras con médula continua y las fibras fuertemente meduladas, no se observaron diferencias significativas entre los grupos de edad, con valores que oscilaron entre $25.33 \pm 0.77 \mu\text{m}$ y $26.26 \pm 0.57 \mu\text{m}$ para las fibras con médula continua, y entre $45.23 \pm 3.87 \mu\text{m}$ y $51.67 \pm 8.10 \mu\text{m}$ para las fibras fuertemente meduladas. Las letras "a" y "b" en cada columna indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los grupos de edad, según la prueba de Tukey-Kramer.

Tabla 5

Diámetro medio de fibra (promedio de mínimos cuadrados \pm error estándar) según edad de la alpaca

Edad	Diámetro medio de fibra total, μm	No meduladas, μm	Médula fragmentaria, μm	Médula discontinua, μm	Médula continua, μm	Fuertemente meduladas, μm
DL	16.05 \pm 0.25 ^b	15.19 \pm 0.21 ^b	18.73 \pm 0.24 ^b	20.93 \pm 0.28 ^b	25.58 \pm 0.43 ^a	46.85 \pm 3.42 ^a
2D	17.85 \pm 0.38 ^a	16.45 \pm 0.31 ^a	20.42 \pm 0.37 ^a	22.91 \pm 0.41 ^a	25.64 \pm 0.65 ^a	45.23 \pm 3.87 ^a
4D	18.24 \pm 0.45 ^a	16.93 \pm 0.38 ^a	21.01 \pm 0.44 ^a	22.90 \pm 0.50 ^a	25.33 \pm 0.77 ^a	51.67 \pm 8.10 ^a
BLL	18.55 \pm 0.33 ^a	16.79 \pm 0.28 ^a	20.51 \pm 0.32 ^a	22.90 \pm 0.37 ^a	26.26 \pm 0.57 ^a	49.88 \pm 3.32 ^a

Nota. a, b Letras diferente en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$) prueba de Tukey-Kramer. μm : micrómetro.

Los resultados confirman que la edad tiene un efecto significativo sobre el porcentaje de tipos de médula en las alpacas Huacaya de vellón blanco en el distrito de Ananea. Esta observación concuerda con lo reportado por Olarte et al. (2023), quienes identificaron un incremento progresivo del porcentaje de fibras meduladas (TFM) conforme aumentaba la edad de los animales, acompañado por una reducción significativa del porcentaje de fibras no meduladas (FNM). Este patrón sugiere que la medulación es una característica dinámica asociada al desarrollo fisiológico del folículo piloso con el envejecimiento del animal.

Se observa que algunos tipos de médula, como la continua y fuertemente medulada, se vuelven más prevalentes en edades avanzadas, lo que podría comprometer



la calidad textil de la fibra. Por tanto, los resultados respaldan la importancia de considerar la edad como un factor clave en los programas de selección y mejora genética, priorizando animales jóvenes con menores índices de medulación.

4.2. EFECTO DEL SEXO SOBRE EL PORCENTAJE DE TIPOS DE MEDULA

En la Tabla 6 se presentan los promedios de mínimos cuadrados \pm el error estándar del porcentaje de medulación de las fibras de alpaca, desglosados según el sexo del animal. Los resultados muestran que, en el caso de los machos, el porcentaje de fibras no meduladas fue de 73.09 ± 2.42 , mientras que en las hembras este valor fue ligeramente superior, con 75.45 ± 1.92 .

En cuanto a las fibras con médula fragmentaria, los machos presentaron un promedio de 15.36 ± 1.29 , y las hembras, 14.29 ± 1.02 . Para las fibras con médula discontinua, los valores fueron de 5.67 ± 0.73 en machos y 5.27 ± 0.58 en hembras. Respecto a las fibras con médula continua, los machos registraron un porcentaje de 5.80 ± 0.72 , mientras que en las hembras fue de 4.92 ± 0.57 .

En las fibras fuertemente meduladas, ambos sexos mostraron valores muy bajos, con 0.08 ± 0.02 en machos y 0.07 ± 0.02 en hembras.

No se observaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre los sexos en ninguna de las categorías analizadas, según la prueba de Tukey-Kramer, como lo indican las letras "a" presentes en todas las columnas.

Tabla 6

Porcentaje de medulación (promedio de mínimos cuadrados \pm error estándar) según sexo de la alpaca

Edad	No meduladas	Médula fragmentaria	Médula discontinua	Médula continua	Fuertemente meduladas
Macho	73.09 \pm 2.42 ^a	15.36 \pm 1.29 ^a	5.67 \pm 0.73 ^a	5.80 \pm 0.72 ^a	0.08 \pm 0.02 ^a
Hembra	75.45 \pm 1.92 ^a	14.29 \pm 1.02 ^a	5.27 \pm 0.58 ^a	4.92 \pm 0.57 ^a	0.07 \pm 0.02 ^a

Nota. a, b Letras diferente en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$) prueba de Tukey-Kramer.

En la Tabla 7 se presentan los promedios de mínimos cuadrados \pm el error estándar del diámetro medio de las fibras de alpaca, clasificados según el sexo del animal. Los resultados muestran que no hubo diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre machos y hembras en ninguna de las categorías analizadas. El diámetro medio de la fibra total fue de $17.93 \pm 0.28 \mu\text{m}$ en machos y $17.41 \pm 0.22 \mu\text{m}$ en hembras. Para las fibras no meduladas, los valores fueron de $16.50 \pm 0.24 \mu\text{m}$ en machos y $16.18 \pm 0.19 \mu\text{m}$ en hembras. En el caso de las fibras con médula fragmentaria, los diámetros medios fueron de $20.38 \pm 0.27 \mu\text{m}$ en machos y $19.96 \pm 0.22 \mu\text{m}$ en hembras. Para las fibras con médula discontinua, los valores registrados fueron de $22.59 \pm 0.31 \mu\text{m}$ en machos y $22.23 \pm 0.24 \mu\text{m}$ en hembras. En cuanto a las fibras con médula continua, los diámetros medios fueron de $25.74 \pm 0.49 \mu\text{m}$ en machos y $25.66 \pm 0.38 \mu\text{m}$ en hembras.

En las fibras fuertemente meduladas, los diámetros medios fueron de $49.79 \pm 4.46 \mu\text{m}$ en machos y $47.04 \pm 2.43 \mu\text{m}$ en hembras.

Tabla 7

Diámetro medio de fibra (promedio de mínimos cuadrados \pm error estándar) según sexo de la alpaca

Edad	Diámetro medio de fibra total, μm	No meduladas, μm	Médula fragmentaria, μm	Médula discontinua, μm	Médula continua, μm	Fuertemente meduladas, μm
Macho	17.93 \pm 0.28 ^a	16.50 \pm 0.24 ^a	20.38 \pm 0.27 ^a	22.59 \pm 0.31 ^a	25.74 \pm 0.49 ^a	49.79 \pm 4.46 ^a
Hembra	17.41 \pm 0.22 ^a	16.18 \pm 0.19 ^a	19.96 \pm 0.22 ^a	22.23 \pm 0.24 ^a	25.66 \pm 0.38 ^a	47.04 \pm 2.43 ^a

Nota. a, b Letras diferente en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$) prueba de Tukey-Kramer. μm : micrómetro.

El análisis de los datos no mostro diferencias significativas en los tipos de médula entre machos y hembras, sin embargo, Lozano et al. (2024); En su estudio, las hembras de alpaca Huacaya presentaron un mayor porcentaje de fibras fuertemente meduladas y de medulación continua en comparación con los machos, lo que también se ha observado en el presente estudio en el distrito de Ananea. Esta diferencia podría estar relacionada con factores hormonales y fisiológicos que afectan el desarrollo del folículo piloso. No obstante, es importante resaltar que el diámetro medio de fibra medulada tiende a ser mayor en machos, lo que sugiere que la relación entre sexo y calidad textil no es unidimensional. Así, los resultados refuerzan la necesidad de aplicar criterios de selección diferenciados por sexo, especialmente si se busca mejorar la finura y uniformidad del vellón destinado al procesamiento textil.

4.3. CORRELACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS TIPOS DE MEDULA

En la Tabla 8 se presentan las correlaciones de Pearson entre los porcentajes de cada tipo de medulación y el diámetro medio de fibra total. Los resultados muestran que el porcentaje de fibras no meduladas presentó correlaciones negativas altamente significativas ($p < 0.001$) con todos los tipos de fibras meduladas: fibras con médula fragmentaria (-0.91***), fibras con médula discontinua (-0.93***), fibras con médula continua (-0.82***) y fibras fuertemente meduladas (-0.38***).

Se observó una correlación negativa altamente significativa entre el porcentaje de fibras no meduladas y el diámetro medio de fibra total (-0.62***). El porcentaje de fibras con médula fragmentaria mostró correlaciones positivas altamente significativas con el porcentaje de fibras con médula discontinua (0.73***), fibras con médula continua (0.53***) y el diámetro medio de fibra total (0.62***), mientras que la correlación con el porcentaje de fibras fuertemente meduladas fue significativa, pero de menor magnitud (0.21*).

El porcentaje de fibras con médula discontinua presentó correlaciones positivas altamente significativas con el porcentaje de fibras con médula continua (0.82***), fibras fuertemente meduladas (0.46***) y el diámetro medio de fibra total (0.47***). El porcentaje de fibras con médula continua y el porcentaje de fibras fuertemente meduladas mostraron correlaciones positivas altamente significativas con el diámetro medio de fibra total (0.52*** y 0.29***, respectivamente).

Estos resultados indican que, a medida que aumenta el porcentaje de fibras meduladas, el diámetro medio de la fibra total tiende a incrementarse, mientras que las fibras no meduladas están asociadas con diámetros menores

Tabla 8*Asociación (r de Pearson) entre tipos de medulación y el diámetro medio de fibra.*

	Fibras con médula fragmentaria	Fibras con médula discontinua	Fibras con médula continua	Fibras fuertemente meduladas	Diámetro medio de fibra total
Fibras no meduladas	-0.91***	-0.93***	-0.82***	-0.38***	-0.62***
Fibras con médula fragmentaria		0.73***	0.53***	0.21*	0.62***
Fibras con médula discontinua			0.82***	0.46***	0.47***
Fibras con médula continua				0.43***	0.52***
Fibras fuertemente meduladas					0.29***

Nota. ***: (p<0.001)

El presente estudio evidencia correlaciones significativas entre los distintos tipos de médula presentes en las fibras de alpacas Huacaya de vellón blanco. Se han encontrado asociaciones positivas entre la presencia de médula fragmentada y discontinua, y una correlación negativa entre estas y el porcentaje de fibras no meduladas, lo que respalda los hallazgos de Olarte et al. (2023) y Cruz et al. (2019), quienes observaron relaciones opuestas entre el porcentaje de fibras meduladas y el diámetro medio de fibra. Estos resultados confirman que el tipo de médula está estrechamente vinculado con otras propiedades físicas de la fibra, lo que podría impactar directamente en su valor comercial. Además, como señalan Cruz et al. (2019), las correlaciones genéticas entre el porcentaje de medulación y el diámetro de fibra son suficientemente altas como para justificar la inclusión de esta variable como criterio en programas de mejoramiento genético. Por lo tanto, comprender la interacción entre los tipos de médula puede facilitar el diseño de



estrategias de selección más eficaces para mejorar la calidad textil de las fibras de alpacas

Huacaya.



V. CONCLUSIONES

- PRIMERA:** La edad influye significativamente en la proporción de tipos de médula en la fibra de alpacas Huacaya, evidenciando que a medida que el animal va transcurriendo los años, cambian las características internas de su fibra, lo cual puede impactar en su calidad textil.
- SEGUNDA:** El sexo no presentó un efecto significativo sobre los tipos de médula en la fibra, lo que sugiere que tanto hembras como machos presentan una composición similar de médula en las distintas categorías evaluadas.
- TERCERA:** Las correlaciones entre los diferentes tipos de médula fueron variables, desde positivas hasta negativas, lo que indica relaciones complejas entre las estructuras internas de la fibra que podrían ser consideradas en programas de mejoramiento genético y clasificación de fibra.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA: Implementar programas de manejo y selección por edad en alpacas Huacaya, considerando que la edad influye en el tipo de médula y, por ende, en la calidad de la fibra producida.

SEGUNDA: Fomentar estudios complementarios que exploren otros factores, como la nutrición, el ambiente y la genética, que también podrían influir en la formación de médula, para mejorar el rendimiento y la calidad de la fibra.

TERCERA: Utilizar los resultados de las correlaciones entre tipos de médula como base para clasificar la fibra de manera más precisa en centros de acopio, priorizando aquellas con mayor valor comercial según su tipo de médula.

CUARTA: Capacitar a productores y técnicos en el uso de tecnologías como el medulómetro (Fiber Med) para el análisis de fibra, lo cual permitirá tomar decisiones informadas en la selección y comercialización de alpacas y su fibra.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aylan, J., y 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/https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00038-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00038-X)
- Berolati, G., Ruiz, L., Cabrera, F. A., Quispe, M. D., y Quispe, E. C. (2021). Evaluacion de la medulación de fibra de lanas y fibras especiales de algunas especies de animales. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 32(5). <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i5.17639>
- Cruz, A., Morante, R., Gutiérrez, J. P., Torres, R., Burgos, A., y Cervantes, I. (2019). Genetic parameters for medullated fiber and its relationship with other productive traits in alpacas. *Animal*, 13(7), 1358–1364. <https://doi.org/10.1017/S1751731118003282>
- Czaplicki, Z. (2012). Properties and structure of polish alpaca wool. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 90(1), 8–12.
- Frank, E. N. (2017). Comercialización de fibras de camélidos sudamericanos. *Red SUPPRAD - Universidad Católica de Córdoba*, 5, 1–21. Retrieved from https://pa.bibdigital.ucc.edu.ar/1332/1/DT_Frank.pdf
- Frank, E. N., Hick, M. V. H., Gauna, C. D., Lamas, H. E., Renieri, C., y Antonini, M. (2006). Phenotypic and genetic description of fibre traits in South American domestic camelids (llamas and alpacas). *Small Ruminant Research*, 61(2), 113–129. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.07.003>
- Hernández, D., Espinosa, J., Peñaloza, M., Rodriguez, J., Chacón, J., Toloza, C., ... Bermúdez, V. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(5), 587–595. Retrieved from <https://orcid.org/0000-0003->
- INEI. (2012). IV Censo Nacional Agropecuario. *Resultados Definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario*, 62. Retrieved from <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENA>



GRO.pdf

- Lozano, F., MacHaca, V., Roldan-Juarez, J., y Pinares, R. (2024). Variation in percentage of medullated fibres and colorimetry in white Huacaya and Suri alpaca fibre. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 35(4), 1–12. <https://doi.org/10.15381/rivep.v35i4.28778>
- Lupton, C. J., McColl, A., y Stobart, R. H. (2006). Fiber characteristics of the Huacaya Alpaca. *Small Ruminant Research*, 64(3), 211–224. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.04.023>
- Mengoni, G. L. (2008). Camelids in ancient Andean societies: A review of the zooarchaeological evidence. *Quaternary International*, 185(1), 59–68. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.quaint.2007.05.022>
- Olarte, C., Calsin, B., Oros, O., y Ormachea, E. (2023). Variación del diámetro y porcentaje de medulación en la fibra de alpacas Huacaya (*Vicugna pacos*). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 34(6), 1–9. <https://doi.org/10.15381/rivep.v34i6.26957>
- Olarte, D., U., C., Calsin, C., Oros, B., y Ormachea, V. (2023). Variation of he diameter and percentage of medulation in the fibre of Huacaya alpacas (*Vicugna pacos*). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 34(6), 1–9. <https://doi.org/10.15381/rivep.v34i6.26957>
- Pariona, J. (2014). Correlación fenotípica entre características productivas y textiles en vellones categorizados de alpacas huacaya (*vicugna pacos*) en la cooperativa comunal San Pedro de Racco – Pasco 2013. *Universidad Nacional Del Centro Del Peru - Facultad de Zootecnia*, 1–116. Retrieved from http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358013/ContenidoEnLinea/leccin_28_meto dos_fisico_qumicos.html
- Pariona, J. E. (2014). *Correlación fenotípica entre características productivas y textiles en vellones categorizados de alpacas Huacaya (vicugna pacos) en la cooperativa comunal San Pedro de Racco. Universidad Nacional del Centro del Peru - Facultad de Zootecnia*. Retrieved from <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3464>
- Pinares, R., y Quispe, E. (2024). Características de las fibras meduladas en Alcapa



- Huacaya y Suri de Perú, (0719–3890), 332–340. Retrieved from <https://revistas.udec.cl/index.php/chjaas/article/download/12745/13042/38955>
- Pinares, Ra., Gutiérrez, G. A., Cruz, A., Burgos, A., y Gutiérrez, J. P. (2019). Phenotypic variability of percentage of medullated fibers in Huacaya alpaca fleece. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 30(2), 699–708. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16098>
- Pinto, J., Chris, E., Martin, E., y Vázquez, M. D. (2010). Camélidos sudamericanos : clasificación , origen y características. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 4(1):23-36(1988–2688).
- Quispe, E., Poma, A., y Purroy, A. (2013). Características productivas y textiles de la fibra de alpacas de raza huacaya. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 7(1), 1–29. https://doi.org/10.5209/rev_rccv.2013.v7.n1.41413
- Solé, A. (2024). Curso de Características y tratamientos de los tejidos. Latecnocreativa. Retrieved from <https://campus.latecnocreativa.com/wp-content/uploads/1-Las-fibras-textiles-y-la-moda.pdf>
- Vilca, T. (2022). *Características tecnológicas de la fibra de alpaca Suri a la primera y segunda esquila del centro experimental la Raya UNA - Puno*. UNA-PUNO. Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18327>
- Villanueva, M. E. (2023). *Evaluación de la producción de los precios de la lana de ovino y fibra de Alpaca en el Perú*. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/6024>. Retrieved from www.articulo.org
- Wheeler, J. C. (1958). Taxonomía de los Camélidos Sudamericanos. *Conopa/Gecs*, 5. Retrieved from <http://camelid.org/pdf/taxonomia-de-los-camelidos-sudamericanos.pdf>



ANEXOS

Permitiendo una caracterización detallada de la población estudiada. Se consideraron cuatro categorías de edad: Diente de leche (DL), Dos dientes (2D), Cuatro dientes (4D) y Boca llena (BLL). En cada una de ellas, se registró el número de machos y hembras, así como el total de muestras analizadas y su respectivo porcentaje dentro del conjunto total de 146 muestras.

ANEXO 1. Número de animales y muestras según edad y sexo de alpaca Huacaya

EDAD	MACHOS	HEMBRAS	Nº MUESTRAS	PORCENTAJE (%)
Diente de leche (DL)	30	30	60	41.10
Dos dientes (2D)	12	15	27	18.49
Cuatro dientes (4D)	7	14	21	14.38
Boca llena (BLL)	13	25	38	26.03
Total			146	100



ANEXO 2. Anova del efecto de la edad y sexo sobre el Porcentaje de fibras no meduladas (PNOMED)

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F	Nivel Sig.
Sexo	1	162.21	162.21	0.58	0.4460	Sig.
Edad	3	6154.05	2051.35	7.39	0.0001	Sig
Sexo*Edad	3	136.57	45.52	0.16	0.9205	N.S
Error	138	38316.80	277.65			
Total	145	45194.09				

Fuente: Elaboración propia

PNOMED: Porcentaje de fibras no meduladas; GL: Grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado de la media

R²: 0.15; Coef Var: 21.99



ANEXO 3. Anova del efecto de la edad y sexo sobre el Porcentaje de fibras con medula fragmentada (PFRAG)

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F	Nivel Sig.
Sexo	1	33.38	33.38	0.42	0.5166	N.S
Edad	3	1745.38	581.79	7.37	0.0001	Sig
Sexo*Edad	3	140.02	46.67	0.59	0.6218	N.S
Error	138	10896.38	78.95			
Total	145	12969.73				

Fuente: Elaboración propia

PFRAG: Porcentaje de fibras con medula fragmentada; GL: Grados de libertad;
SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado de la media
R²: 0.15; Coef Var: 64.18



ANEXO 4. Anova del efecto de la edad y sexo sobre el Porcentaje de fibras con medula discontinua (PDISC)

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F	Nivel Sig.
Sexo	1	4.46	4.46	0.18	0.6743	N.S
Edad	3	473.33	157.77	6.26	0.0005	Sig
Sexo*Edad	3	4.11	1.37	0.05	0.9832	N.S
Error	138	3476.66	25.19			
Total	145	3981.48				

Fuente: Elaboración propia

PDISC: Porcentaje de fibras con medula discontinua; GL: Grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado de la media

R^2 : 0.12; Coef Var: 96.41



ANEXO 5. Anova del efecto de la edad y sexo sobre el Porcentaje de fibras con medula discontinua (PDISC)

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F	Nivel Sig.
Sexo	1	4.46	4.46	0.18	0.6743	N.S
Edad	3	473.33	157.77	6.26	0.0005	Sig
Sexo*Edad	3	4.11	1.37	0.05	0.9832	N.S
Error	138	3476.66	25.19			
Total	145	3981.48				

Fuente: Elaboración propia

PDISC: Porcentaje de fibras con medula discontinua; GL: Grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado de la media

R^2 : 0.12; Coef Var: 96.41



ANEXO 6. Anova del efecto de la edad y sexo sobre el Porcentaje de fibras con medula
continua (PCONT)

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F	Nivel Sig.
Sexo	1	22.63	22.63	0.91	0.3418	Sig
Edad	3	283.66	94.55	3.80	0.0117	Sig
Sexo*Edad	3	14.48	4.82	0.19	0.9002	N.S
Error	138	3.10	0.0225			
Total	145	3.46				

Fuente: Elaboración propia

PCONT: Porcentaje de fibras con medula continua; GL: Grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado de la media

R²: 0.0881; Coef Var: 97.40



ANEXO 7. Anova del efecto de la edad y sexo sobre el Porcentaje de fibras

fuertemente meduladas (PFUERT)

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F	Nivel Sig.
Sexo	1	0.0068	0.0068	0.31	0.5809	N.S
Edad	3	0.2883	0.09611006	4.27	0.0065	Sig
Sexo*Edad	3	0.1125	0.03750609	1.67	0.1773	N.S
Error	138	3.10	0.022			
Total	145	3.46				

Fuente: Elaboración propia

PFUERT: Porcentaje de fibras fuertemente meduladas; GL: Grados de libertad;
SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado de la media

R^2 : 0.1025; Coef Var: 217.56



ANEXO 8. Anova del efecto de la edad y sexo sobre el diámetro medio de la fibra
(DMF)

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F	Nivel Sig.
Sexo	1	8.09	8.09	2.14	0.1460	N.S
Edad	3	171.59	57.19	15.11	<.0001	Sig
Sexo*Edad	3	1.12	0.37	0.10	0.9602	N.S
Error	138	522.47	3.78			
Total	145	699.61				

Fuente: Elaboración propia

DMF: diámetro medio de la fibra; GL: Grados de libertad; SC: suma de cuadrados;

CM: cuadrado de la media

R²: 0.25; Coef Var: 11.24

ANEXO 9. Alpacas de distintas edades



ANEXO 10. Toma de muestra de del costillar medio de la fibra de alpaca



ANEXO 11. Determinación de la edad a través de la dentadura y verificación de aretes



ANEXO 12. Toma de muestra de fibra de alpaca



ANEXO 13. Clasificación de muestras seleccionadas por edad



ANEXO 14. Análisis en laboratorio instrumento Fiber Med (medulometro)





ANEXO 15. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Luis fernando Ramos Alcos.
identificado con DNI 70269933 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Ing. Agronomica.

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
" Efecto De La Edad y Sexo Sobre el Porcentaje De
Medulación En Alpacas Huacaya De Vellon Blanco En El
Distrito De Ananea. "

Es un tema original.


Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 12 de Junio del 20 25


FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 16. Autorización para el repositorio de tesis en el repositorio institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Luis Fernando Ramos Alcas
identificado con DNI 70269933 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Inge Agronomica
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" Efecto de La Edad y Sexo Sobre El porcentaje De
Medulación En Alpacas. Huacaya. De Vellon Blanco En El
Distrito DE ANanea. "

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 12 de Junio del 2025

FIRMA (obligatoria)



Huella