

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO**

**AMBIENTE**



**TESIS**

**DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA VARIACIÓN ECOLÓGICA Y  
ÉPOCAS DEL AÑO EN LA CALIDAD DE FIBRA DE ALPACAS DE LA RAZA  
SURI EN LOS CIPs CHUQUIBAMBILLA Y LA RAYA**

**PRESENTADA POR:**

**BILO WENCESLAO CALSIN CALSIN**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

**PUNO, PERÚ**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO**  
**AMBIENTE**  
**TESIS**

**DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA VARIACIÓN ECOLÓGICA Y**  
**ÉPOCAS DEL AÑO EN LA CALIDAD DE FIBRA DE ALPACAS DE LA RAZA**  
**SURI EN LOS CIPs CHUQUIBAMBILLA Y LA RAYA**

**PRESENTADA POR:**

**BILO WENCESLAO CALSIN CALSIN**  
**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

**APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:**

**PRESIDENTE:**

  
.....  
Dr. FÉLIX HUGO COTACALLAPA GUTIÉRREZ

**PRIMER MIEMBRO:**

  
.....  
Dr. FELIPE SANTIAGO AMACHI FERNÁNDEZ

**SEGUNDO MIEMBRO:**

  
.....  
Dr. TOMÁS TISNADO CHURA

**ASESOR DE TESIS:**

  
.....  
Dr. CEFERINO UBERTO OLARTE DAZA

**ÁREA:** Ciencia, tecnología y medio ambiente.

Puno 19 de octubre del 2017

**TEMA:** Efecto del medio ambiente sobre la calidad de fibra en alpaca Suri.

**LÍNEA:** Evaluación tecnológica y del medio ambiente.

## DEDICATORIA

Con eterna gratitud a mi madre, Dora Calsín Huacani  
por inculcarme valores, principios y por sobre todo su apoyo

A mis hijos Katherine Vanessa, David  
Pedro y a Gael Santiago Benjamín.

A mi esposa, familia, amigos y en especial a  
Manuela Huanca que desde el cielo guía mi camino...

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, por darme la oportunidad para mis estudios de Doctorado y ostentar el respectivo grado académico.

Mi reconocimiento al Dr. Ceferino Uberto Olarte Daza por su dedicado apoyo en calidad de asesor y por ese desprendimiento en apoyo de manera incondicional.

A los miembros del jurado Dr. Félix Hugo Cotacallapa Gutiérrez, Dr. Felipe Santiago Amachi Fernández y Dr. Tomás Tisnado Chura por las sugerencias que contribuyeron en la investigación.

Al personal administrativo del Centro de Investigación y Producción de Chuquibambilla y La Raya, del Centro Pre Universitario de la Universidad Nacional del Altiplano y la Maestría en Ciencia Animal.

Al Instituto de Investigación y Promoción de Camélidos Sudamericanos (IIPC) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

**ÍNDICE GENERAL**

	<b>Pág.</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	i
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	ii
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	iii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE FIGURA</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	ix
<b>ABREVIATURAS</b> .....	xi
<b>RESUMEN</b> .....	xii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1

**CAPÍTULO I****REVISIÓN DE LITERATURA**

1.1. Marco Teórico .....	3
1.1.1. Características de los ecosistemas de los altos andes .....	3
1.1.2. Diámetro medio de fibra (DMF) .....	4
1.1.3. Longitud de fibra .....	4
1.1.3. Factor de confort (FC) .....	4
1.1.4. Finura al hilado (FH) .....	5
1.1.5. Índice de curvatura (IC).....	6
1.1.6. Composición florística y química de las pasturas .....	7
1.1.7. Factores que influyen en la cantidad y calidad de fibra. ....	8

1.2. Antecedentes.....	8
1.2.1. Diámetro medio de fibra.....	8
1.2.2. Longitud de fibra .....	19
1.2.3. Factor de confort (FC).....	21
1.2.4. Finura al hilado.....	23
1.2.5. Índice de curvatura .....	23
1.3. Composición florística y química de los pastos naturales .....	27
1.4. Relación de la calidad nutritiva de los pastizales con la calidad de fibra de alpacas	35

## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema .....	39
2.2. Enunciados del problema .....	41
2.3. Justificación .....	42
2.4. Objetivos .....	43
2.4.1. Objetivo general .....	43
2.4.2. Objetivos específicos.....	43
2.5. Hipótesis.....	44
2.5.1. Hipótesis general .....	44
2.5.2. Hipótesis específicas .....	44

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio .....	45
3.2. Población.....	46

3.3. Muestra.....	46
3.4. Métodos de investigación .....	47
3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos .....	47
3.5.1. Procedimiento de marcación de fibra .....	47
3.5.2. Muestreo de fibra.....	48
3.5.4. Determinación de la longitud de fibra .....	48
3.5.5. Determinación del índice de confort .....	49
3.5.6. Determinación de finura al hilado .....	49
3.5.7. Determinación del índice de curvatura.....	49
3.5.8. Muestreo de pastos .....	49
3.5.9. Composición florística.....	50
3.5.10. Análisis químico proximal de pastos.....	50
3.6. Determinación de la relación de la calidad nutritiva de los pastizales con la calidad de fibra de alpacas .....	53
3.7. Análisis estadístico .....	53

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Calidad de la fibra de alpaca Suri .....	56
4.1.1. Diámetro medio de fibra.....	56
4.1.2. Longitud de fibra .....	62
4.1.3. Factor de confort.....	66
4.1.4. Finura al hilado .....	70
4.1.5. Índice de curvatura .....	72

4.2. Calidad nutritiva de los pastos naturales.....	77
4.2.1. Composición florística.....	77
4.2.2. Composición química proximal .....	81
4.3. Relación de la calidad nutritiva de los pastizales con la calidad de fibra de alpacas.....	101
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>106</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>107</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>108</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>122</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Efecto de la condición ecológica en el diámetro medio de fibra ( $\mu\text{m}$ ) de alpacas de la raza Suri.....	57
2. Efecto de las épocas del año en el diámetro medio de fibra ( $\mu\text{m}$ ) de alpacas de la raza Suri.....	59
3. Efecto de la condición ecológica en la longitud de fibra (mm) de alpacas de la raza Suri.....	62
4. Efecto de las épocas del año en la longitud de fibra (mm) de alpacas de la raza Suri.....	65
5. Efecto de la condición ecológica en el factor de confort (%) de alpacas de la raza Suri.....	66
6. Efecto de las épocas del año en el factor de confort (%) de fibra de alpacas de la raza Suri.....	69
7. Efecto de la condición ecológica en la finura al hilado ( $\mu\text{m}$ ) de fibra de alpacas de la raza Suri....	70
8. Efecto de las épocas del año en finura al hilado ( $\mu\text{m}$ ) de fibra de alpacas de la raza Suri.....	72
9. Efecto de la condición ecológica en el índice de curvatura ( $^{\circ}/\text{mm}$ ) de fibra de alpacas de la raza Suri.....	73
10. Efecto de las épocas del año en el índice curvatura ( $^{\circ}/\text{mm}$ ) de fibra de alpacas de la raza Suri.....	76
11. Composición florística de los pastos naturales en dos condiciones ecológicas y épocas del año (%).....	78
12. Efecto de la condición ecológica en el porcentaje de materia seca de los pastos naturales.....	81

13. Efecto de las épocas del año en el porcentaje de materia seca de los pastos naturales ..... 82

14. Efecto de la condición ecológica en el porcentaje de materia orgánica de los pastos naturales ..... 84

15. Efecto de las épocas del año en el porcentaje de materia orgánica de los pastos naturales..... 85

16. Efecto de la condición ecológica en el porcentaje de proteína cruda de los pastos naturales .....86

17. Efecto de las épocas del año en el porcentaje de proteína cruda de los pastos naturales.....88

18. Efecto de la condición ecológica en el porcentaje de fibra detergente neutro de los pastos naturales ..... 91

19. Efecto de las épocas del año en el porcentaje fibra detergente neutro de los pastos naturales..... 93

20. Efecto de la condición ecológica en el porcentaje de extracto etereo de los pastos naturales ..... 95

21. Efecto de las épocas del año en el porcentaje de extracto etereo de los pastos naturales.....97

22. Efecto de la condición ecológica en el porcentaje de ceniza de los pastos naturales98

23. Efecto de las épocas del año en el porcentaje de ceniza de los pastos naturales .... 100

24. Correlación de la calidad nutritiva de los pastizales con la calidad de fibra de alpacas de la raza Suri ..... 102

**ÍNDICE DE FIGURA**

1. Localización geográfica del CIP Chuquibambilla y CIP La Raya.....46

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
1. Diámetro medio de fibra de alpacas Suri ( $\mu\text{m}$ ) según medio ecológico y épocas del año.....	123
2. Longitud de fibra de alpacas Suri (mm) según medio ecológico y épocas del año..	124
3. Factor de confort de fibra de alpacas Suri (%) según medio ecológico y épocas del año.....	125
4. Índice de curvatura de fibra de alpacas Suri ( $^{\circ}/\text{mm}$ ) según medio ecológico y épocas del año.....	126
5. Finura al hilado de fibra de alpacas Suri ( $\mu\text{m}$ ) según medio ecológico y épocas del año.....	127
6. Porcentaje de materia seca (MS) según medio ecológico y épocas del año .....	128
7. Porcentaje de materia orgánica (MO) según medio ecológico y épocas del año.....	128
8. Porcentaje de proteína total según medio ecológico y épocas del año .....	129
9. Porcentaje de fibra detergente neutro según medio ecológico y épocas del año.....	129
10. Porcentaje de extracto etéreo según medio ecológico y épocas del año.....	129
11. Porcentaje de cenizas según medio ecológico y épocas del año.....	130
12. Análisis de variancia para diámetro medio de fibra de alpaca Suri.....	130
13. Análisis de variancia para longitud de fibra de alpaca Suri.....	131
14. Análisis de variancia para factor de confort de fibra de alpaca Suri .....	131
15. Análisis de variancia para finura al hilado de fibra de alpaca Suri.....	132
16. Análisis de variancia para índice de curvatura de fibra de alpaca Suri .....	132
17. Análisis de variancia para materia seca de pastos naturales .....	133

18. Análisis de variancia para materia orgánica de pastos naturales .....	134
19. Análisis de variancia para proteína cruda de pastos naturales .....	134
20. Análisis de variancia para fibra detergente neutro de pastos naturales .....	135
21. Análisis de variancia para extracto etéreo de pastos naturales .....	135
22. Análisis de variancia para cenizas de pastos naturales .....	136
23. Correlación de Pearson entre la composición química y las características textiles de la fibra de alpacas Suri.....	137
24. Análisis de regresión para proteína y longitud de fibra .....	138
25. Análisis de variancia para regresión .....	138

**ABREVIATURAS**

ASTM	= Sociedad americana de pruebas y materiales
FAO	= Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y agricultura
CP	= Proteína bruta
EE	= Extracto etéreo
CONOPA	= Coordinadora de investigación y desarrollo de los camélidos sudamericanos
DMF	= Diámetro medio de fibra
CVDMF	= Coeficiente de variabilidad del diámetro medio de fibra
IC	= Índice de curvatura
IVITA	= Instituto veterinario de investigación tropical y de altura
CIP	= Centro de investigación y producción
FH	= Finura al hilado
FC	= Factor de confort
OFDA	= Analizador óptico de fibras
CY	= Fibra fina
SL	= Longitud de fibra
PH	= Puna húmeda
PS	= Puna seca
Foll/mm <sup>2</sup>	= Folículos por milímetro cuadrado
MS	= Materia seca
MO	= Materia orgánica
NFD	= Fibra detergente neutro
AFD	= Fibra detergente ácido
DOM	= Materia orgánica digestiva
PUFA	= Ácidos grasos polinsaturados
CMS	= Consumo de materia seca
CCA	= Capacidad de carga animal
CSD	= Camélidos sudamericanos

## RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto de la variación ecológica y épocas del año en la calidad de fibra de alpacas Suri, en relación a la calidad de las pasturas de los Centros de Investigación y Producción (CIP) Chuquibambilla y La Raya; se tomaron muestras de fibra de 40 alpacas tuís machos de dos años de edad y muestras de pastos por época de cada CIP; las muestras de fibra se analizaron en el laboratorio de Fibras del Proyecto Especial de Camélidos Sudamericanos mediante el OFDA 2 000 y la composición química de las muestras de pastos en el Laboratorio de Pastos y Forrajes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano mediante el método de análisis de Weende, los resultados fueron analizados en un diseño bloque completo al azar y para estimar el efecto de la calidad de las pasturas en la calidad de la fibra se utilizó la correlación de Pearson. Los resultados muestran mayor finura de fibra en alpacas del CIP La Raya ( $21,60 \pm 2,07 \mu\text{m}$ ) que del CIP Chuquibambilla ( $22,52 \pm 2,15 \mu\text{m}$ ) ( $P \leq 0,05$ ), menor longitud de fibra en alpacas del CIP La Raya ( $3,94 \pm 0,33 \text{ mm}$ ) que del CIP Chuquibambilla ( $4,06 \pm 0,37 \text{ mm}$ ) ( $P \leq 0,05$ ), con variación entre épocas ( $P \leq 0,05$ ); el factor de confort fue similar en ambos medios ecológicos y épocas del año ( $P > 0,05$ ); presentan menor finura al hilado la fibra de alpacas del CIP La Raya ( $23,06 \pm 2,68 \mu\text{m}$ ) que del CIP Chuquibambilla ( $23,88 \pm 2,52 \mu\text{m}$ ) ( $P \leq 0,05$ ) y fue similar entre épocas ( $P > 0,05$ ); el índice de curvatura fue menor en alpacas del CIP Chuquibambilla ( $15,88 \pm 4,21 \text{ }^\circ/\text{mm}$ ) que del CIP La Raya ( $18,32 \pm 4,14 \text{ }^\circ/\text{mm}$ ) ( $P \leq 0,05$ ), con variación entre épocas ( $P \leq 0,05$ ); en la composición química, la materia seca (74,15 %), materia orgánica (66,09 %), fibra detergente neutro (59,20 %), extracto etéreo (4,48 %) y cenizas (8,61 %) fueron mayores en pasturas del CIP Chuquibambilla que del CIP La Raya ( $P \leq 0,05$ ), los porcentajes de proteína cruda fueron similares en el CIP Chuquibambilla (8,74 %) y CIP La Raya (8,28 %) ( $P > 0,05$ ), en todos los casos con variación entre épocas ( $P \leq 0,05$ ); la correlación entre el porcentaje de proteínas con la longitud de fibra ( $r = 0,886$ ) fue positivo muy alto. Se concluye que existe efecto de la variación ecológica y épocas del año en la calidad de fibra de alpacas Suri y una relación directa entre el contenido de proteínas y el crecimiento de fibra.

**Palabras clave:** Alpaca Suri, confort, diámetro, finura al hilado, índice de curvatura, variación ecológica.

## ABSTRACT

With the objective of determining the effect of the ecological variation and times of the year on the quality of fiber of alpacas Suri, in relation to the quality of the pastures of the Research and Production Centers (CIP) Chuquibambilla and La Raya; fiber samples were taken from 40 male two-year-old alpacas and pasture samples by time of each CIP; the fiber samples were analyzed in the Fibers laboratory of the South American Camelids Special Project through the OFDA 2 000 and the chemical composition of the pasture samples in the Pastures and Forages laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences of the Universidad Nacional del Altiplano using the Weende analysis method, the results were analyzed in a randomized complete block design and the Pearson correlation was used to estimate the effect of the quality of the pastures on the quality of the fiber. The results show greater fiber fineness in alpacas from CIP La Raya ( $21.60 \pm 2.07 \mu\text{m}$ ) than from CIP Chuquibambilla ( $22.52 \pm 2.15 \mu\text{m}$ ) ( $P \leq 0.05$ ), shorter fiber length in alpacas from CIP La Raya ( $3.94 \pm 0.33 \text{ mm}$ ) than from CIP Chuquibambilla ( $4.06 \pm 0.37 \text{ mm}$ ) ( $P \leq 0.05$ ), with variation between epochs ( $P \leq 0.05$ ); the comfort factor was similar in both ecological media and times of the year ( $P > 0.05$ ); the yarn fineness of alpacas from CIP La Raya ( $23.06 \pm 2.68 \mu\text{m}$ ) was lower than that of CIP Chuquibambilla ( $23.88 \pm 2.52 \mu\text{m}$ ) ( $P \leq 0.05$ ), and was similar between epochs ( $P > 0.05$ ); the index of curvature was lower in alpacas of CIP Chuquibambilla ( $15.88 \pm 4.21^\circ / \text{mm}$ ) than of CIP La Raya ( $18.32 \pm 4.14^\circ / \text{mm}$ ) ( $P \leq 0.05$ ), with variation between epochs ( $P \leq 0.05$ ); in the chemical composition, dry matter (74.15 %), organic matter (66.09 %), neutral detergent fiber (59.20 %), ether extract (4.48 %) and ash (8.61 %) were higher in CIP Chuquibambilla pastures than in CIP La Raya ( $P \leq 0.05$ ), crude protein percentages were similar in CIP Chuquibambilla (8.74 %) and CIP La Raya (8.28 %) ( $P > 0.05$ ), in all cases with variation between epochs ( $P \leq 0.05$ ); the correlation between the percentage of proteins with fiber length ( $r = 0.886$ ) was very high positive. It is concluded that there is an effect of the ecological variation and epochs of the year on the quality of the Suri alpaca fiber and a direct relationship between the protein content and the fiber growth.

**Keywords:** Alpaca Suri, comfort, curvature index, diameter, ecological variation, yarn fineness.

## INTRODUCCION

Dentro de las fibras naturales, la alpaca produce una fibra considerado como rara, que se diferencia por sus características físicas propias de la especie; la alpaca es un animal que por cientos de años se ha adaptado a las condiciones pobres de alimentación y adversas al medio ambiente de los altos Andes, bajo estas condiciones pobres de alimentación y adversas es capaz de producir fibra de muy buena calidad para la industria textil; el diámetro medio de fibra, la uniformidad del diámetro, la longitud de fibra, el factor de confort, la finura al hilado e índice de curvatura de la fibra puede variar entre rebaños y los factores determinantes de estas variaciones son el factor genético, edad, medio ambiente; los cambios medioambientales pueden repercutir en una reducción del diámetro de fibra, que puede conducir a la reducción en la resistencia a la tracción (Naylor y Stanton, 1997; Mayhua *et al.*, 2011). El efecto altitud se debería probablemente a variaciones de orden genético y ambiental que normalmente ocurre dentro de poblaciones distintas, y dentro de ellos un factor a tener en cuenta resulta el estrés por el frío de las zonas alto andinas que generaría un crecimiento lento de fibra debido a la vasoconstricción que conlleva a una disminución en el abastecimiento de nutrientes debido a la baja del flujo sanguíneo (Ryder y Stephenson, 1968).

El diámetro medio de fibra es uno de los factores más importantes en la clasificación de la fibra y ésta determina el precio en el mercado (Frank, 2012); la longitud de fibra constituye también un parámetro de importancia como factor de calidad de toda fibra textil que finalmente determina su uso en la industria textil; las características textiles que tienen influencia en la transformación de la fibra en tops, tejidos u otros terminales de uso, las que hacen que el producto tenga mejor calidad y sea de preferencia para los consumidores son el factor de confort, índice de curvatura y la finura al hilado (Quispe *et al.*, 2013); la importancia de cada uno de los parámetros se pondera de acuerdo al valor que se atribuye a cada uno de ellos en el mercado, siendo el más importante el diámetro medio de fibra 65 % a 80 %, seguido de la longitud de fibra 15 % a 20 %.

Las praderas naturales son la base en la alimentación de los camélidos sudamericanos; sin embargo, las extensas áreas de pastizales presentan deficiencias de energía a inicios del periodo de lluvias y deficiencia de energía y proteína durante el periodo de secas; estos periodos de subnutrición son continuados por periodos relativamente de abundancia de alimentos, efectos que marcan las variaciones de producción y calidad de la fibra por



lo que los efectos adversos de las condiciones de nutrición en alpacas hacen que reduzca significativamente la producción de fibra; en la crianza de caprinos bajo diferentes condiciones de medio ambiente, resultan en una variación de la actividad de los folículos pilosos, la proporción del crecimiento de fibra y la variación del diámetro de fibra y está asociada a la fluctuación estacional, de manera que el valor más alto en la actividad de los folículos primarios y secundarios así como el crecimiento de fibra limpia corresponde a la época de verano y los valores más bajos al invierno, situación que probablemente sea similar en alpacas.

Por estas consideraciones fue relevante la investigación del efecto de la variación ecológica y épocas del año, en la calidad de fibra de alpaca (diámetro medio de fibra, longitud de fibra, factor de confort, índice de curvatura y finura al hilado) y calidad nutritiva de los pastos naturales de las praderas alto andinas, con el propósito de generar conocimientos que contribuyan en la recuperación parcial de la calidad de fibra de alpacas Suri en beneficio de los criadores alpaqueros, uno de los sectores mas pobres del país; correspondiendo la investigación al área de Ciencia tecnología y medio ambiente, a la línea de evaluación tecnológica y del medio ambiente y tema: Efecto del medio ambiente sobre la calidad de fibra en alpacas Suri.

El informe de investigación esta estructurado en cuatro capítulos, el capitulo I corresponde a la revisión de literatura en donde se considera el marco teórico y los antecedentes respecto a estudios en la calidad de fibra de alpacas, composición química de las pasturas alto andinas, el capitulo II corresponde al planteamiento del problema que contiene la definición del problema, la justificación, los objetivos y las hipótesis de investigación, el capitulo III describe los materiales y métodos por objetivos específicos y en el capitulo IV se describen los resultados y discusión donde se desarrolla la interpretación de información contenida en las tablas, demostrando la aceptación o rechazo de las hipótesis y finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1.1. Marco Teórico

##### 1.1.1. Características de los ecosistemas de los altos andes

Una de las características de los ecosistemas alto andinos donde se crían las alpacas, es su variabilidad climática propia de todos los ecosistemas de montaña, este factor hace común y recurrente fenómenos como las sequías, heladas, inundaciones y granizadas, los habitantes tienen un conocimiento empírico de la realidad climática; sin embargo, en las comunidades campesinas, especialmente en los últimos treinta años, se habla frecuentemente de un cambio en los eventos climáticos. En el caso del Perú el clima está modelado por cinco factores principales: la cordillera de los Andes, la célula anticiclónica del Pacífico sur, la corriente oceánica ecuatorial de El Niño, la corriente oceánica peruana y el anticiclón del Atlántico sur; de todos ellos, la cordillera de los Andes es especialmente determinante, con la presencia de muchos microclimas (Gallardo *et al.*, 2008).

Los diversos rebaños de camélidos se crían justamente en estos parajes con gran variabilidad respecto a su microgeografía, precipitación, sistema vegetal y suelo que serían los factores determinantes sobre el crecimiento y la calidad de la fibra, sea directa o indirectamente (Torres, 2001). En alpacas se han encontrado efectos de la localización del rebaño sobre el peso de vellón sucio y diámetro medio de fibra (Quispe *et al.*, 2008;

Montes *et al.*, 2008; Quispe *et al.*, 2009), lo mismo que sobre la fibra de guanacos (Bacchi *et al.*, 2010), cashemere y mohair (McGregor, 1998).

### **1.1.2. Diámetro medio de fibra (DMF)**

El diámetro medio de fibra (DMF) de una muestra representativa del vellón está expresado en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) y define la finura de fibra, este parámetro físico es considerado el principal criterio de selección en poblaciones de alpaca de todo el mundo (Frank *et al.*, 2006; Gutiérrez *et al.*, 2009 y Cruz *et al.*, 2017) y es uno de los factores más importantes en la clasificación de la fibra, determina el precio en el mercado (Frank, 2012). La clasificación de los vellones se basa principalmente en la finura, ya que permite una mejor valoración al momento de la comercialización (Quispe, 2010).

### **1.1.3. Longitud de fibra**

La longitud de fibra constituye uno de los elementos básicos que determina el tipo de proceso industrial, existe una relación directa entre el diámetro y la longitud, a mayor longitud de fibra mayor diámetro; varía en función a la raza, en Huacaya es aproximadamente dos pulgadas más corta que en la Suri para un mismo periodo de crecimiento, los elementos nutritivos que constituyen la alimentación son considerados como los de mayor influencia en la longitud de fibra, se estima que el crecimiento mensual de la fibra de alpaca es de un cm por mes (Quispe *et al.*, 2009); la fibra Suri tiene una longitud más larga y el borde más grueso que la fibra Huacaya (Wang *et al.*, 2005).

### **1.1.3. Factor de confort (FC)**

Se define como el porcentaje de las fibras menores de  $30 \mu\text{m}$  que tiene un vellón, conocido también como factor de comodidad; si más del 5 % de fibras son mayores a  $30 \mu\text{m}$ , entonces el tejido resulta ser no confortable para su uso por la picazón que siente el consumidor en la piel (McColl, 2004; McLennan y Lewer, 2005; Mueller, *et al.* 2010). Contrariamente, el porcentaje de fibras mayores a  $30 \mu\text{m}$  se conoce como el factor de picazón (FP). Por estas razones, la industria textil de prendas prefiere vellones con un factor de confort igual o mayor a 95 % con un FP igual o menor a 5 % (Bardsley, 1994; Wood, 2003; Baxter y Cottle, 2010).

El confort está influenciado por un rango de factores psicológicos, fisiológicos y físicos entre el humano y el ambiente externo (Stoffberg *et al.*, 2015); 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; las prendas confeccionadas con fibras finas son altamente confortables en cambio prendas confeccionadas con fibras mayores a 30 micras causan la sensación de picazón debido a que los extremos de la fibra que sobresalen desde la superficie de las fibras que son relativamente gruesas; sin embargo, si estas fibras fueran más delgadas serían más flexibles y existiría menor probabilidad de que provoquen picazón en la piel (McColl, 2004; Mueller, 2007 y Sacchero, 2008).

Durante el uso de las prendas, los terminales de la fibra que emergen hacia la superficie presionan contra la piel, la fuerza que el terminal de la fibra puede ejercer sobre la piel antes de flexionarse es altamente dependiente de su diámetro y longitud de emergencia. Por encima de la fuerza crítica (100 mg) los nervios que se encuentran situados justo debajo de la piel son provocados; cuando se reciben muchas de estas señales el cerebro lo interpreta como una sensación no placentera, comúnmente llamada picazón, para un tejido plano usado comúnmente en chompas o suéteres, el diámetro crítico que conlleva a la picazón es aproximadamente de 30  $\mu\text{m}$  a 32  $\mu\text{m}$ , aunque esto varía considerablemente entre personas, temperatura y limpieza de la piel; en prendas normales confeccionadas con lana que exhiben una media de 21  $\mu\text{m}$  tienen un número pequeño de fibras con diámetros mayores a 30  $\mu\text{m}$ , que le da confortabilidad a la prenda (Naylor y Stanton, 1997).

#### **1.1.4. Finura al hilado (FH)**

La FH expresada en  $\mu\text{m}$  (spinning fineness), 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 (DMF) y el coeficiente de variación (CVDF) y mide la procesabilidad de la fibra. La idea original viene de Martin Dale (1945), que fue analizada y planteada por Anderson (1976) como “effective fineness” y que, posteriormente fue modificada por una ecuación práctica llamándose a dicho valor finura al hilado (Butler y Dolling (1995) y es una característica fuertemente heredable (Butler y Dolling, 1992). 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); llamó a la expresión:

$F_e = DMF \sqrt{1 + 5 * (CVDF/ 100)^2}$ , finura efectiva (effective fineness) y lo usó con la finalidad de demostrar la influencia de los cambios de la DMF y el CVDF sobre la uniformidad de los hilados (Anderson, 1976).

La finura al hilado es un estimador del rendimiento de la muestra cuando es hilado y convertido en hilo (Manso, 2011); dos tops con diferentes DMF y CVDF pueden producir hilados de la misma uniformidad, si sus finuras efectivas tienen el mismo valor al utilizar la fórmula anteriormente descrita. Por ejemplo, un top con un diámetro medio de fibra y coeficiente de variación del diámetro de fibra de 21,50  $\mu\text{m}$  y 20,0 %, respectivamente, produce un hilado más uniforme que otro top con MDF y CVDF de 20,2 y 27,0 %, respectivamente (De Groot, 1995).

La finura efectiva sólo depende del diámetro medio de fibra y del coeficiente de variación del diámetro de fibra y es siempre numéricamente mayor que el diámetro medio de fibra, aunque esto puede corregirse normalizando la finura efectiva mediante la aplicación de la ecuación:

$F = 0,881 * DMF * \sqrt{1+5 * (CVDF / 100)^2}$  (Butler y Dolling, 1995). En alpacas Huacaya blanco la finura al hilado es de 20,9  $\mu\text{m}$  observando que animales jóvenes tienen menor finura al hilado que animales adultos y que los animales menores de 18 meses son los que exhiben una mejor finura al hilado; asimismo, se encontró efectos altamente significativos de factores como año y comunidad, sobre dicha característica (Quispe, 2010).

#### 1.1.5. Índice de curvatura (IC)

El 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 (Fish *et al.*, 1999). El rizado de la lana, expresado como curvatura de fibras, se puede medir utilizando los equipos como la OFDA (Analizador óptico del diámetro de fibras) y LaserScan, ambos de fabricación australiana (Quispe *et al.*, 2008).

El rizo de la fibra, medido objetivamente mediante el IC, es una característica deseable respecto al tacto, aunque a veces también puede crear dificultades en referencia al

procesamiento. El rizo en una mecha puede ser expresado en función a la “definición del rizo”, descrita como el grado de alineamiento del rizo, de modo que lanas donde el rizo de la fibra no se encuentra bien alineado tienen definiciones pobres, y a la frecuencia del rizo definido como el número de longitudes de ondas curvadas por centímetro. Ambas características, junto con el color de la grasa, la longitud de mecha, la suciedad y el desgaste representan el estilo de la lana, el cual es muy importante para determinar el rendimiento al procesamiento, prácticas de comercialización y calidad de los productos de lana final. La curvatura de las fibras puede ser en tres dimensiones, debido a que las fibras se encuentran flexionadas y torcidas a lo largo de su longitud. Sin embargo, debido a que la mayor parte de la curvatura ocurre en un plano y teniendo la flexión la mayor contribución, la forma de la fibra puede ser representada en una forma de onda bidimensional (Fish *et al.*, 1999).

La importancia del rizado de la fibra siempre ha abierto debate en la industria textil, generalmente se cree que lanas con bajo rizado son mejores que lanas con alto rizado. El rizo en una mecha de lana, puede ser expresado en base a la definición del rizo y frecuencia del rizo. La primera puede ser simplemente descrita como el grado de alineamiento del rizo, de modo que lanas donde el rizo de la fibra no se encuentra bien alineado tienen definiciones pobres; mientras que la segunda, se define como el número de longitudes de ondas curvadas por centímetro; el rizado de la lana, expresada como curvatura de fibras, se puede medir utilizando los instrumentos comerciales como la OFDA y LaserScan (Wang *et al.*, 2004).

#### **1.1.6. Composición florística y química de las pasturas**

Las praderas naturales con diferencias marcadas en la fuente y disponibilidad de agua y por la diversidad de especies en la cobertura vegetal están constituidas en su mayoría por especies de gramíneas y graminoides: Gramíneas, *Festuca dolichophylla*, *Bromus catarticus*, *Calamagrostis vicunarum*, *Calamagrostis cúrvula*, *Calamagrostis heterophylla*, *Calamagrostis rigescens*, *Stipa brachiophylla*, *Stipa ichu*; Rosaceae, *Alchemilla pinnata*; Cyderaceae, *Carex sp*; Compositae, *Hipochoeris taraxacoides*, *Gnaphalium capitatum*, *Werneria sp.*; Leguminosa, *Trifolium amabile*; Ciperaceae, *Eleocharis albribacteata*, *Plántago rígida* y Geraniaceae: *Geranium sessiliflorum* (Olarde *et al.*, 2013).

La conservación de estas especies nativas identificadas favorecerían a mejorar la ganancia de peso, consumo de forraje nativo a lo largo del año, el contenido químico de estas especies nativas (% materia seca, % materia orgánica, % de proteína bruta, % de fibra detergente neutro, % de extracto etéreo y % de cenizas) mejoran la calidad y cubren los requerimientos de consumo de materia seca y nutrientes requeridos por los animales; esta condición incidiría positivamente en la economía de los productores. Por lo que estas especies nativas deben ser conservadas y difundidas en las praderas, debido a su mayor producción y calidad en contenidos de nutrientes requeridos por los animales (IICAT, 2015).

### **1.1.7. Factores que influyen en la cantidad y calidad de fibra.**

Los factores que influyen en la cantidad y la calidad de la producción de fibra en camélidos sudamericanos se clasifican en factores medioambientales externos y factores genéticos o internos. Los factores externos que modifican la respuesta productiva en alpacas son la alimentación (Russel y Redden, 1997), la locación geográfica o lugar de pastoreo (Quispe *et al.*, 2009) y, en el caso del peso de vellón, es particularmente relevante considerar la frecuencia, año de esquila (Ruiz de Castilla, 2004) y la precipitación pluvial (Bustinza, 2001). La altitud no ejerce influencia ni sobre la cantidad ni la calidad de fibra (Braga *et al.*, 2007). Entre los factores internos que afectan el diámetro de fibra y peso de vellón resaltan el sexo, la edad (Quispe *et al.*, 2009), la raza (Cervantes *et al.*, 2010), sanidad, estado fisiológico (Franco y San Martín, 2007), condición corporal (Carhuapoma *et al.*, 2009.) y color de vellón (McGregor y Butler, 2004; Renieri *et al.*, 2007; Oria *et al.*, 2009).

## **1.2. Antecedentes**

### **1.2.1. Diámetro medio de fibra**

Se describió la calidad de la fibra de alpacas Huacaya producida en la región de Huancavelica, utilizando una muestra de 203 alpacas pertenecientes a ocho comunidades de alpaqueros ubicadas entre 4 100 y 4 750 m de altitud; el diámetro medio de fibra fue de  $22,70 \pm 0,02 \mu\text{m}$ , variando con el sexo, edad y comunidad de origen (Montes *et al.*, 2008).

En la misma región se tomaron muestras de 31 alpacas hembras adultas, se analizaron en el OFDA 2000 para determinar DMF; el efecto del sitio de muestreo se determinó mediante análisis de ANOVA, los valores medios en el costillar medio fueron: DMF

26,30  $\mu\text{m}$ ; la variación en DMF entre los 24 sitios de muestreo fue de 20,20 a 50,60  $\mu\text{m}$  y entre nueve sitios de muestreo del sitio principal de vellón fue de 24,80 a 31,70  $\mu\text{m}$ . Los atributos de vellón variaron significativamente entre todos los componentes de vellón y entre los sitios de vellón ( $P < 0,001$ ). Las diferencias entre el DMF de lado medio y el DMF de otros sitios se vieron afectados por el peso vivo. El patrón general fue un aumento marcado dorso-ventral en DMF. El DMF del sitio medio posterior estaba más correlacionado con el DMF del vellón entero que el DMF del lado medio y puede ser el sitio preferido para el muestreo del vellón. Los resultados indican que se necesita cuidado en el muestreo de la fibra de alpaca para su análisis y que los criadores deben separar la fibra de alpaca cuidadosamente en la esquila para mantener una fibra separada de valor comercial muy diferente (McGregor *et al.*, 2011).

Con el objetivo de determinar las características textiles de la fibra de alpacas Huacaya procedentes de Corani, se analizaron 240 muestras de fibra en el equipo OFDA 2 000; los resultados muestran que el diámetro medio de fibra fue de  $19,60 \pm 2,09 \mu\text{m}$ ;  $21,07 \pm 2,56 \mu\text{m}$  y  $22,28 \pm 2,45 \mu\text{m}$  en alpacas de dos, tres y cuatro años de edad, respectivamente ( $P \leq 0,05$ ); para el efecto del factor sexo, los machos presentan un diámetro de fibra de  $21,28 \pm 2,55 \mu\text{m}$ , y las hembras de  $20,69 \pm 2,69 \mu\text{m}$  ( $P > 0,05$ ) (Ormachea *et al.*, 2015).

En 150 muestras de fibra, se determinó el diámetro medio de fibra de alpacas Suri de uno a cinco años procedentes del Centro de Investigación y Producción La Raya, por el método Neozelandés de micro proyección tipo leads establecida por ASTM-2130, los diámetros fueron de  $20,36 \pm 1,39 \mu\text{m}$ ;  $22,02 \pm 1,61 \mu\text{m}$ ;  $22,97 \pm 1,94 \mu\text{m}$ ;  $24,12 \pm 1,27 \mu\text{m}$  y  $24,19 \pm 1,18 \mu\text{m}$ , en alpacas de uno, dos, tres, cuatro y cinco años de edad, respectivamente (Velarde *et al.*, 2011).

En alpacas Suri de la Asociación de Urinsaya Puna del distrito de Nuñoa, Melgar, Puno se determinó el diámetro medio a la primera esquila según sexo, las muestras se procesaron en el equipo Sirolan Laserscan. Los resultados muestran que el promedio del diámetro de fibra fue  $18,44 \pm 2,25 \mu\text{m}$ , y por sexo de  $18,28 \pm 2,12 \mu\text{m}$  y  $18,61 \pm 2,36 \mu\text{m}$  en hembras y machos, respectivamente ( $P > 0,05$ ) (Checmapocco *et al.*, 2013).

Entre los trabajos realizados en alpacas del sur de Perú, destacan los realizados en Puno (Apomayta y Gutiérrez, 1998; González *et al.*, 2008) en Cusco (Franco *et al.*, 2009) refieren diámetros de  $23,97 \mu\text{m}$  a  $25,75 \mu\text{m}$ , en Arequipa (Renieri *et al.*, 2007; Gutiérrez *et al.*, 2009; Morante *et al.*, 2009; Cervantes *et al.*, 2010), Huancavelica (Oria *et al.*, 2009;



Quispe *et al.*, 2009; Quispe, 2010), que refieren medias de diámetro de fibra desde 21  $\mu\text{m}$  hasta 24  $\mu\text{m}$  y en Apurímac, en muestras de vellón de 405 alpacas Huacaya reportaron en machos un diámetro medio de fibra de  $19,60 \pm 0,20 \mu\text{m}$  y en hembras de  $20,10 \pm 0,2 \mu\text{m}$  (Vásquez *et al.*, 2015)

En alpacas Huacaya blancas, de uno a siete años de edad del Centro Experimental de Camélidos Sudamericanos Lachoc de la Universidad Nacional de Huancavelica, se determinación el diámetro medio de fibras de acuerdo a las recomendaciones de la norma de la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM, 1998), Designación D 6466-99 (Reapproved 2005), el diámetro medio de fibra fue de  $23,42 \pm 4,14 \mu\text{m}$  (Cordero *et al.*, 2011).

En seis regiones de Estados Unidos, resultados del estudio sobre las característica de la fibra de alpaca Huacaya de uno y dos años de edad, muestran que, el diámetro medio de la fibra varía entre 15,09 a 49,27  $\mu\text{m}$ , con una desviación estándar y coeficiente de variabilidad muy amplia, desde el punto de vista de calidad de hilado y valor el diámetro medio de fibra fue la característica más importante, porque si disminuye el diámetro promedio de la fibra (DMF) aumenta el factor quebradizo (resistencia a la tracción) al peinado, haciendo que disminuya el tamaño del hilo. Por otra parte existe una correlación media ( $r=0,5318$ ) entre peso vivo y DMF, del mismo modo es negativo y bajo ( $r = -0,2961$ ) entre DMF y longitud de fibra y una correlación positiva y baja ( $r = 0,3967$ ) entre DMF y resistencia (Lupton *et al.*, 2006).

Se determinó el perfil de fibra de 585 muestras de vellón de alpacas norteamericanas de distintos sexos y edades, encontrando diámetros de fibra de 27,70  $\mu\text{m}$  en hembras y 26,80  $\mu\text{m}$  en machos, con un promedio de  $27,85 \pm 5,35 \mu\text{m}$ ; con respecto a la edad, encontró valores de 24,30  $\mu\text{m}$ ; 26,50  $\mu\text{m}$  y 30,10  $\mu\text{m}$  en alpacas de uno, dos y tres o más años de edad, respectivamente (Lupton, 2006). Por otra parte en alpacas criadas en Australia encontró que el 10% de alpacas Huacaya presentan una diámetro medio de 24,0  $\mu\text{m}$  y más del 50% estaban en 29,90  $\mu\text{m}$  (McGregor, 2006). A su vez, al analizar un programa de mejora genética para alpacas australianas refiere promedios de diámetro medio de fibra de 25,70  $\mu\text{m}$  con valores extremos de 23,40 a 27,30  $\mu\text{m}$  (Ponzoni *et al.*, 1999), mientras que Wang *et al.* (2003) también reportan medias de diámetro similares a los encontrados por los anteriores autores.

En muestras de fibras de alpacas peruanas y australianas en una amplia gama de lotes que incluyen diferentes colores y longitudes se determinó que en los dos tipos de fibras tienen un diámetro medio de fibra similar (Huacaya 26,07  $\mu\text{m}$  y Suri 26,10  $\mu\text{m}$ ) (Wang *et al.*, 2005).

En zonas con condiciones ambientales similares en Chile, setenta y siete alpacas Huacaya procedentes de productores, las alpacas fueron clasificadas en base a color (blanco o marrón) y edad uno a dos años definido como juvenil y de tres a seis años como adulto. El diámetro medio de fibra para las alpacas muestreados fue  $22,69 \pm 3,76 \mu\text{m}$ , con valores extremos entre 17,60 y 35,10  $\mu\text{m}$  (Crossley *et al.*, 2014).

En el Sur este de Australia, los resultados del análisis de fibra de las alpacas de la raza Huacaya y Suri muestran que el incremento del diámetro de fibra no afecta al peso de vellón grasiento, pero el porcentaje de fibras meduladas aumenta con el incremento del diámetro de fibra así como con el avance de la edad (29 a 33  $\mu\text{m}$ ), por consiguiente aproximadamente el 10 % del total de alpacas Huacaya tienen un diámetro de fibra menor de 24  $\mu\text{m}$ , mientras en alpaca Suri el 14% tienen el diámetro de fibra menor a 24  $\mu\text{m}$ . En ambas razas el 50% de los vellones tienen un diámetro de fibra mayor a 29,9  $\mu\text{m}$ , siendo la proporción de fibra medulada en la raza Huacaya el 30 % y de Suri más del 50%. La incidencia de fibra medulada muestra un incremento lineal de 10 a 60 % respecto al peso y el incremento en el promedio de diámetro de fibra de 20 a 36  $\mu\text{m}$  (Mc Gregor, 2005).

En los andes del Perú, alpacas pastoreadas en dos niveles de altitud con características diferentes en composición botánica de sus praderas; en 8 periodos de tiempo por 28 días, los resultados muestran un incremento en el diámetro de fibra en el primer nivel (4 200 msnm) de  $22,0 \pm 2,7 \mu\text{m}$  a  $32,1 \pm 4,7 \mu\text{m}$ , y en el segundo nivel (4 600 msnm) de  $22,8 \pm 2,2 \mu\text{m}$  a  $32,3 \pm 3,0 \mu\text{m}$ , y entre tratamientos no hubo diferencia significativa (Braga *et al.*, 2007).

En investigaciones realizadas en Australia, confirman que la diferencia en “mano” a favor de la alpaca es de 12  $\mu\text{m}$  en relación a la lana, esto significa que una alpaca de 27  $\mu\text{m}$  es tan suave como una lana de 15  $\mu\text{m}$ ; se utiliza el término “mano” para indicar la calidad en relación al grado de aceptación del tejido. Este término ha sido definido como la valoración subjetiva de un material textil obtenida a partir del sentido del tacto, la “mano” es así mismo un fenómeno psicológico, que implica la capacidad de los dedos para hacer

una evaluación sensible y exigente, y de la mente para integrar y expresar los resultados en un juicio de valor (Frank, 2012).

En la Argentina la puna es considerada como una zona árida a lo largo de las montañas de los andes a más de 3 600 msnm, donde las llamas por su hábitat de pastoreo y sistema digestivo marca eficiencia en el uso de forrajes nativos; al análisis de fibra obtenida para dos regiones de producción han mostrado que las llamas poseen suficientemente promedio de diámetro fino menor a 23  $\mu\text{m}$  sin considerar los pelos, esto es suficiente como para considera un premio de la calidad de vellón de esta especie (Coates and Ayerza, 2003).

#### **1.2.1.1. Factores que afectan la calidad de fibra**

Con la finalidad de conocer la influencia de los estados de gestación y lactancia en el desempeño productivo en la fibra en alpacas de la granja experimental Pacamarca, se utilizaron 8 648 registros de 1 541 hembras y 366 machos de ecotipo Huacaya y 2 410 registros de 374 hembras y 132 machos de ecotipo Suri, registrados de 2001 a 2015 pertenecientes a animales de tres o más años de edad. Un modelo lineal mixto del diámetro de fibra, desviación estándar y coeficiente de variación ajustó el estado fisiológico con cinco categorías (lactación, gestación, lactación y gestación, hembras vacías y machos) como efecto conjuntamente con otros como el año de registro, la edad de tres años a nueve años o más y color del vellón; los ecotipos Huacaya y Suri fueron analizados independientemente, todos los efectos incluidos en el modelo aparecieron como altamente significativos, siendo las diferencias pareadas menos significativas en Suri debido al menor número de registros. El estado fisiológico de lactación apareció como un efecto importante que afectaba el rendimiento de las fibras, explicando una diferencia de 1,20  $\mu\text{m}$  y 1,00  $\mu\text{m}$  de diferencias en las hembras gestantes Huacaya y Suri, respectivamente, mientras que la gestación apareció con una influencia mucho menos relevante, la edad tuvo un efecto muy importante que aumentó 3,71  $\mu\text{m}$  de 3 a 9 años en Huacaya y 4,52  $\mu\text{m}$  en Suri. Se encontró una diferencia de 3,09  $\mu\text{m}$  en Huacaya y 5,93  $\mu\text{m}$  en Suri entre las alpacas de color oscuro y blanco; estos resultados recomiendan modificar el modelo de evaluación genética ajustando el estado fisiológico de las hembras para aumentar la precisión de los valores de cría utilizados para seleccionar animales en el esquema de cría de la granja (Cruz *et al.*, 2017)

La producción de fibra depende predominantemente del funcionamiento de los folículos pilosos, en periodos largos de crecimiento, pues la fase anágena (con una zona matricial en mitosis) es la que predomina (Rogers, 2006), frente a la fase catágena (donde se detiene el crecimiento folicular por estrechamiento del bulbo, reducción de la papila pilosa y arrugamiento del saco piloso y queratinización) y telógena (donde se reduce de tamaño el folículo por reducción de la papila, matriz y saco piloso) (Torres de Jasauí *et al.*, 2007). Contrariamente, en ratones, conejos y cobayos el motor folicular progresa a través de estados de crecimiento, regresión y regeneración en forma de ondas a través del cuerpo (Rogers, 2006).

Con el objetivo de evaluar el efecto de alimentación de dos niveles contrastantes de energía sobre el rendimiento y calidad de fibra en alpacas, en la Estación Experimental del Centro de Investigación IVITA-Maranganí, se utilizó 12 alpacas Huacaya machos jóvenes, se tuvo una fase pre-experimental para el acostumbramiento de los animales a una dieta balanceada y una fase experimental con cuatro periodos: los periodos I y III, de 28 días cada uno, se usaron para igualar condiciones corporales; en el periodo II los animales fueron sometidos a los tratamientos T1 y T2 ofreciéndoles 0,73 y 1,23 veces el requerimiento energético de mantenimiento por 84 días; y en el periodo IV los animales del T1 pasaron al T2 y viceversa por otros 84 días. En los periodos II y IV se tomaron muestras de fibra de un área de 100 cm<sup>2</sup> sobre el costillar medio derecho, midiéndose el diámetro (D), la longitud (L), el diámetro de fibra en T1 fue de 23,97 μm y en T2 de 25,75 μm con diferencia estadística ( $P \leq 0,05$ ) (Franco *et al.*, 2009).

Se determinó el efecto de la nutrición y estación en la producción de fibras en Nueva Zelanda, se evaluó el efecto de la dieta y la temporada en el crecimiento de las fibras de 14 alpacas de un año de edad que fueron alimentadas con una dieta de alfalfa granulada a un nivel de mantenimiento o ad libitum durante 11 semanas en verano (enero - febrero) e invierno (julio-setiembre). Hubo una relación positiva entre la ingesta de alimento, la ganancia de peso vivo y la tasa de crecimiento de fibra; las diferencias en el crecimiento de la longitud de fibra entre el mantenimiento y los niveles de alimentación ad libitum fue de 0,36 y 0,33 mm / día, respectivamente, no fueron significativas ( $P > 0,07$ ); el nivel de alimentación no tuvo efecto sobre el diámetro de la fibra y el diámetro de fibra más grueso fue de en verano (33,7 μm) que en invierno (31,30 μm) (Newman y Paterson, 1994).

Las pieles fibrosas tienen un papel importante en el aislamiento de los animales y en el mantenimiento de la homeotemperatura, las alpacas se seleccionan hacia la fibra más fina para mejorar la usabilidad de su fibra en forma de prenda. Las consecuencias térmicas de reducir el diámetro de la fibra sobre el aislamiento externo son desconocidas y pueden tener un efecto negativo en el balance térmico de la alpaca; se planteó la hipótesis de que para una densidad de fibra dada, las fibras más finas atraparían más aire y proporcionarían menor conductividad térmica cuando se expusieran a baja velocidad del viento, pero serían menos robustas y, por lo tanto, proporcionarían menos aislamiento cuando se expusieran a una velocidad de viento mayor que las fibras más gruesas, se midió la conductancia térmica de ocho pieles de densidad de fibra similar pero con diámetro de fibra variable a velocidades de viento de 0, 1, 2, 4 y 6 m/s; la conductividad térmica fue similar entre pieles de diferentes diámetros de fibra ( $P = 0,58$ ) a baja velocidad del viento; la conductancia aumentó más en pieles con fibras más finas a la alta velocidad del viento que en pieles con fibras más gruesas ( $P = 0,02$ ). Así, a la misma densidad de fibra, las fibras más finas dan como resultado una pérdida de calor aumentada a alta velocidad del viento, el aumento de la pérdida de calor a mayor velocidad del viento resultaría en que el animal requiera más energía para mantener el equilibrio térmico por debajo de la temperatura crítica más baja, lo que reducirá la eficiencia de la producción de fibra (Moore *et al.*, 2011).

Se evaluaron las características tecnológicas de la fibra de llama, diámetro medio de fibra (DMF) antes y después de descender, se tomaron muestras de 10 g de fibra de vellones de 227 llamas Chaku de la región Apurímac, Perú. Las fibras sin descender y descendidas fueron analizadas con el equipo OFDA 2000 (Optical Fibre Diameter Analyser); se consideraron las variables sexo y edad, en la fibra sin descender el DMF fue de  $22,49 \pm 0,24 \mu\text{m}$  y descenderada de  $21,79 \pm 0,22 \mu\text{m}$  (Laime *et al.*, 2016).

Para generar información sobre la calidad de la fibra de camello de Asia Central, se caracterizaron muestras de fibra de 712 camellos de Kazajstán y Uzbekistán, los efectos fijos involucraron la ubicación geográfica, la edad animal, el sexo, el color del pelaje y las especies. Las especies de camellos son Bactrians (*Camelus bactrianus*), dromedarios (*Camelus dromedarius*) y cruces entre ambas especies, en lo sucesivo denominados híbridos. Los rasgos de fibra el diámetro medio de fibra fina (DMF). Los promedios aritméticos del DMF fueron de  $18,00 \mu\text{m}$  para Bactrians,  $21,20 \mu\text{m}$  para los dromedarios y  $17,90 \mu\text{m}$  para híbridos, se detectó una interacción significativa edad por especie para

todos los rasgos. En general, los camellos bactrianos tuvieron menor DMF que los dromedarios ( $P < 0,05$ ). Las localizaciones geográficas diferenciaron significativamente CY y Curv pero no los otros rasgos (Iñiguez *et al.*, 2013).

#### 1.2.1.2. Variación estacional del diámetro de fibra

En estudios desarrollados en dos medios ecológicos (puna húmeda PH y seca PS) y en cuatro épocas del año: Lluviosa (LL), lluviosa a seco (LL-S) seco (S) y seco a lluvioso (S-LL), con el objetivo de determinar la variación ambiental de la calidad de la pradera, el diámetro y longitud de mecha de la fibra de alpacas Huacaya tuis machos de un año de edad, se determinó la composición proximal de los pastos naturales, diámetro de fibra y longitud de mecha. Los diámetros promedio de fibra fueron  $20,11 \pm 1,77 \mu\text{m}$  y  $20,77 \pm 2,42 \mu\text{m}$ , en PH y PS, respectivamente ( $P \geq 0,01$ ), por épocas fueron  $21,55 \pm 0,37 \mu\text{m}$  (LL),  $20,76 \pm 0,39 \mu\text{m}$  (LL-S),  $19,98 \pm 0,28 \mu\text{m}$  (S) y  $19,57 \pm 0,27 \mu\text{m}$  (S-LL) ( $P \leq 0,01$ ). Se concluye que la calidad de la fibra de alpaca está parcialmente influida por el factor medio ecológico; en cambio, el factor época influye de manera significativa (Olarte *et al.*, 2013).

En alpacas estudiadas en las islas del sur de Nueva Zelanda considerando edad, los promedios del diámetro de fibra en adultos, tuis y crías fueron de  $31,9 \mu\text{m}$ ,  $30,5 \mu\text{m}$  y  $26,4 \mu\text{m}$ , respectivamente, la variación estacional en el diámetro de fibra fue moderadamente similar, siendo el valor más bajo en la época de invierno (Wuliji *et al.* 2000). En estudios sobre carga animal en un pastoreo mixto entre cabras y ovinos Merino resultó en una interacción entre especie y carga animal sobre el diámetro de fibra ( $P \leq 0,05$ ), no hubo efecto por año de producción; en pastoreo mixto con una carga de 10 ovinos por hectárea creció más lana y con un diámetro superior más que en pastoreo por separado ( $20,2 \mu\text{m}$  vs  $18,9 \mu\text{m}$  ( $P \leq 0,05$ ), este efecto ocurrió en cada experimento. En el pastoreo de ovinos por separado en 10,5/ha de carga animal, fue más fina la lana que en pastoreo por separado de 7,5/ha ( $18,4$  vs  $19,4 \mu\text{m}$ ;  $P \leq 0,05$ ) (McGregor, 2010).

Estudios similares en cabras vacías de la raza Angora, fue realizada para determinar el efecto estacional bajo condiciones de pastoreo, suplementado con un concentrado en su dieta en una proporción de 50 % para su requerimiento de mantenimiento, bajo estas condiciones la diferencia estacional en diámetro de fibra fue similar ( $34,90 \mu\text{m}$ ,  $31,70 \mu\text{m}$ ,  $33,70 \mu\text{m}$  y  $36,50 \mu\text{m}$  en otoño, invierno, primavera y verano, respectivamente). El diámetro de las fibras meduladas fue superior en primavera y verano que en invierno

(69,00  $\mu\text{m}$ , 65,00  $\mu\text{m}$ , 73,00  $\mu\text{m}$  y 71,00  $\mu\text{m}$  en otoño, invierno, primavera y verano, respectivamente). En el caso de crecimiento y diámetro de fibra, los valores en otoño no fue diferente con los de verano y primavera, pero fue más grande a mitad y al final de verano; en el caso de cabras Cashmere el diámetro de fibra no fue alterado por los niveles de energía metabólica en la dieta ( $P>0,01$ ), pero fue grande las diferencias ( $P\leq 0,05$ ) para 15 % y 10 % de proteína cruda (16,92 % vs 16,06 %) (Litheland *et al.*, 2000).

Estudios sobre la actividad folicular en el diámetro y producción de fibra en ovinos Australianos de las razas Merino y Romney muestran que los folículos secundarios son máximos en verano y mínimo en el invierno. Este cambio relativo en el diámetro de los folículos secundarios fue más alto que en los folículos primarios, estas diferencias aparentes entre las poblaciones de folículos primarios y secundarios contribuyen al promedio del diámetro de la fibra de vellón como consecuencia del cambio estacional (Champion and Robards, 2000).

El efecto de las estrategias de pastoreo en la calidad y rendimiento de lana en el altiplano peruano, indican que hubo efecto significativo sobre el peso de vellón entre 2, 4 y 6 ovinos/ha, por otra parte hubo un efecto lineal significancia ( $P\leq 0,05$ ) en el diámetro de fibra (25,5  $\mu\text{m}$ , 24,5  $\mu\text{m}$ , y 24,1  $\mu\text{m}$ ) como incremento de la carga animal. Las diferencias en longitud de mecha entre 2, 4 y 6 borregas por ha, tuvo un efecto cuadrático ( $P\leq 0,02$ ) siendo 9,55 cm, 8,99 cm y 10,27 cm, respectivamente. El peso de vellón fue 9 % más alto ( $P\leq 0,01$ ) en el pastoreo continuo que por debajo del pastoreo rotativo, por otra parte no hubo diferencia entre el promedio de peso de vellón entre estos dos tratamientos (3,19 kg) comparado con el pastoreo rotativo común (2,94 kg). El diámetro de fibra no fue diferente entre pastoreo continuo y el rotativo, pero el diámetro de fibra fue más pequeña ( $P\leq 0,01$ ) en el pastoreo rotativo común (23,30  $\mu\text{m}$ ) que el promedio de pastoreo continuo y el rotativo (24,60  $\mu\text{m}$ ), la longitud de mecha no fue diferente entre pastoreo continuo y rotativo, pero fue diferente ( $P\leq 0,05$ ) entre el promedio de estos dos tratamientos (10,05 cm) y el tratamiento de pastoreo rotativo común (10,40 cm) (Carey *et al.*, 1988).

Con el objetivo de evaluar el efecto de alimentación de dos niveles contrastantes de energía sobre el rendimiento y calidad de fibra en alpacas, se utilizó 12 alpacas Huacaya machos jóvenes de la Estación Experimental del Centro de Investigación IVITA-Maranganí, se tuvo una fase pre-experimental para el acostumbramiento de los animales a una dieta balanceada y una fase experimental con cuatro periodos: los periodos I y III,

de 28 días cada uno, se usaron para igualar condiciones corporales; en el periodo II los animales fueron sometidos a los tratamientos T1 y T2 ofreciéndoles 0,73 y 1,23 veces el requerimiento energético de mantenimiento por 84 días; y en el periodo IV los animales del T1 pasaron al T2 y viceversa por otros 84 días. En los periodos II y IV se tomaron muestras de fibra de un área de 100 cm<sup>2</sup> sobre el costillar medio derecho, midiéndose el rendimiento, el diámetro (D), la longitud (L), la relación de L/ D, el volumen (V), y el aporte de L, D y (D) (L) en el V de la fibra. El T2 fue significativamente superior al T1 ( $p < 0,05$ ) en rendimiento de la fibra (5,22 vs. 4,43 g/100 cm<sup>2</sup>), D (25,75 vs. 23,97  $\mu\text{m}$ ), L (319,6 y 294,7  $\mu\text{m/d}$ ) y V (162,8 vs. 132,95 x 10<sup>-3</sup>  $\mu\text{m/d}$ , respectivamente), en tanto que la relación L/D fue similar en ambos tratamientos. D, L y (D) (L) aportaron el 68,6; 27,2 y 4.2% al V de la fibra, respectivamente. Se concluye que los niveles alimenticios en la alpaca influyen tanto en la producción como en el volumen de la fibra y que el aporte del diámetro en el incremento de la fibra resultante es mayor que el aporte de longitud (Franco *et al.*, 2009).

### 1.2.1.3. Actividad folicular en el diámetro y producción de fibra

Ovinos Australianos de las razas Merino y Romney muestran que los folículos secundarios son máximos en verano y mínimo en el invierno. Este cambio relativo en el diámetro de los folículos secundarios fue más alto que en los folículos primarios, estas diferencias aparentes entre las poblaciones de folículos primarios y secundarios contribuyen al promedio del diámetro de la fibra de vellón como consecuencia del cambio estacional. El mecanismo de control de los cambios es por separado para cada tipo de folículo en número, tamaño y en el orden de las células, y respecto a la dinámica de los cambios en la forma y crecimiento de la fibra son muy independientes uno del otro año. Futuros trabajos son requeridos para examinar la influencia de la alimentación y los mecanismos que determinan los cambios en la estructura de la fibra (Champion and Robards, 2000).

En cabras Angora pastoreada en pasturas y suplementado con un concentrado en un 50 % de su dieta, fue medido el efecto estacional para el desarrollo folicular, bajo esas condiciones la actividad de los folículos primarios varía con la estación del año más que la actividad de los folículos secundarios (primarios: 74, 73, 79, 99%, secundarios: 97, 86, 94 y 99% para otoño, invierno, primavera y verano), con la cual muestran exhibir ciclos foliculares. Por tanto el conocimiento del manejo nutricional en el futuro puede mejorar



el uso eficiente de los alimentos en la producción de fibra en la cabra, además de optimizar la esquila, tendría una mínima contaminación con fibras meduladas, siempre que este sea antes del equinoccio de la primavera y otoño (Litherland *et. al.*, 2000).

La actividad folicular ha demostrado ser muy variable en cabra Cashmere, incluso durante el periodo de crecimiento activo, la longitud de crecimiento es aproximadamente de 10-11 meses, sin tener en cuenta el tipo de animal, a pesar de que la capa de fibra no es evidente hasta noviembre en algunos animales y en otros en enero. Se cree que las diferencias de tasa de actividad mitótica en el tiempo de inicio, son responsables las diferencias en el momento en que aparece la nueva capa de fibra en los animales (Henderson and Sabine, 1992).

Con el objetivo determinar y correlacionar el diámetro medio de fibra (DMF) y la densidad folicular total (TFD) en las alpacas blancas y marrones juveniles (1-2 años) y adultos (3-6 años) en la región de Parinacota, en el norte de Chile, se tomaron muestras de fibra y biopsias cutáneas de las regiones del lado medio de 77 alpacas. El DMF observado para todos las alpacas ( $22,6 \pm 3,76 \mu\text{m}$ ) fue menor que el obtenido por investigaciones previas en la misma región geográfica. No hubo diferencia estadística demostrada entre DMF y TFD basado en el color del vellón ( $P > 0,05$ ). El MFD demostrado en alpacas blancas fue de  $22,57 \pm 3,92 \mu\text{m}$  con un TFD de  $21,97 \pm 6,37 \text{ foll} / \text{mm}^2$ ; En las alpacas marrones el DMF fue de  $22,63 \pm 3,66 \mu\text{m}$  y TFD de  $21,56 \pm 7,25 \text{ foll} / \text{mm}^2$ . El DMF en alpacas juveniles fue de  $21,61 \pm 2,78 \mu\text{m}$  con un TFD de  $24,2 \pm 7,49 \text{ foll} / \text{mm}^2$  y en DMFde adultos fue de  $23,47 \pm 4,3 \mu\text{m}$  con un TFD de  $19,62 \pm 5,34 \text{ foll} / \text{mm}^2$ , lo que demuestra una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos de edad de menor DMF, pero mayor TFD en individuos jóvenes ( $P < 0,05$ ). Se observó una correlación ( $-0,42$ ,  $P < 0,05$ ) entre el diámetro medio de fibra inferior y el TFD más alto para todos los individuos (Crossley *et al.*, 2014). Aparte de existir una correlación negativa estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ) entre el diámetro medio de fibra y la densidad folicular, independientemente del color y edad, la densidad folicular debe considerarse como un fundamento para la selección genética de los reproductores (Borroni, 2010 y Crossley *et al.*, 2014).

Con el objetivo caracterizar el tipo y disposición de los folículos cutáneos de Suri y Huacaya alpaca, se recolectaron muestras (11 Suri y 10 Huacaya) por biopsia de piel de la parte media de la alpaca y se procesaron para estudio histológico, cada biopsia se

examinó utilizando microscopio de proyección, se identificaron grupos foliculares y se registró la posición de cada folículo secundario y primario, la proporción de folículos secundarios a primarios (relación S / P) se comparó entre razas, la relación S / P no difirió entre Huacaya ( $7,10 \pm 0,52$ ) y Suri ( $7,21 \pm 0,62$ ); hay evidencia de una estructura espacial estadísticamente significativa de los folículos en ambas razas a pequeñas escalas espaciales. Sin embargo, a mayor escala espacial, la proporción de muestras con una estructura espacial agrupada de los folículos fue significativamente mayor en Huacaya. El estudio del patrón espacial de los folículos de la piel abre nuevas posibilidades para mejorar el conocimiento del papel potencial del folículo de la piel en la producción de fibra de alpaca (Molina *et al.*, 2016).

### 1.2.2. Longitud de fibra

En estudios llevados en la SAIS Túpac Amaru con el objetivo de determinar y comparar el ritmo y velocidad de crecimiento de la fibra durante el año, en 180 alpacas hembras Huacaya blancas y colores de tres años de edad, aproximadamente. Se hicieron mediciones de longitud de fibra en las regiones de la paleta, costillar medio y muslo; a los 106, 259 y 370 días de crecimiento de la fibra. A los 106 días, al análisis de variancia, se halló diferencias significativas en longitud de fibra entre los grupos blancas y colores, siendo los valores 4,61 y 4,65 cm. A los 259 días, no se encontró diferencias significativas en longitud de fibra entre ambos grupos, siendo los valores promedios de 9,53 cm (blancas) y 8,8 cm (colores). A los 370 días, se hallaron diferencias significativas en longitud de fibra, siendo los valores promedios 10,43 cm (blancas) y 9,43 cm (colores); el mayor ritmo y velocidad de crecimiento ocurre a los 106 días después de la esquila, y disminuye la intensidad a los 259 y 370 días (Trejo *et al.*, 1988).

Existe poca información sobre la tasa de crecimiento de la longitud de fibra de alpaca, especialmente durante el primer año de vida, se determinó el crecimiento de fibra mensual de 22 descendientes de alpaca de dos genotipos (9 Suri, 13 Huacaya) y considerando las diferencias de sexo (10 hembras, 12 machos) en los Andes Altos del Perú; para evaluar el efecto del genotipo y el sexo en el perfil del crecimiento de la longitud de fibra a lo largo del año se utilizó un modelo de dos medidas de factores repetidos; los resultados mostraron que el crecimiento de longitud de fibra fue afectado por el genotipo y el mes, pero no el sexo. El genotipo Suri tuvo un crecimiento de longitud de fibra del 20 % mayor que el genotipo Huacaya (1,34 vs 1,10 cm / mes,  $P \leq 0,001$ ); el crecimiento de longitud

de fibra aumentó en cada uno de los tres primeros meses ( $P \leq 0,05$ ) y luego mantuvo una tasa casi constante durante el resto del primer año, se concluye que a edades de 8 a 12 meses las alpacas proporcionan vellones de longitud suficiente para el procesamiento de textil; así mismo en alpacas Suri y Huacaya se muestra un crecimiento de 3,96 cm entre los meses de enero a marzo, 3,09 cm entre abril a junio, 3,71 cm entre julio a setiembre y 3,85 cm de octubre a diciembre con diferencias estadística entre meses (Quispe *et al.*, 2014).

Se describió la calidad de la fibra de alpacas Huacaya producida en la región de Huancavelica, utilizando una muestra de 203 alpacas pertenecientes a ocho comunidades de alpaqueros ubicadas entre 4 100 y 4 750 m de altitud no se detectó relación lineal entre el diámetro de la fibra y la longitud de mecha (Montes *et al.*, 2008).

En la región de Huancavelica de Perú se tomaron muestras de 31 alpacas hembras adultas, para determinar los valores de longitud de fibra para el costillar medio, la longitud de fibra fue de 91 mm y eran más largas que otros componentes de vellón. El patrón general fue una disminución marcado dorso-ventral en la longitud de fibra y una disminución en el cuello (McGregor *et al.*, 2011).

En alpacas estudiadas en las islas del sur de Nueva Zelanda considerando edad, los promedios de la longitud de mecha fue de 9,9 cm, 12,2 cm y 12,6 cm, respectivamente (Wuliji *et al.* 2000). En alpacas de un año de edad en Australia, la longitud de fibra de alpacas Suri fue 3,2 cm más largo que la alpaca de Huacaya; la diferencia aparente en la longitud de fibra entre Suri y Huacaya pueden estar relacionadas con la curvatura natural o fricción de fibra, que es mayor en Huacaya que en alpacas Suri (McGregor, 2006). Sobre el particular encontraron una correlación negativa entre estos parámetros para las alpacas en EE.UU (Lupton *et al.*, 2006), mientras que también reportaron una correlación en alpacas de Nueva Zelanda (Wuliji *et al.*, 2000)

Con el objetivo de evaluar el efecto de alimentación de dos niveles contrastantes de energía sobre el rendimiento y calidad de fibra en alpacas, en la Estación Experimental del Centro de Investigación IVITA-Maranganí, se utilizó doce alpacas Huacaya machos jóvenes, se tuvo una fase pre-experimental para el acostumbramiento de los animales a una dieta balanceada y una fase experimental con cuatro periodos: los periodos I y III, de 28 días cada uno, se usaron para igualar condiciones corporales; en el periodo II los animales fueron sometidos a los tratamientos T1 y T2 ofreciéndoles 0,73 y 1,23 veces el

requerimiento energético de mantenimiento por 84 días; y en el periodo IV los animales del T1 pasaron al T2 y viceversa por otros 84 días. En los periodos II y IV se tomaron muestras de fibra de un área de 100 cm<sup>2</sup> sobre el costillar medio derecho, midiéndose el diámetro (D), la longitud (L), el diámetro de fibra en T1 fue de 294,7 μm/d y en T2 de 319,6 μm/d con diferencia estadística ( $P \leq 0,05$ ) (Franco *et al.*, 2009).

En alpacas Huacaya blancas de uno a siete años de edad del Centro Experimental de Camélidos Sudamericanos Lachocc de la Universidad Nacional de Huancavelica, se determinación del diámetro medio de fibras, la longitud de fibra y correlaciones; la longitud de fibra fue de  $4,15 \pm 1,33$  pulgadas ( $10,54 \pm 3,38$  cm) (Cordero *et al.*, 2011).

### 1.2.3. Factor de confort (FC)

En alpacas de color blanco provenientes de ocho comunidades de la región de Huancavelica, de distintas edades y sexos, encontraron valores de factor de picazón de  $6,33 \% \pm 0,30 \%$  que correspondería a un factor de confort de 93,67 %, el cual se considera como un buen factor acorde a los requerimientos de la industria textil. Se sabe que mientras las fibras tienen menor diámetro el confort es mayor (Quispe *et al.*, 2009). Asimismo, se reportó una suficiente evidencia del efecto de la edad, año y comunidad sobre ésta característica (Quispe, 2010).

En estudios realizados en la comunidad de Iscahuaca de la región de Apurímac, en puna seca entre 3 700 y 5 300 msnm, se tomaron 405 muestras de fibra de alpacas antes de la esquila; los resultados mostraron un índice de confort (IC) por sexo de 96,8 % y 95,5 % en machos y hembras, respectivamente ( $P \leq 0,05$ ) (Vásquez *et al.*, 2015).

En las comunidades de Quelccaya y Chimboya del distrito de Corani, Carabaya; se determinó las características textiles de 240 muestra de fibra de alpacas Huacaya; el factor de confort en alpacas fue de 95,59 %, considerando edad fueron de 97,50 %, 95,85 % y 93,43 % en alpacas de dos, tres y cuatro años de edad, respectivamente ( $P \leq 0,05$ ), según sexo fueron de 96,19 % en hembras y 94,99 % en machos ( $P \leq 0,05$ ) (Ormachea *et al.*, 2015).

En el sector Chocoquilla, perteneciente a la comunidad Huaylluma distrito Macusani, se tomaron 180 muestras de fibra de alpacas Huacaya y Suri, los resultados muestran que el factor de confort presenta variaciones altamente significativas para el efecto raza, siendo en alpacas Suri de  $95,58 \pm 3,35 \%$  y Huacaya de  $98,76 \pm 1,85 \%$  (Díaz *et al.*, 2014).

El factor de picazón no es un carácter técnico de la fibra, sino que más bien esta con el grado de confort que brindan las prendas fabricadas con fibra de alpaca relacionado está sobre el usuario (Sacchero, 2005). En alpacas criadas en Australia se reporta un factor de picazón de 44,42 % y un índice de confort de 55,58 % (McGregor y Butler, 2004) y en estudios realizados en alpacas al sur de Australia, muestran un índice de confort de 75,49 % (Ponzoni *et al.*, 1999), mientras que en alpacas Huacaya criadas en EEUU y con una muestra representativa de 585 muestras de vellón de alpacas de distintos sexos y edades, encontrando un factor de confort de  $68,39 \pm 25,05$  %, según sexo en hembras 69,50 % y machos de 72,60 %, según edad de 82,70 %, 74,10 % y 58,60 % en alpacas de uno, dos y tres años de edad, respectivamente (Lupton *et al.*, 2006)

Se evaluaron las características tecnológicas de la fibra de llama, diámetro medio de fibra (DMF), coeficiente de variación de DMF (CVDMF), factor de confort (FC), índice de curvatura (IC) y finura al hilado (FH) antes y después de descerदार, se tomaron muestras de 10 g de fibra de vellones de 227 llamas Chaku de la región Apurímac, Perú. Las fibras sin descerदार y descerदारadas fueron analizadas con el equipo OFDA 2000 (Optical Fibre Diameter Analyser); se consideraron las variables sexo y edad, el FC en fibra sin descerदार fue de  $89,53 \pm 0,96$  % y descerदारada de  $92,27 \pm 0,88$  %. (Layme *et al.*, 2016).

En ovinos de raza ovina Criollo con el objetivo de caracterizar la lana de ovejas Criollo Argentinas, utilizando las principales medidas que determinan su calidad y su valor comercial, el muestreo se realizó sobre majadas ubicadas en cuatro provincias: Salta (SA) (n= 44); Santiago del Estero (SE) (n= 60); Corrientes (CO) (n= 40) y Buenos Aires (BA) (n= 59), se tomaron muestras de lana de cada oveja y se determinaron el diámetro medio de lana (DML) y factor de confort (FC); los resultados muestra que el DML en SA fue de  $26,1 \pm 2,5$   $\mu\text{m}$  y FC fue de  $78,8 \pm 12,7$  %; el DML en SE fue de  $33,1 \pm 3,8$   $\mu\text{m}$  y FC fue de  $47,5 \pm 16,2$  %; el DML en BA fue de  $33,5 \pm 2,9$   $\mu\text{m}$  y FC fue de  $49,2 \pm 13,8$  %; el DML en CO fue de  $35,9 \pm 4,1$   $\mu\text{m}$  y FC fue de  $34,0 \pm 16,2$  %, ninguno de los tres grupos respondió a la categoría *carpet-wool* o *Criolla* correspondiente a la clasificación lanera oficial, por eso se consideró necesario construir un mapa lanero Criollo de la República Argentina (Peña *et al.*, 2016).

Con el objetivo de evaluar las características de calidad de la lana en Regiones del cuerpo de ovejas (*Ovis aries*) Corriedale, se tomaron muestras de la paleta, costillar coxa, los resultados muestran que el FC fue de  $77,82 \pm 12,85$  % en espalda,  $60,37 \pm 13,76$  % en

costillar y  $54,04 \pm 14,37$  % en coxa con una media de  $64,08 \pm 13,27$ % (Amarihlo-Silveria *et al.*, 2015).

#### 1.2.4. Finura al hilado

En el sector Chocomaquilla, perteneciente a la comunidad Huaylluma distrito Macusani, se tomaron 180 muestras de fibra de alpacas Huacaya y Suri, los resultados muestran que la finura al hilado presenta variaciones altamente significativas para el efecto raza, siendo en alpacas Suri de  $20,38 \pm 1,84$   $\mu\text{m}$  y Huacaya de  $17,92 \pm 1,73$   $\mu\text{m}$  (Díaz *et al.*, 2014).

En estudios realizados en la comunidad de Iscahuaca de la región de Apurímac, en puna seca entre 3 700 y 5 300 msnm, se tomaron 405 muestras de fibra de alpacas antes de la esquila; los resultados mostraron una finura al hilado de  $19,40 \pm 0,20$   $\mu\text{m}$ , la finura al hilado es diferente entre sexos ( $p \leq 0,05$ ) y entre los grupos etarios (dientes de leche y boca llena) ( $P \leq 0,05$ ) (Vásquez *et al.*, 2015).

Se evaluaron las características tecnológicas de la fibra de llama, diámetro medio de fibra (DMF), coeficiente de variación de DMF (CVDMF), factor de confort (FC), índice de curvatura (IC) y finura al hilado (FH) antes y después de descerदार, se tomaron muestras de 10 g de fibra de vellones de 227 llamas Chaku de la región Apurímac. Las fibras sin descerदार y descerदारadas fueron analizadas con el equipo OFDA 2000 (Optical Fibre Diameter Analyser); se consideraron las variables sexo y edad, la FH en fibra sin descerदार fue de  $22,17 \pm 0,25$   $\mu\text{m}$  y descerदारada de  $21,11 \pm 0,22$   $\mu\text{m}$  (Layme *et al.*, 2016).

#### 1.2.5. Índice de curvatura

También, al parecer, existe una fuerte relación entre la media del diámetro de fibra y la 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).

El índice de curvatura obtenido fue de 36,6 %/mm, con un máximo de 41,84 %/mm, correspondiente a un macho cuatro dientes de color blanco y un mínimo de 24,3 %/mm, observado en adulto boca llena de color negro (Manso, 2011). En alpacas obtuvo un índice de curvatura de 38,8 %/mm (Quispe, 2009) y en el intervalo 47,66 – 54,01 %/mm (Quispe, 2010). Este parámetro, aunque ha sido poco estudiado en Perú, sí que se ha

estudiado más en Australia, Nueva Zelanda y EEUU encontrándose unos valores más bajos, que varían desde 27,80 a 32,20 °/mm. Esta diferencia de valores, puede ser debida a que, los parámetros diámetro de fibra e índice de curvatura parecen tener una relación inversamente proporcional, relación probada también en este trabajo y en estos países donde la alpaca ha sido exportada, la finura de los animales es menor, preocupándose más por obtener un mayor volumen de fibra. En cuanto al color, los datos obtenidos concuerdan con lo obtenido por Oria (2008), ya que animales de color más oscuro, poseen un índice de curvatura más bajo pasando en este trabajo de los 40°/mm en alpacas de color blanco, a 31°/mm en alpacas color café oscuro, y descendiendo hasta los 24 °/mm para las alpacas color negro, comportamiento este que también puede ser explicado por la relación inversamente proporcional existente entre diámetro e índice de curvatura; según edad, se obtienen valores entre constantes o ligeramente crecientes hasta los cuatro dientes, disminuyendo desde esa edad hasta boca llena desde los 38,00 °/mm hasta los 34,00 °/mm, no siendo concordante con Quispe (2009) que indica que con la edad aumenta el índice de curvatura, McGregor (2006) determino que este parámetro no varía con la edad, pero sí confirma lo planteado por Mamani (2010) que se debería obtener un menor índice de curvatura conforme aumentase la edad, debido a que el diámetro aumenta con la edad.

En la región de Huancavelica de Perú se tomaron muestras de 31 alpacas hembras adultas, se analizaron en el OFDA 2000 para determinar diámetro medio de fibra, coeficiente de variabilidad del diámetro medio y el índice de curvatura; los valores de IC se transformaron log<sub>10</sub>, se realizaron correlaciones entre sitios y análisis de regresión entre diámetro medio de fibra e índice de curvatura. Los valores medios para el costillar medio fueron de 34,9 °/mm; los atributos de vellón variaron significativamente entre todos los componentes de vellón y entre los sitios de vellón (P<0,001). El patrón general fue una disminución dorso-ventral en índice de curvatura; hubo una relación significativa entre log<sub>10</sub> índice de curvatura con diámetro medio de fibra, esto sugiere que la variación de índice de curvatura se puede utilizar para la selección de componentes de vellón con diámetro medio de fibra diferente, pero la pendiente de la regresión (índice de curvatura disminuyó 1,0 °/mm por cada 1 μm de aumento en diámetro medio de fibra en el rango de 11 a 70 μm (McGregor *et al.*, 2011)

Existen relaciones directas entre el IC de la fibra con la frecuencia de rizos en la mecha y con la resistencia a la compresión (los coeficientes de correlación varían entre 0,80 y 0,90.

También existe una fuerte relación entre la media del diámetro de fibra y la curvatura de la fibra, donde fibras con alta curvatura tienen fibras con menor diámetro (Fish *et al.*, 1999). Los coeficientes de correlación entre el índice de curvatura (expresado en grados / milímetro) y el diámetro de fibra (expresado en  $\mu\text{m}$ ) fue de 0,64 y 0,79 para muestras de fibra de alpacas Huacaya y Suri, y entre frecuencia de rizo y diámetro de 0,44, demostrando la ventaja que tiene el índice de curvatura frente a la frecuencia de rizos, cuando se quiere evaluar el diámetro de la fibra (Holt, 2006). Muchos estudios han sido dedicados a evaluar el efecto del rizo de la mecha de fibra sobre el rendimiento al procesamiento y la calidad de los productos lanares. Las lanas con baja frecuencia de curvaturas o rizos y alta definición de rizo conlleva a obtener una longitud media de fibra (Hauter) más larga en los tops (cinta de fibra obtenida después del peinado) (Hansford, 1996). Para las lanas superfinas, una menor frecuencia de rizos en la fibra da lugar a una mayor uniformidad de hilados y menor número de terminales salientes en la hilatura (Wang *et al.*, 2004).

El índice de curvatura en alpacas ha sido estudiado en Perú, en estudios se reportan valores entre 47,66 y 54,01  $^{\circ}/\text{mm}$  en alpacas (Siguayo y Aliaga, 2010), mientras que Quispe (2010) encuentra una media de 38,8  $^{\circ}/\text{mm}$ . Así también, el índice de curvatura está bien documentado en países como Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos principalmente, basta referir a los resultados de Liu *et al.* (2004), Wang *et al.* (2004), Lupton *et al.* (2006), McGregor (2006) quienes encontraron valores de 27,80  $^{\circ}/\text{mm}$  a 32,50  $^{\circ}/\text{mm}$ ; al parecer, la fibra de alpaca Suri tiene menor curvatura que la Huacaya 15  $^{\circ}/\text{mm}$  a 35  $^{\circ}/\text{mm}$  contra 25 a 60  $^{\circ}/\text{mm}$  respectivamente (Holt, 2006), mientras que la lana de ovino tiene mayor índice de curvatura que la fibra de alpaca (Liu *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2004), pero menor que la de vicuña (Quispe *et al.*, 2010).

En estudios realizados en la comunidad de Iscahuaca de la región de Apurímac, en puna seca entre 3 700 y 5 300 msnm, se tomaron 405 muestras de fibra de alpacas antes de la esquila; los resultados mostraron un índice de curvatura de  $37,00 \pm 0,30$   $^{\circ}/\text{mm}$ , el índice de curvatura es similar entre sexos pero diferente entre edades, apreciándose esta diferencia entre alpacas con diente de leche, con cuatro dientes y boca llena (Vásquez *et al.*, 2015).

Respecto al índice de curvatura en 585 muestras de vellón de alpacas norteamericanas de distintos sexos y edades, se reportó un índice de curvatura promedio de  $33,16 \pm 7,00$



°/mm, según sexo de 33,50 °/mm en hembras y 33,90 °/mm en machos y para edad de 34,60 °/mm, 33,70 °/mm y 31,00 °/mm en alpacas de uno, dos y tres años respectivamente (Lupton *et al.*, 2006).

Para valores de diámetro de 15 a 40  $\mu\text{m}$ , sus rangos de índice de curvatura son de 50 °/mm a 15 °/mm para fibra de alpaca, al igual que la lana, la curvatura de la fibra de alpaca disminuye a medida que aumenta el diámetro de la fibra (Wang *et al.*, 2004); el promedio de índice de curvatura en alpacas de color fue de 35,71 °/mm, en alpacas Huacaya de 35,52 °/mm y Suri de 26,31 °/mm (Wang *et al.*, 2005).

En ovinos de raza ovina Criolla con el objetivo de caracterizar la lana de ovejas Criollas Argentinas, utilizando las principales medidas que determinan su calidad y su valor comercial, el muestreo se realizó sobre majadas ubicadas en cuatro provincias: Salta (SA) (n= 44); Santiago del Estero (SE) (n= 60); Corrientes (CO) (n= 40) y Buenos Aires (BA) (n= 59), se tomaron muestras de lana de cada oveja y se determinaron el diámetro medio de lana (DML) y la curvatura de ondulación (CU); los resultados muestra que el DML en SA fue de  $26,1 \pm 2,5 \mu\text{m}$ , la CU de  $78,5 \pm 13,5 \text{ }^\circ/\text{mm}$ , el DML en SE fue de  $33,1 \pm 3,8 \mu\text{m}$ , la CU de  $45,5 \pm 15,0 \text{ }^\circ/\text{mm}$ , el DML en BA fue de  $33,5 \pm 2,9 \mu\text{m}$ , la CU de  $41,9 \pm 7,3 \text{ }^\circ/\text{mm}$ , el DML en CO fue de  $35,9 \pm 4,1 \mu\text{m}$ , la CU de  $42,7 \pm 12,1 \text{ }^\circ/\text{mm}$  (Peña *et al.*, 2016).

Con el objetivo de evaluar las características de calidad de la lana en Regiones del cuerpo de ovejas (*Ovis aries*) Corriedale, se tomaron muestras de la paleta, costillar coxa, los resultados muestran que IC fue de  $39,93 \pm 8,18 \text{ }^\circ/\text{mm}$  en espalda,  $40,71 \pm 9,76 \text{ }^\circ/\text{mm}$  en costilla y  $38,75 \pm 7,97 \text{ }^\circ/\text{mm}$  en coxa con una media de  $39,79 \pm 8,09 \text{ }^\circ/\text{mm}$  (Amarihlo-Silveria *et al.*, 2015).

Para generar información sobre la calidad de la fibra de camello de Asia Central, se caracterizaron muestras de fibra de 712 camellos de Kazajstán y Uzbekistán, los efectos fijos involucraron la ubicación geográfica, la edad animal, el sexo, el color del pelaje y las especies. Las especies de camellos fueron Bactrians (*Camelus bactrianus*), dromedarios (*Camelus dromedarius*) y cruces (híbridos), el índice de curvatura de fibra fina promedio fue de  $87,7 \text{ }^\circ/\text{mm}$  en Bactrians y de  $78,2 \text{ }^\circ/\text{mm}$  en dromedarios y  $89,9 \text{ }^\circ/\text{mm}$  en híbridos, en general, los camellos bactrianos tuvieron mayor índice de curvatura que los dromedarios ( $P < 0,05$ ); las localizaciones geográficas diferenciaron significativamente el índice de curvatura (Iñiguez *et al.*, 2013).

### 1.3. Composición florística y química de los pastos naturales

Para el distrito de Lircay en Huancavelica se reporta un total de 46 especies y una subespecie de la familia Poaceae agrupadas en 21 géneros, 11 tribus y 6 subfamilias. El género *Calamagrostis* es el más diverso con 9 especies, seguido por *Poa* con 5 especies. Asimismo, *Aciachne acicularis* “paccupaccu”, *Arundo donax* “carrizo”, *Cortaderia hieronymi* y *Ortachne erectifolia* “iruichu” constituyen nuevos registros para la región Huancavelica (Gutiérrez y Castañeda, 2014).

En Chile en la localidad de Chingari a 4 930 msnm en se determinó la composición botánica, porcentaje de materia seca y proteína cruda, las principales asociaciones vegetales encontradas en bofedales corresponden a *Oxicholoe andina* - *Festuca nardifolia*; *Distichia muscoides* - *O. andina* - *Juncus sp*; *F. nardifolia* - *Carex incurva* - *O. andina* - *Werneria pygmaea*; el porcentaje de proteínas vario de 6,8 % a 11,5 % los menores valores fueron en época seca - invernal y los más altos valores corresponden al periodo lluvioso – estival; es probable que estas diferencias radiquen en los cambios de composición botánica que se produce entre épocas, además de los cambios en la fenología y el contenido de tejido vivo de las especies; durante el verano aumentaron las especies denominadas hierbas, las que presentaron en general un mayor tenor proteico que las gramíneas y pseudogramíneas, en general existe una gran estacionalidad del crecimiento en estas praderas, lo que refleja mayor disponibilidad de MS en la época de lluvias (Castellaro, 1998).

En investigaciones realizadas en los ecosistemas de páramo ecuatoriano entre los 2 550 y los 4 400 msnm, se realizaron experimentos encaminados a evaluar las características edafoclimáticas de mayor importancia en las ecoregiones y sitios de paramos seleccionados para el estudio, en donde se evaluó la biodiversidad in situ de especies de pastos, evaluaciones y discriminación de especies de gramíneas, multiplicación ex situ de las mismas, evaluación de las potencialidades productivas de las promisorias, su composición bromatológica y el comportamiento de las gramíneas seleccionadas ante el pastoreo. En la evaluación in situ de las gramíneas, se identificaron 90 especies, comprendidas en 37 géneros, siendo los principales y con mayor número: festuca (14), Paspalum (10), Agrostis (7), Calamagrostis (7), Bromus (6), Stipa (5), Poa (5). Los índices de biodiversidad de especies pratenses existentes muestran valores medios (0,72) a altos (0,90) en su uniformidad. Las más destacadas en producción de forraje ex situ

fueron: *Euchlaena mexicana*, *Arrhenatherum elatius*, *Arrhenatherum pratense* y *Stipa plumeris*. En el análisis bromatológico se obtuvieron valores entre 10,2 % y 11,6 % de proteína bruta (Fiallos-Ortega, 2014).

En cinco regiones del altiplano se realizó la caracterización bromatológica de muestras de especies nativas (pastos y arbustos), el análisis de correlaciones demostró que las especies que presentan altos valores de % MS, muestran alto % FC, % FDN y % FDA; las especies que presentan altos valores % PB muestran altos % cenizas, las correlaciones inversamente proporcionales indican que a mayor valor de % PB menor valor de % FC, % FDN y FDA; se diferenció seis clases, la clase uno agrupa a las especies que contienen altos % de EE y energía (*B. incarum*, *P. lepidophylla*, *P. quadrangularis* y *L. Castellani*), la clase tres, agrupa a las especies que presentan un nivel intermedio de fibra, proteína bruta, % FDA y % FDN (*A. pinnata*, *P. tubulosa*, *O. andina*, *A. spinosissima* y *A. melanthes*) y son las especies que presentan una calidad de nutrientes promisorias para la alimentación de camélidos; las especies con altos % PB son *T. pasacana* y *D. muscoides*, y pertenecen a la clase cinco; las especies más fibrosas pertenecen a la clase seis (*D. vicunarum*, *Stipa obtusa*, *F. rigescens*, *Festuca sp*, *F. orthophylla* y *S. ichu*), *D. muscoides* presentó 12,6 %; 2,7 %; 17,4 % y 50,7 %; *A. pinnata* 15,3 %; 3,4 %, 9,3 % y 51,1 %; *F. Orthophylla* 6,2 %; 2,0 %; 6,2 % y 90,6 % y *E. Ichu* 2,6 %, 1,6 %; 2,6 % y 86,4 % de proteína bruta, extracto etéreo, cenizas y fibra detergente neutro, respectivamente (Condori, 2017)

En invierno (julio), la disponibilidad de materia seca demostró un promedio de 1 860 kg /Ha con un rango entre 637 a 3 633 kg/ha, a su vez durante el periodo de verano (enero) la disponibilidad de materia seca fue de 2 940 kg/ha con rango entre 1 158 y 4 570 kg/ha. Los rangos obtenidos en esta variable puede ser atribuida al tipo y condición de los bofedales. La composición botánica de los bofedales en general tiene una clara predominancia de especies gramíneas y graminoides, que reúne más del 80 % de la contribución específica del contenido de la pradera. Estos son grupos de especies *Festuca nadifolia* y *Andean oxychloe*, respectivamente. Es relativamente remarcable la consistencia relativa en la contribución entre ambas gramíneas, no sucediendo con los graminoides que tiende a decrecer hacia el verano, siendo sustituidos una parte de las dicotiledóneas; esto puede indicar que la contribución del último grupo de especies es pequeña, presenta más dinámica, es importante desde el punto de vista el incremento en la calidad nutricional de las praderas durante el verano (Castellano *et al.*, 2003).

En estudios desarrollados en dos medios ecológicos (puna húmeda PH y seca PS) y en cuatro épocas del año: Lluviosa (LL), lluviosa a secano (LL-S) secano (S) y secano a lluvioso (S-LL), con el objetivo de determinar la variación ambiental de la calidad de la pradera, el diámetro y longitud de mecha de la fibra de alpacas Huacaya tuis machos de un año de edad, se determinó la composición proximal de los pastos naturales. Los resultados del análisis proximal de los pastos naturales según medio ecológico fueron: MS  $53,44 \pm 13,44$  % (PH) y  $68,77 \pm 26,09$  % (PS);  $7,99 \pm 1,50$  % (PH) y  $6,67 \pm 1,22$  % (PS); FDN  $61,24 \pm 3,75$  % (PH) y  $63,39 \pm 4,03$  % (PS). EE  $6,95 \pm 0,30$  % (PH) y  $6,46 \pm 0,43$  % (PS), Cenizas  $5,44 \pm 1,30$  % y  $6,07 \pm 0,98$  % (PS) (Olarte *et al.*, 2013).

Con el objetivo de evaluar la variabilidad disponible en 21 genotipos de *Brachiaria humidicola* en la concentración de proteína y producción de materia seca, durante la época seca del año; los resultados mostraron que la concentración de proteína tiene una relación inversa con la producción de materia seca, razón por la cual se observó una disminución en la concentración de proteína en los cortes con mayor producción de materia seca, explicada esta disminución por un decremento de la proporción de hojas en la biomasa aérea total de la planta. La condición de déficit de humedad del suelo presente en el período de evaluación (época seca del año), limitó la expresión del potencial de producción de MS de los genotipos en estudio, el déficit de humedad del suelo, influye negativamente en el crecimiento de los pastos, provocando reducción del área foliar, de la actividad fotosintética y, por consiguiente, de la producción de MS (Reyes *et al.*, 2009).

En la época seca el contenido porcentual de proteína bruta de la mayoría de las especies gramíneas nativas están por debajo del 6 %, con excepción de *Eleocharis albibracteata* (7,8 %), *Distichlis humilis* (7,3 %) y *Alchemilla pinnata* (6 %). En la época de lluvias, todas las especies de pastos nativos incrementan sus contenidos de proteína bruta hasta un límite aceptable y superior a 7,2 % de proteína bruta, entre las especies que destacan por su mayor contenido de proteína fueron *Trifolium amabile* (16,49 %), *Bromus uniloides* (11,48 %), *alchemilla pinnata* (10,80 %), *Festuca dolichophylla* (10,64 %), *Eleocharis albibracteata* (10,50 %), *Muhlenbergia fastigiata* (9,85 %), *Carex ecuadorica* y *Distichli shumilis* (8,74 %). Todas las especies de pastos resultaron deficientes en energía en la época de seca y regular para la época de lluvia, excepto para la especie *Stipa ichu* que continua pobre, en general no cubre los requerimientos mínimos de mantenimiento de los animales al pastoreo en la pradera nativa en la mayor parte del año (límite aceptable de 61,2 kcal EM/kg PV 0,75 al 90 % de MS), esta situación confirma la

aseveración de que la energía es el nutriente de mayor escasez en la dieta del ganado del altiplano (Bruno, 1977).

Se estudiaron los efectos de la gestión de los pastos, la estación y el estado nutricional del suelo sobre la proteína bruta (CP) y la concentración de minerales macro de la pastura nativa en las áreas de Vertisol de las tierras altas de Etiopía central. Para N, P, Ca, Mg, K y Na se analizaron muestras de suelos y pastizales de 18 pasturas continuas (CG) y 12 pasturas temporales (SG). Se recolectaron muestras de pasto CG en el suelo y en la estación seca en enero y febrero de 2001 (estación seca: noviembre-febrero), mientras que en septiembre de 2001 se recolectaron muestras de pasto CG y SG durante la estación húmeda. La concentración de potasio (2,55%) de las muestras mixtas de forraje de pasto SG superó los valores de K (1.80%) de la pastura CG ( $P < 0,01$ ). Se observaron diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) de las concentraciones de CP y macro minerales entre las especies forrajeras. Las concentraciones medias de CP y K de forraje de pasto CG fueron mayores ( $P < 0,01$ ) durante el periodo húmedo que durante la estación seca (5,97 y 1,80 % vs. 3,18 y 0,79 %), mientras que lo contrario ocurrió con Ca (0,49 % vs. 0,61 %) ( $P < 0,05$ ). Respecto a los macro minerales del suelo ya las correspondientes concentraciones de minerales macro de la hierba, se encontraron correlaciones significativas ( $P < 0,05$ ) pero inconsistentes para Ca, P, Mg y Na. Los resultados sugieren que el manejo de pastizales, la estación y, en cierta medida, el estado nutricional del suelo, pueden afectar el forraje CP y la composición de macro minerales. Los niveles de CP en pastizales CG y de P y Na en pastizales CG y SG pueden caer por debajo de los requerimientos de pastoreo. El reposo en las etapas críticas del ciclo de crecimiento de las especies forrajeras estimuló la recuperación de especies deseables. Por esta razón, el descanso de los pastos puede contribuir significativamente a la calidad de los pastos autóctonos de los Vertisoles de las tierras altas de Etiopía central (Gizachew y Smit, 2012).

En trabajos de investigación realizados en el municipio de Santiago de Machaca de la primera sección de la provincia José Manuel Pando en Bolivia con los objetivos de determinar la biomasa y composición florística según sitio vegetativo, la capacidad de carga animal de pastizales nativos y la composición química de la pradera nativa, los resultados fueron los siguientes: La composición biomasa y composición florística es diversa, se identificó (35) especies forrajeras nativas en el sitio vegetativo pampa, bofedal (11), ladera (18) y cerro (33). La capacidad de carga animal (C.C.A) de los pastizales nativos, *Urtica flabellata* (Itapallu) (2,46); *Bromus atharticus* (Cebadilla) (1,26);

*Trifolium pratensis* (Layulayu) (1,38); *Iberi ssp.* (Lágrimas de virgen) (1,55) y *Hordium muticum* (Cola de ratón) (1,64), respecto a composición química, la especie forrajera con mayor contenido de proteína cruda (%) es de *Urtica flabellata* (Itapallu), 25,77%, la especie forrajera con mayor contenido de valor energético Kcal100/g es de *Bromus catharticus* (Cebadilla), 181,66 Kcal100/g. y la especie forrajera con mayor contenido de hierro mg/100g es de *Iberis sp.* (Lágrimas de virgen), 20,97 mg/100g. Estas especies identificadas deben ser conservadas y difundidas, debido a que mostraron mayor cantidad de producción y calidad en cuanto a su contenido de nutrientes requeridos por los animales (IICAT, 2015).

En los distritos de Dirre y Yabello de la zona de Borana en Etiopía meridional, se realizaron análisis químico, digestibilidad in vitro de la materia seca (IVDMD) y degradabilidad in sacco de muestras de alimento colectadas de arbustos y pastos durante las estaciones cálido-seca y lluviosa. Las especies analizadas para composición química e IVDMD fueron *Acacia brevispica*, *A. nilotica*, *A. seyal*, *A. tortilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Grewia bicolor*, *G. tembensis*, *Rhus natalensis*, *Vernonia cinerascens* y *Maracaa* y las especies de pasto *Cenchrus ciliaris*, *Chrysopogon aucheri* y *Pmezianum* mientras que los estudios de degradabilidad in sacco fueron realizados en *A. nilotica*, *B. aegyptiaca*, *G. bicolor*, *R. natalensis* y *C. aucheri*. El contenido de proteína cruda (CP) en los arbustos fue mayor en la época de lluvia excepto *A. seyal* que tuvo mayor contenido en la época seca (210 g/kg MS). El contenido de taninos condensados (CT) fluctuó de 1,2 a 332 g/kg MS en *B. aegyptiaca* y *A. tortilis*, respectivamente. El contenido de NDF y ADF fue mayor en *G. tembensis* y *G. bicolor* y menor en *A. nilotica* y *A. seyal* en la época seca. Durante la época de lluvia *G. tembensis* tuvo mayor NDF (750,9 g/kgMS) y el menor fue *A. nilotica* (128,1 g/kg MS). IVDMD entre las arbustivas fue de 965,7 a 718,9 y de 974,7 a 676,3 en las épocas de seca y lluvia, respectivamente. En los pastos el contenido de CP fue de 56 a 78 g/kg MS). El contenido de NDF fluctuó de 728 a 749 g/kg MS y de 673 a 709 g/kg MS en la época de seca y lluvia, respectivamente. La IVDMD fue mayor en la época de lluvia (698,2 – 811,5 vs 577,8 – 620,2). La degradabilidad in sacco de la MS fue mayor para *A. nilotica* seguida de *B. aegyptiaca* y fue menor para *C. aucheri*. Basados en la composición química y la digestibilidad/degradabilidad, los arbustos tienen un potencia alimenticio alto, mientras que el potencial de los pastos es moderado. Entre los pastos *C. ciliaris* y *C. aucheri* son promisorios por sus valores de digestibilidad. Sin

embargo, estas conclusiones necesitan ser apoyadas con trabajos de alimentación animal y el conocimiento de las comunidades locales (Abebe *et al.*, 2012).

En estudios llevados a cabo en dos sitios (Tembien y Wukro) en la región semiárida de Tigray en el norte de Etiopía para investigar la dinámica estacional en la composición química y digestibilidad de la materia seca de la hierba y buscar especies de exclusiones. Las especies exploradas estudiadas en Tembien y Wukro tuvieron un valor promedio de proteína bruta (CP) de 166 y 117 g / kg de materia seca (MS), respectivamente. El coeficiente de digestibilidad de materia seca in vitro (IVDMD) y la densidad de energía metabolizable pronosticada (ME) de las especies exploradas fueron de 0,72 y 9,83 MJ / kg de MS, respectivamente; Tembien, 0,62 y 8,38 MJ / kg de MS, respectivamente, en Wukro. Fibra detergente neutra (NDF) y ácido. Los valores de fibra detergente (ADF) de las especies de exploración variaron de 192 a 437 y 127 a 391 g / kg de MS, respectivamente. Los valores de lignina de detergente ácido (ADL) oscilaron entre 36 y 190 g / kg de MS. El CP medio Las especies de pasto en Tembien y Wukro durante la larga temporada de lluvias fue de 76 y 73 g / kg de MS, respectivamente, y los valores disminuyeron por debajo de un nivel crítico de mantenimiento durante las temporadas seca y corta (Yayneshet *et al.*, 2009).

Para determinar la calidad de los pastos en la región árida de Argelia, se analizaron tres arbustos dominantes (*Haloxylon schmittianum*, *Anabasis articulata* y *Astragalus armatus*) para caracterizar las propiedades químicas, la digestibilidad in vitro de la materia orgánica y el valor nutricional; se recolectaron muestras durante un año (de diciembre de 2011 a noviembre de 2012) para evaluar las variaciones en la composición química y las características nutricionales entre las estaciones seca y húmeda. Los resultados mostraron que las tres especies difirieron significativamente en su composición de nutrientes en ambas temporadas, con excepción de la ceniza y la materia orgánica (MO) que no difieren entre las estaciones. La proteína bruta (CP) y la fibra en detergente neutro (NDF) difirieron significativamente entre las especies y entre las estaciones. El contenido de proteína cruda (PP) de las especies de hojarasca fue mayor en la estación húmeda comparado con la estación seca, mientras que *A. Articulata* tuvo los valores más altos (173 y 112 respectivamente), el menor para *A. Armatus* (126 y 85 respectivamente). Los valores de NDF oscilaron entre 417 en *H. schmittianum* y 446 en *A. armatus* durante la estación húmeda mientras que para la estación seca sobre la base de DM, los valores oscilaron entre 429 y 491 en *H. schmittianum* y *A. armatus*, respectivamente. La

digestibilidad de la materia (IVOMD), la materia orgánica digestiva (DOM) y la energía neta estimada (NE) variaban significativamente entre las especies y las estaciones, *H. shmittianum* tuvo los valores más altos durante ambas temporadas, mientras que *A. armatus* tuvo los valores más bajos. Generalmente, aparte de las diferencias entre especies dentro de una misma estación, para cada especie, hubo una diferencia significativa en la composición de nutrientes entre la estación seca y la estación húmeda. El presente estudio mostró que los tres arbustos forrajeros tenían un buen valor nutritivo para la alimentación de la estación húmeda, mientras que *A. armatus* requiere una suplementación de nitrógeno para la estación seca. Sin embargo, se necesitan más investigaciones para evaluar los cambios en el valor nutricional de los arbustos pastoriles en diferentes etapas fenológicas (Mayouf and Arbouche, 2015).

Se determinó la composición química, el valor nutritivo, el perfil de ácidos grasos y las concentraciones de aminoácidos de *Galega officinalis L.* durante su primer ciclo de crecimiento y en el rebrote, la materia seca, la materia orgánica, la fibra detergente neutro (NDF), la fibra detergente ácida (ADF), lignina y la energía bruta aumentaron durante la maduración, mientras que la proteína bruta, el extracto, la ceniza y la digestibilidad disminuyeron con el aumento de la etapa. Durante todo el ciclo de crecimiento y en el rebrote, el NEL permaneció inalterado. Los análisis de los ácidos grasos no revelaron diferencias entre las etapas de la planta, sino que en vez de ello entre el primer corte y el recorte de crecimiento. Los perfiles de ácidos grasos en la planta durante el crecimiento se caracterizaron por tres ácidos grasos dominantes, siendo ácido  $\alpha$ -linolénico, ácido palmítico y ácido linoleico. El contenido de ácido  $\alpha$ -linolénico fue más bajo que en toda la planta durante el crecimiento. La proporción de ácidos grasos poliinsaturados n-6 / n-3 de la planta fue constante a 0,13 durante el ciclo de crecimiento y en el rebrote, mientras que fue de 0,78 en la semilla. Los contenidos de aminoácidos individuales de *G. officinalis* disminuyeron con el aumento de la etapa de madurez, a medida que disminuyó el CP, pero con la excepción del contenido de serina, no hubo cambio en las proporciones relativas de los aminoácidos individuales debido a la etapa de madurez. Los datos muestran que el valor nutritivo del forraje de *G. officinalis* no disminuyó durante su ciclo de crecimiento y que puede mejorar la autosuficiencia de las granjas lecheras. Se consideró que el rebrote de otoño era un forraje de buena calidad con un alto valor nutritivo y un mayor nivel de ácido  $\alpha$ -linolénico que durante el primer ciclo de crecimiento (Peiretti y Gai, 2006).



Se estudió el efecto de los ácidos grasos poliinsaturados omega 3 (PUFA n3) y la suplementación con vitamina E en los niveles séricos en alpaca en Estados Unidos, y comparados con alpacas que consume forraje nativo en Perú. Los ácidos grasos del plasma fueron cambiados por la alimentación suplementada, con incrementos en las concentraciones de PUFA n3 ( $p < 0,05$ ). La alpaca peruana tenía mayores concentraciones de PUFA n3 (particularmente 18: 3n3) y ácidos grasos saturados que la alpaca estadounidense en estos ensayos. Estos datos demuestran que los ácidos grasos del suero y la vitamina E en plasma pueden ser modulados por la dieta en alpaca (Koutsos *et al.*, 2013).

Un total de 8814 muestras de hierba pre-pastoreo fueron analizadas por espectroscopia de infrarrojo entre marzo de 2006 y octubre de 2012. Hubo tendencias decrecientes durante el período de siete años en la media anual de proteína bruta (CP) y nitratos ( $\text{NO}_3$ ). Al cabo de algunos años, los valores medios de materia seca (MS), carbohidratos solubles en agua (WSC) y energía metabolizable (ME) tienden a disminuir, mientras que la fibra neutra y detergente ácida (NDF y ADF) tiende a aumentar entre marzo y octubre. Hubo pocos cambios en la media mensual de  $\text{NO}_3$ . El promedio de PC tendió a disminuir de marzo a mayo y a aumentar posteriormente. En meses, el rango de concentración de la mayoría de los componentes tendió a ser mayor a mediados de la temporada, con la excepción de DM y ADF que tenían rangos relativamente grandes en marzo. El rango en CP fue grande en todos los meses excepto en octubre. La media de DM fue de  $183 \pm 39,4$  g / kg de peso fresco. Las concentraciones medias (g / kg de MS) fueron de  $214 \pm 52,0$  para CP,  $442 \pm 61,3$  para NDF,  $233 \pm 45,0$  para ADF,  $90 \pm 24,7$  para WSC y  $36,5 \pm 8,04$  para aceite. El  $\text{NO}_3$  medio fue de  $425 \pm 781$  mg / kg de peso fresco. Teniendo en cuenta la gran variedad de valores en meses, se recomienda que las muestras de pastos pre-pastoreados se tomen a intervalos semanales para aumentar la precisión del manejo del pastoreo (Wilkinson *et al.*, 2014).

La fibra es un componente esencial y uno de los principales elementos de la dieta, y sus características físicas y químicas pueden afectar directamente a la fisiología digestiva en el rumen, de acuerdo con sus características de solubilidad y degradación, estos términos incluyen FB (fibra bruta), FDN (fibra en detergente neutro) y FDA (fibra detergente ácida), FDN están más relacionados con carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y pectina), su cantidad puede estimular o inhibir la ingesta de alimentos por los rumiantes. En base a las características físicas de la FDN se desarrollaron dos nuevos

conceptos: FDN físicamente efectivo (peFDN) relacionado con el tamaño de partícula y FDN efectivo (eFDN) relacionado con la capacidad de los alimentos para mantener el porcentaje de grasa en la leche. La FDA se refiere a la celulosa, lignina, sílice y proteínas, y se utiliza para estimar la hemicelulosa por sustracción de FDN. La fibra estimula la masticación, sirve como sustrato para microorganismos, contribuye al mantenimiento de los estándares fermentativos y la estabilidad ambiental del rumen. Así, la fibra en la dieta de los rumiantes cuando no está disponible en cantidad y calidad los animales puede comprometer el desempeño e interferir en las características de los productos finales, además de causar alteraciones en el metabolismo energético de los animales (Rodríguez *et al.*, 2016)

#### **1.4. Relación de la calidad nutritiva de los pastizales con la calidad de fibra de alpacas**

Los factores que influyen en la cantidad y la calidad de la producción de fibra en camélidos sudamericanos se clasifican en factores medioambientales externos y factores genéticos o internos, los factores externos que modifican la respuesta productiva en alpacas son la alimentación (Russel y Redden, 1997), la localización geográfica o lugar de pastoreo (Quispe *et al.*, 2009). El crecimiento de la lana es muy sensible a los niveles de energía y de proteína ingeridos por los animales. El proceso referido del cerrado folicular (follicle shutdown) ha sido bien documentado (Schlink y Dollin, 1995), y en estas circunstancias fibras sueltas pueden aparecer en los vellones. El proceso regresivo parece ser muy diferente a una fase normal telegénica (Hynd *et al.*, 1994) y las fibras liberadas pueden ser identificadas porque sus raíces terminales son cónicas, mientras que fibras de un ciclo normal tienen terminales en forma de cepillo y los folículos suspenden su actividad para luego producir nuevas fibras en los vellones (Rogers, 2006), los factores bio-geo-físicos (fotoperiodo, sistema clima-vegetación, sistema suelo-planta, entre otros) son factores que afectan el crecimiento del Cashmere y del mohair (Mc Gregor, 1998). En referencia a las alpacas debido a que éstos se crían en un sistema extensivo con pastos naturales, el clima ejerce influencia a través de la producción forrajera sobre el crecimiento y el diámetro de la fibra, debido a la precipitación anual (Quispe *et al.*, 2008). Asimismo, en ovinos el crecimiento de la fibra a lo largo del año sufre variaciones estacionales (Naylor y Hansford, 1999). En trabajos cuando suplementaron dietas con bajo contenido nutricional, encontraron que la producción de fibra disminuye debido a la disminución de la tasa de crecimiento y del diámetro de la fibra, observándose también que estos

animales producen fibras más finas (Russel y Redden, 1997; Franco y San Martín, 2007 y Franco *et al.*, 2009)

Para determinar la calidad de la fibra de alpaca macho de raza Huacaya utilizando alimento balanceado con contenido de 258 kcal de EM/kg MS y 12.5%, 17 %, 5.5 %, 8.2% y 56.7% de proteína, fibra, extracto etéreo, ceniza y extracto libre de nitrógeno, respectivamente terminado el experimento se concluye que el nivel de nutrientes del alimento balanceado influye en la producción y en el volumen de la fibra; asimismo, la contribución de diámetro en el incremento del volumen resulta ser más grande que en la contribución de la longitud. En las especies de hierbas el contenido de proteína cruda es influenciado por las especies de pastos ( $P \leq 0,01$ ), por la estación del año ( $P \leq 0,004$ ) y por la interacción de ambos ( $P \leq 0,04$ ). El contenido de proteína cruda varía desde 2 404 g/kg de MS para *C. Pycnohrisx* al final de la estación seca y de 191,2 g/kg de MS para el *Sorghum spp* en la estación de lluvia, el *C. centgurus* también tiende a bajar relativamente a un valor más bajo de 33 g/kg de MS a mitad de la estación seca, la cantidad de proteína cruda empieza a incrementar a fines de la estación seca. Las diferentes especies de pastos no causan variación significativa en los parámetros de fibras, excepto los niveles de NDF, estos parámetros se incrementan para la época de lluvia hasta mitad de la época seca y estos niveles empiezan a declinar a fines de la estación seca. En conclusión los cambios estacionales en la calidad del forraje, provoca cambios de la preferencia de la dieta durante el tiempo dedicado al pastoreo de las cabras; este cambio de la preferencia de la dieta subraya la importancia de la diversidad de las plantas en las praderas, para el mantenimiento del césped especialmente en la estación de seca (Safari *et al.*, 2011).

El promedio de la disponibilidad de materia seca (MS) en los pastizales como incremento de la precipitación pluvial fue de 1 860 y 2 940 kg/há en la estación seca y de lluvia, respectivamente. Durante la estación de lluvia la dieta está constituida por alta proporción de hierbas en alpacas (60 %) y llamas (53 %) comparada en tierras seca con hierbas (31 % y 35%, respectivamente). La alpaca comió en alta proporción hierbas en los bofedales durante ambas estaciones que las llamas. Sin embargo, la llama consume significativamente más arbustos durante la estación seca y más hierbas durante la estación de lluvias que las alpacas. Los índices de similitud de dietas fueron de 82 % en la estación seca y 74 % en la estación de lluvias, se concluye que la composición de la dieta y la selección fue estacional y con especies específicas (Wackwitz *et al.*, 1999)

En dietas de cabras en lactación, el consumo de nutrientes totales decrece de manera lineal con el aumento de los niveles de fibra detergente neutro originada del forraje y en base a esto se puede enfatizar que el consumo de materia seca y energía líquida, ocurre en animales que recibieron dietas con 28 % de fibra detergente neutro de forraje siendo el punto de inflexión de 27,27 %, una vez que las acciones de los controles físicos y fisiológicos son semejantes hay maximización de los consumos de materia seca y de los nutrientes. En conclusión, a partir de 28 %, el aumento de los niveles de fibra detergente neutro de origen de forraje considerado de madurez avanzada implica reducción en el consumo de materia seca, materia orgánica, proteína bruta, extracto etéreo y energía líquida comprometiendo la producción de leche (Branco *et al.*, 2011).

Con el objetivo de evaluar el consumo de materia seca (CMS) y de fibra detergente neutra (CFDN) en la alpaca en función a los niveles de fibra detergente neutra (FDN) en la dieta, así como estimar el consumo potencial de FDN. Se utilizaron cuatro alpacas machos Huacaya de tres años de edad y  $48,6 \pm 1,3$  kg de peso vivo (PV). El alimento fue suministrado *ad libitum*, a las 08:00 y 16:00 h. Los tratamientos a base de heno de avena en diferentes proporciones de tallos y hojas, picado en trozos de 2 cm y separado por un tamiz de 0,4 cm fueron: hojas de heno de avena (T1), 50 % de heno de avena entero y 50% de hojas de heno de avena (T2), heno de avena entero (T3) y tallos de heno de avena (T4), que corresponde a 58,24 %, 61,38 %, 66,31 % y 70,22 % de FDN, respectivamente. Los resultados muestran que el incremento del nivel de FDN en la dieta causa disminución del CMS ( $p < 0,05$ ) sin afectar el CFDN. El CFDN máximo fue de 0,97 % PV y de 25,6 del peso metabólico (PM). El CFDN promedio fue de  $0,92 \pm 0,06$  % PV y  $24,22 \pm 1,62$  % PM. Se concluye que el contenido de FDN afecta el consumo de alimento en alpacas en los rangos de FDN evaluados (Paredes *et al.*, 2014).

Se determinó la composición botánica y valor nutricional de la dieta y consumo voluntario de ovinos Corriedale en pastoreo en pasturas nativas en el Sur del Perú. La composición y la calidad nutricional de la dieta variaron con la época y el manejo, la composición de la dieta de los ovinos fue influenciada por la disponibilidad de forraje, cambiando de pastos cortos durante la época seca a cyperáceas al inicio de la estación de lluvias y a pastos altos al final del periodo de lluvias. El 10 % de la dieta consistió de herbáceas; sin embargo, parece que son de importancia nutricional. La proteína cruda (PC), altamente correlacionada a la energía digestible, disminuyó de 13,6 % a 5,6 % con la madurez de la vegetación. El consumo fue influenciado por la estación, observándose valores bajos de

82,8 g/kg BW<sup>0.75</sup> durante la época seca y de 99,7 g/kg BW<sup>0.75</sup> durante la estación húmeda. Los ovinos quizás pudieran mostrar deficiencias de energía y proteína cruda al inicio de la lactancia. Basados en la producción de biomasa y los valores de consumo encontrados en este estudio, la carga animal convencional equivalente a dos ovejas por hectárea para esta región es la adecuada (Fierro y Bryant, 1990).

Este estudio tuvo como objetivo investigar el efecto de la relación entre los carbohidratos no fibrosos y la fibra en detergente neutro (NFC / NDF) y la proteína dietética no degradada (UDP) en la fermentación ruminal y el metabolismo del nitrógeno en los corderos, que fueron asignados aleatoriamente a cuatro tratamientos dietéticos de combinaciones de dos niveles de NFC / NDF (1,0 y 1,7) y dos niveles de UDP (35 % y 50 % de proteína cruda [CP]). Se midieron los flujos con marcadores dobles de Yb y Co, y se estimó la síntesis microbiana de N (MN) utilizando <sup>15</sup>N. Alto UDP disminuyó la ingesta de materia orgánica (OM) (p = 0,002) y la ingesta de PC (p = 0,005) pH ruminal (P <0,001), nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub> - N, p = 0,008), y Los ácidos grasos volátiles totales (p <0,001) fueron afectados por la NFC / FDN en la dieta. La concentración ruminal de NH<sub>3</sub>-N también fue afectada por UDP (P ≤ 0,001). El flujo duodenal de MN total (P = 0,007) fue mayor para corderos alimentados con la dieta NFC / NDF alta. La cantidad de metabolizables N aumentó al aumentar la NFC dietética: NDF (P = 0,02) o UDP (p = 0,04). En conclusión, las dietas con alto NFC / NDF (1,7) y UDP (50 % de CP) mejoró el suministro de N metabolizable a los corderos (Ma *et al.*, 2015).

En relación a la alimentación de las alpacas, la falta de cuidados de los pastizales o también por los cambios climáticos como friajes y sequías; los camélidos no pueden alimentarse adecuadamente y como consecuencia están más propensas a adquirir enfermedades que afectan calidad de fibra (Parodi, 2011).

## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1. Identificación del problema

La población mundial del alpacas se estima en 3 597 753 y el 79.40 % de ellas se encuentran principalmente en las zonas alto andinas de Perú (Puno, Arequipa, Cusco, Ayacucho, Huancavelica y Apurímac); Puno constituye el primer productor de esta especie (*Vicugna pacos*) en el mundo; su crianza constituye una actividad económica de gran importancia en la población alto andina, se estima que más de 300 mil familias dependen directa o indirectamente de su producción en condiciones geográficas difíciles y clima variable. El país es considerado como el principal productor de fibra de alpaca en el mundo, con una producción anual de 3 399 ton, el 90 % de la producción nacional está orientada al mercado internacional y representa en promedio el 1,35% de las exportaciones (FAO, 2005; Lupton *et al.* 2006). La crianza de alpacas en los altos andes del país está en manos de comunidades, medianos y pequeños productores, el mayor porcentaje de productores viven en condiciones de pobreza y extrema pobreza y es una importante fuente de ingreso para los criadores, los ingresos per cápita percibidas por los criadores de alpacas son los más bajos del país (CONOPA, 2006; Gutiérrez *et al.*, 2014)

La calidad de la fibra de alpaca producida en el país ha decrecido notoriamente, trayendo como consecuencia un progresivo deterioro en su precio y por consiguiente, en los ingresos de los criadores alto andinos, uno de los sectores más pobres del Perú (Wheeler, 1995; Kadwell *et al.*, 2001), actualmente la producción anual de fibra extra fina con

diámetro menor a 23,10  $\mu\text{m}$  varía sólo entre el 7 y 12 % del total de producción, comparado con el 25 % de hace dos décadas; la producción de fibra fina representa el 22 % (23,10 a 26,50  $\mu\text{m}$ ) y fibra semi fina el 46% (26,60 a 29,00  $\mu\text{m}$ ) y cada vez la fibra es más gruesa, seca y quebradiza, producto de vellones menos uniformes, lo cual hace vislumbrar el enorme déficit en calidad (De los Ríos, 2006); en la cosecha nacional el promedio actual del diámetro de fibra está entre 32 y 35  $\mu\text{m}$ , comparando estas cifras con las características de la fibra de alpacas prehispánicas estas produjeron vellones uniformes con variaciones de 1 y 2  $\mu\text{m}$  por alpaca y con diámetros de 17 a 19  $\mu\text{m}$  (CONOPA, 2006; Quispe *et al.*, 2009) hoy en día el diámetro medio de fibra se considera el principal objeto selección de alpacas en el mundo (Gutiérrez *et al.*, 2014), igualmente la longitud promedio de mecha fue de 14 cm actualmente es de 10 cm, la industria textil de prendas prefiere vellones con un factor de confort igual o mayor a 95 %, las investigaciones muestran valores menores (Sacchero, 2008) y la finura al hilado provee una estimación del rendimiento de la muestra cuando es hilada y convertida en hilo cuyo valor no ha sido estimada en fibra de alpacas Suri; basados en finura, longitud de fibra, factor de confort y finura al hilado su valor es tan bajo que la producción de fibra de alpaca con estas características y bajo estas condiciones, no es rentable para el criador.

La crianza de alpacas constituye el principal medio de utilización productiva de extensas áreas de pastos naturales en las zonas alto andina donde no es posible la agricultura y la crianza exitosa de otras especies domésticas, las alpacas convierten con eficiencia la vegetación nativa en fibra; la industria textil considera a la fibra de alpaca como una fibra especial y, las prendas que se confeccionan con ellas, están clasificadas como artículos de lujo (Wang *et al.*, 2003), la raza Suri con mechass sedosas y brillo lustroso produce mejor calidad de fibra que la Huacaya y esta se asemeja en cierto grado al Mohair o la lana de lustre como Lincoln; el diámetro es uno de los factores más importantes en la clasificación de la fibra, determina el precio en el mercado (Carpio, 1991; Wong, 2016); la longitud de fibra constituye también un parámetro de importancia como factor de la calidad de toda fibra textil que finalmente determina su uso en la industria textil.

La producción y la calidad de la fibra de alpaca son influenciadas principalmente por el ambiente, factores genéticos y estado fisiológico (Franco *et al.*, 2009) los cambios medioambientales pueden repercutir en una reducción del diámetro de fibra, que puede conducir a la reducción en la resistencia a la tracción (Naylor y Stanton, 1997; Mayhua *et al.*, 2011), las praderas naturales son la base para la alimentación de los camélidos

sudamericanos; sin embargo, las extensas áreas de pastizales presentan deficiencias de energía a inicios del periodo de lluvias y deficiencia de energía y proteína durante el periodo de secas; sin embargo, estos periodos de subnutrición son continuados por periodos relativamente de abundancia de alimentos, efectos que marcan las variaciones de producción y calidad de la fibra por lo que los efectos adversos de las condiciones de nutrición en alpacas hacen que reduzca significativamente la producción de fibra; por consiguiente una de las causas de la pérdida de la calidad de la fibra de alpaca probablemente sea la baja calidad y cantidad de los pastos naturales, que son la fuente principal para la alimentación de esta especie; la producción de los pastos naturales dependen de las precipitaciones pluviales, y estas van en descenso por el cambio climático, afectando la producción de pastizales naturales y disminuyendo la soportabilidad de las mismas. La finura que muestran algunas alpacas en la altura, se debe a la desnutrición, es decir a lo que se llama “finura por hambre”; la finura de la fibra es producto de los genes y el ambiente, de éste modo para una buena selección en alpacas por MDF para fines de mejoramiento se recomienda considerar la condición corporal juntamente con la fibra para así evitar seleccionar animales con finura falsa (finura de hambre por desnutrición) (Sumar, 2007; Carhuapoma *et al.*, 2009).

Por lo tanto es necesario conocer el efecto de la variación ecológica y épocas del año en la calidad de la fibra de alpaca y la calidad de pastos naturales, considerando que la raza Suri es la de menor población y la fibra de mayor precio en el mercado, estudio que contribuirá con conocimientos para la recuperación parcial de la calidad de la fibra de alpaca que redundará en beneficio de los criadores.

## **2.2. Enunciados del problema**

Por las consideraciones expuestas en la identificación del problema se plantea las siguientes interrogantes:

¿Cuál es la calidad de la fibra de alpaca Suri respecto al diámetro medio de fibra, longitud, factor de confort, finura al hilado e índice de curvatura en el CIP Chuquibambilla y CIP La Raya, y las épocas de lluvia, intermedio lluvia-secano, seco e intermedio seco lluvia del año 2016?

¿Cuál es la calidad nutritiva de los pastos naturales respecto a composición florística y química (materia seca, materia orgánica, proteína, fibra detergente neutra, extracto etéreo



o grasa y cenizas) disponibles para la alimentación en el CIP Chuquibambilla y CIP La Raya, y las épocas de lluvia, intermedio lluvia-secano, secano e intermedio secano lluvia del año 2016?

¿Cuál es la relación de la calidad nutritiva de los pastos naturales en dos condiciones ecológicas (CIP Chuquibambilla y La Raya) y las épocas de lluvia, intermedio lluvia-secano, secano e intermedio secano lluvia del año 2016 en la calidad de la fibra de alpacas de la raza Suri?

### 2.3. Justificación

Se estima una población de 434 696 alpacas Suri, en la década del noventa la proporción no era mayor del 5%, actualmente representa el 15% de la población total; esto indica que ha habido una recuperación notable de la raza Suri pues hace algunos años hubo una preocupación por su marcada disminución, sobre todo en las partes más altas de la sierra, que se atribuyó a la menor resistencia de estos animales a las inclemencias climáticas severas, que hacía que los productores tuvieran mayor preferencia por la raza Huacaya; así mismo, el hecho de que la fibra de la alpaca Suri se cotiza en algunos casos a un precio mayor en el mercado, junto a la creciente demanda de animales de esta raza para exportación, fueron los factores que probablemente reactivaron el interés por el Suri, considerado como “el oro olvidado de los andes”. Las fibras de lujo tienen una gran importancia en el campo de la producción de tejidos de alto valor añadido, pero los estudios relacionados con estas fibras son muy limitados, una de estas fibras proteínicas de lujo es la de alpaca (FAO, 2005; Lupton *et al.*, 2006; Atav y Turkmen, 2015).

La producción y comercialización de la fibra de alpaca es una de las más dinámicas y complejas, la crianza y transformación primaria se lleva a cabo en los países andinos, en muchos casos en condiciones ambientales extremas, concentrándose la transformación industrial en Asia (China, Bangladesh, entre otros) y la confección, comercialización y consumo mayoritario en Europa. Todo ello hace que la situación del criador sea frágil, pues el ingreso por fibra está marcado fundamentalmente por los precios hasta los tops, por grandes consorcios y empresas transnacionales (Raggi, 2016), los principales países de destino de la fibra son China e Italia; sin embargo, se pueden identificar también a Corea del Sud, Japón, Reino Unido, Taiwan y Alemania; la exportación de hilos de alpaca tiene como destino Italia, Hong Kong, Corea del Sud y China, los demás países de destino de los hilados son Noruega, Japón, Bolivia y Reino Unido.

La calidad de la fibra de alpaca en los últimos años ha decrecido notoriamente y están influenciadas por los cambios medioambientales, principalmente la producción de pastizales durante el año que dependen de las precipitaciones pluviales, estas pueden producir cambios en las características productivas y textiles de la fibra (diámetro medio de fibra, perfil de fibra, longitud de fibra, factor de confort, finura al hilado o en el índice de curvatura) (Mayhua *et al.*, 2011); por lo tanto, estas variaciones de la calidad y cantidad de los pastos naturales son causantes de la pérdida de la calidad de la fibra de alpaca, las que deben ser evaluadas.

## **2.4. Objetivos**

### **2.4.1. Objetivo general**

Determinar el efecto de la variación ecológica (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya), relacionada con la calidad nutritiva de los pastos naturales y las épocas de lluvia, intermedio lluvia-secano, seco e intermedio seco-lluvia del año 2016 en la calidad de la fibra de alpacas de la raza Suri.

### **2.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar la calidad de la fibra de alpaca, respecto al diámetro de fibra, longitud de fibra, factor de confort, finura al hilado e índice de curvatura en dos condiciones ecológicas (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya) y las épocas de lluvia, intermedio lluvia-secano, seco e intermedio-secano lluvia del año 2016.
- Determinar la calidad nutritiva de los pastos naturales respecto a composición florística y composición química, en dos condiciones ecológicas (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya) y las épocas de lluvia, intermedio lluvia-secano, seco e intermedio seco-lluvia del año 2016.
- Determinar la relación de la calidad nutritiva de los pastizales con la calidad de fibra de alpacas en dos condiciones ecológicas (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya) y las épocas de lluvia, intermedio lluvia-secano, seco e intermedio seco-lluvia del año 2016.

## 2.5. Hipótesis

### 2.5.1. Hipótesis general

La variación ecológica (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya) relacionada con la calidad nutritiva de los pastos naturales y las épocas de lluvia, intermedio lluvia-secano, seco e intermedio seco-lluvia del año 2016, son determinantes de la calidad de la fibra de alpacas de la raza Suri.

### 2.5.2. Hipótesis específicos

- La calidad de la fibra de alpaca Suri respecto al diámetro de fibra, longitud de fibra, factor de confort y finura al hilado son diferentes en dos condiciones ecológicas (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya) y están influenciadas por las épocas de lluvia, intermedio lluvia-secano, seco e intermedio seco-lluvia del año 2016.

- La calidad nutritiva de los pastos naturales respecto a la composición florística y composición química, disponibles para la alimentación de alpacas Suri son diferentes en dos condiciones ecológicas (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya) y esta influenciada por las épocas de lluvia, intermedio lluvia-secano, seco e intermedio seco-lluvia del año 2016.

- La calidad nutritiva de los pastos naturales en dos condiciones ecológicas (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya) y las épocas de lluvia, intermedio lluvia-secano, seco e intermedio seco-lluvia del año 2016, influyen significativamente en la calidad de fibra de alpacas de la raza Suri.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de estudio

La primera zona ecológica correspondió al CIP Chuquibambilla de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano, se encuentra ubicada en la región Puno, provincia de Melgar, distrito de Umachiri, próximo a las coordenadas  $14^{\circ} 47' 37''$  de latitud Sur y  $70^{\circ} 47' 50''$  longitud Oeste, y una altitud de 3 974 m; con una temperatura media anual de  $12,20^{\circ}\text{C}$ , la temperatura máxima de  $16,80^{\circ}\text{C}$  y la temperatura mínima de  $-3,71^{\circ}\text{C}$  una precipitación pluvial promedio anual de 677,20 mm, y presenta dos estaciones bien marcadas, la estación seca o crítica (mayo a setiembre), que se caracteriza por la ausencia de lluvias, ambiente seco, bajas temperaturas, cielo despejado y la estación de lluvias o no crítica (octubre a abril) caracterizada por la presencia de precipitaciones pluviales, con temperaturas moderadas durante el día y la noche, esta es la estación que determina la cantidad y calidad de pastos que servirá de alimento durante la campaña anual.

La segunda zona ecológica correspondió al CIP La Raya, ubicado en el distrito de Santa Rosa, provincia de Melgar región Puno; a altitudes de 4 136 m (Araranca) y 5 470 m (Chimboya), próximo a las coordenadas  $10^{\circ} 13' 33''$  de latitud Sur y  $70^{\circ} 57' 12''$  de longitud Oeste, encontrándose en el km 205 de la carretera Puno – Cusco, el clima es variado, registrándose temperaturas de  $14,75^{\circ}\text{C}$  como máximo en los meses de octubre y noviembre y un mínimo de  $-14,88^{\circ}\text{C}$  en los meses de junio y julio, con una temperatura

media de 6,52 °C y una precipitación pluvial promedio anual de 625 mm y con alta evaporación (SENAMHI, 2016).

El análisis de las muestras de fibras fueron realizadas en el laboratorio de fibras del Proyecto Especial de Camélidos Sudamericanos (PECSA) del Gobierno regional de Puno, las muestras de pastos fueron analizadas en el Laboratorio de Pastos y Forrajes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno.



**Figura 1.** Localización geográfica del CIP Chuquibambilla y CIP La Raya

### 3.2. Población

La población corresponde a las alpacas de la raza Suri de los Centros de Investigación y Producción (CIP) Chuquibambilla y CIP La Raya de la Universidad Nacional del Altiplano

### 3.3. Muestra

De la población se eligieron por muestreo aleatorio 40 alpacas tuis machos de un año de edad, distribuidas en grupos de 20 en el CIP Chuquibambilla y CIP La Raya, tomando como referencia para el tamaño muestral los estudios de Braga *et al.* (2007), la toma de muestra de fibra se realizó cuando las alpacas tuvieron dos años de edad.

### **3.4. Métodos de investigación**

El tipo de investigación según su estado corresponde al tipo explicativo experimental, la variable dependiente fue la calidad de fibra y las variables independientes fueron la calidad nutritiva de los pastos naturales en dos condiciones ecológicas (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya) y cuatro épocas del año 2016 (Lluvia, intermedio lluvia-secano, seco e intermedio seco-lluvia)

### **3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos**

#### **3.5.1. Procedimiento de marcación de fibra**

Para diferenciar las épocas de evaluación de las características de la fibra con respecto al diámetro y longitud de fibra, se realizó el marcado de fibra, considerando cuatro épocas del año 2016: I = Lluvias (enero a marzo), II = Intermedio lluvia-secano (abril a junio); III = Secano (julio a setiembre); IV = Intermedio seco-lluvias (octubre a diciembre).

El marcado de la fibra de alpacas Suri al final de cada época, fue realizado por la técnica de bandas; el análisis de las variables se realizó al final de cada periodo.

#### **Procedimiento**

Se preparó el reactivo en una masa de 3 g del tinte Dy band flank en 10 mL de agua oxigenada, la que se depositó en una jeringas de 20 mL, la preparación se realizó para cada marcación por época y zona ecológica; se sujeto la alpaca identificada con el arete correlativo y se procedió a ubicar la zona del costillar medio para el marcado correspondiente, se abrió el vellón en orientación perpendicular al cuerpo del animal y depositó sobre la piel 3 a 4 gotas del reactivo preparado y de inmediato se extendió con ayuda de un punzón haciendo una línea de marcado y finalmente se identificó la zona marcada con cinta esparadrapo con la finalidad de facilitar la ubicación de la marcación durante todo el periodo de estudio; el procedimiento fue repetido en el mismo lugar en las siguientes marcaciones durante las cuatro épocas.

### 3.5.2. Muestreo de fibra

Terminado el experimento, se tomaron las muestras de fibra de la zona marcada en una cantidad aproximada de 3 g, depositadas en bolas de polietileno con los datos de identificación correspondientes. La toma de muestra se realizó en la zona del costillar medio “midside” que se encuentra localizada horizontalmente en la tercera costilla y perpendicularmente en la parte media entre las líneas superior dorsal e inferior ventral (Turner *et al.*, 1953), en alpacas la zona del “midside” resulta representativa para evaluación de la finura media (Aylan Parker y McGregor, 2002)

### 3.5.3. Determinación del diámetro medio de fibra

El análisis del diámetro medio de fibra se realizó por el método OFDA 2000 (Optical Fiber Diameter Analysis), con la ejecución del programa de administración de datos IWG/Meswin/OFDA.exe.

#### **Procedimiento:**

Se realizó la preparación individual de las muestras, identificando las porciones demarcadas por el tinte, inmediatamente se hizo el corte de las porciones que corresponde a las cuatro épocas del año, posteriormente se preparó la rejilla porta muestra y se agregó fibras cuidadosamente y despacio sobre un equipo homogenizador, el cual mediante un rotor que gira en ambos sentidos va fijando y a la vez retirando restos de polvo; éste finalmente fué introducido en el equipo OFDA para hacer las mediciones, el procedimiento anterior se hizo para cada muestra y en la misma secuencia.

### 3.5.4. Determinación de la longitud de fibra

En la determinación de la longitud de fibra se utilizó el método de la ASTM (ASTM, 1999), Designación D 1234-85 (Cordero, 2011), para tal efecto se utilizó una regla acanalada, colocándose la fibra bajo tensión definida, cuya base coincidió con la marca cero, contrastada con el crecimiento registrado por épocas.

### 3.5.5. Determinación del índice de confort

Se determinó mediante el equipo OFDA 2000 y corresponde al porcentaje de las fibras menores de 30  $\mu\text{m}$  que tiene un vellón de alpaca Suri.

### 3.5.6. Determinación de finura al hilado

Se determinó mediante el equipo OFDA 2000, su estimación proviene de la combinación de la media del diámetro de fibra (MDF) y el coeficiente de variación (CVDF) y mide la procesabilidad de la fibra. Se determinó utilizando la fórmula de finura al hilado (Butler y Dolling, 1995) y corresponde a effective fineness.

$$FH = 0.881 * MDF * \sqrt{1 + 5 * (CVDF/100)^2}$$

### 3.5.7. Determinación del índice de curvatura

Se determinó mediante el equipo OFDA 2000, 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.

### 3.5.8. Muestreo de pastos

Con el propósito de determinar la cantidad y calidad de los pastos disponible en las áreas de pastoreo de alpacas se realizó la toma de muestras de pastos simultáneamente en ambos medios ecológicos, considerando cuatro períodos de tiempo: I= enero a marzo, II= abril a junio; III = julio a setiembre; IV = octubre a diciembre, para la primera parte de la evaluación se aplicó el método de cosecha en parcela de corte con la utilización de un cuadrante de 0,50 m por lado (0,25  $\text{m}^2$ ), el diseño de muestreo fue sistemático al azar y la toma de muestras se realizó en el intermedio de cada periodo.

El número de muestras fue de 10 en cada época y medio ecológico y para el análisis de las variables en estudio fueron con tres repeticiones.

#### **Procedimiento:**

Se realizó la identificación y delimitación del área de pastoreo dividiendo en sitios de acuerdo a su topografía para que sea homogéneo, se trazaron dos líneas diagonales imaginarios y al inicio de la diagonal se colocó el cuadrante dentro del



cual se determinó la composición botánica con la identificación de las especies y de inmediato se realizó el corte de los pastos a nivel de suelo depositándose en bolsas de plástico previamente rotulado. El procedimiento se repitió cada 50 m hasta terminar el muestreo en cada diagonal y las muestras de inmediato fueron trasladadas al laboratorio de Pastos y Forrajes para el análisis químico proximal de: materia seca, materia orgánica, proteína cruda, fibra detergente neutro, extracto etéreo y cenizas.

### **3.5.9. Composición florística**

De las diez muestras obtenidas en cada época utilizando el cuadrante se identificó cada una de las especies, corroborada con la separación por especies en el laboratorio para determinar el peso para establecer las proporciones. El tratamiento nomenclatural se basó en los trabajos de Peterson *et al.* (2001), Zuloaga *et al.* (2003), Soreng *et al.* (2003) y Refulio-Rodríguez *et al.* (2012).

### **3.5.10. Análisis químico proximal de pastos (Weende)**

El análisis de la composición química proximal de los pastos naturales fue para: materia seca en estufa a 60 °C, proteína a través del método Kjeldahl, fueron analizadas según procedimientos convencionales (AOAC, 1990). La fibra detergente neutro (FDN) fue analizada de acorde a la modificación de la técnica, según Van Soest, *et al.* (1991) y el extracto etéreo según Goering y Van Soest (1970) y cenizas por incineración de las muestras a 500°C.

#### **Determinación de materia seca**

##### **Procedimiento:**

Se determinó el peso inicial de la muestra rotulada y mediante un único proceso de secado a 60 °C durante 72 horas en estufa, la muestra desecada fue pesada nuevamente y se procedió a la molienda para análisis químico proximal de pastos, el cálculo de humedad fue por diferencia de peso.

##### **Cálculo de MS:**

- Peso de beaker vacío = W1
- Peso del beaker + peso muestra = W2

- Peso del beaker con muestra seca = W3

$$\% \text{ MS} = \frac{W2 - W3}{W2 - W1} \times 100$$

### **Determinación de materia orgánica**

Se determinó de acuerdo a la siguiente formula:

$$\text{Porcentaje de materia orgánica (MO)} = \% \text{MS} - \% \text{Cenizas}$$

### **Determinación de proteína total**

#### **Procedimiento:**

#### **Fase de digestión de la muestra**

Se pesó 0,2 g de materia seca molida y se colocó dentro del balón Kjeldahl envuelto en papel filtro, se agregó al balón 1 g de mezcla de sulfato de cobre más sulfato de potasio; luego se añadió lentamente por las paredes del balón 3,0 mL de ácido sulfúrico concentrado y se colocó el balón en posición inclinada en la hornilla, finalmente se mantuvo el balón en ebullición durante 3 horas o hasta que cambie del color negro oscuro a verde claro o verde amarillento.

#### **Fase de destilación del amonio**

Se enfrió el balón durante 10 a 15 minutos luego se agregó 15 mL de agua destilada, 5 mL de hidróxido de sodio al 50 % para el equipo de Kjeldahl, 15 mL de hidróxido de sodio al 40 % para el equipo Tekator, se colocó el balón en la hornilla del equipo Kjeldahl. Se colocó un Erlenmeyer con 15 mL de ácido bórico al 2 % con indicador de pH rojo de metilo y azul de metileno debajo del tubo de condensación de Kjeldahl, 5 mL de ácido bórico a 4 % con indicador rojo de metilo, azul de metileno y verde cromo cresol en el equipo Tekator, se destiló el líquido del Erlenmeyer durante 3 minutos hasta que cambie del color morado a verde en equipo Tekator.

**Fase de titulación**

Se realizó la titulación del líquido destilado del Erlenmeyer en una bureta con una solución de HCl de 0,05 de normalidad hasta que cambie del color verde a morado, se registró el volumen de la solución de HCl gastado en la bureta.

**Cálculos**

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{\text{mL de HCl} \times \text{Normalidad} \times \text{meq del N}_2}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ de nitrógeno} \times 6,25$$

**Determinación de fibra detergente neutro****Procedimiento:**

Se pesó un g de muestra previamente molida y se depositó en un vaso de Erlenmeyer de 400 mL de capacidad, luego se agregó 100 mL de la solución constituida por:

- 30 g de laurel de sulfato de sodio
- 18,61 g de etilendiamino tetraselico
- 10 mL de etilenglicol o monoetil éter
- 4,56 g de fosfato ácido disódico anhidro

En una cocinilla se dejó hervir por una hora, para posteriormente ser filtrada y lavada con un litro de agua destilada; la muestra lavada fue depositada en un crisol vacío previamente pesado y se introdujo en un horno donde se mantuvo por 3 horas y finalmente se pesó el crisol más la muestra quemada

**Determinación de extracto etéreo****Procedimiento:**

En papel filtro previamente pesado se depositó un gramo de muestra y se colocó en el cuerpo del aparato Soxhlet de vidrio, luego se agregó 200 mL éter de petróleo e hizo hervir en la cocinilla por 3 horas, para posteriormente ser llevada a la mufla por 24 horas para su secado, finalmente el papel más el contenido de la muestra fue pesada.

**Cálculo**

$$\% \text{ Grasa} = \frac{\text{Peso balón con grasa} - \text{peso balón vacío}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

**Determinación de cenizas****Procedimiento:**

Se pesó un crisol vacío al cual se adicionó 2 g de muestra, se colocó en un horno de incineración para su quemado por 3 horas; el crisol más la muestra quemada fue pesada en la balanza analítica

### 3.6. **Determinación de la relación de la calidad nutritiva de los pastizales con la calidad de fibra de alpacas**

Para estimar el grado de asociación de las variables, se realizó un análisis de correlación entre la composición química de los pastizales (materia seca, materia organica, proteína cruda, fibra detergente neutro extracto etéreo y cenizas) con las características productivas y textiles de la fibra de alpacas Suri (diámetro medio de fibra, factor de confort, finura al hilado e índice de curvatura)

### 3.7. **Análisis estadístico**

La información obtenida fue expresada en medidas de tendencia central (media) y de dispersión (desviación estándar, coeficiente de variabilidad y valores extremos).

**Diseño experimental**

Los datos fueron analizados en un diseño bloque completo al azar DBA, siendo el modelo aditivo lineal el siguiente

$$Y_{ijk} = \mu + Z_i + E_j + \xi_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta

$\mu$  = Promedio general

$Z_i$  = i-esima zona (Chuquibambilla y La Raya)

$E_j$  = j-esima época (I, II, III y IV).

$\xi_{ijk}$  = Error experimental.

Los promedios de las variables planteadas entre medios ecológicos y entre épocas del año dentro de los medios ecológicos, fueron analizados usando el MIXED modelo procedente del SAS (Statistical analysis System) versión 9,0 (SAS 2008) y la comparación de medias se realizó a través de una prueba de significancia múltiple de Duncan, con un nivel de significación de ( $\alpha=0,05$ )

Para determinar los coeficientes de correlación de la calidad nutritiva de los pastos con la calidad de fibra de alpacas Suri, las variables en estudio fueron procesados mediante la correlación de Pearson, cuya fórmula es:

$$r_{xy} = \frac{\sum x_i y_i - \frac{(\sum x_i)(\sum y_i)}{n}}{\sqrt{\left[\sum x_i^2 - n \bar{x}^2\right] \left[\sum y_i^2 - n \bar{y}^2\right]}}, \quad -1 \leq r_{xy} \leq +1$$

Donde:

$r_{xy}$  = Coeficiente de correlación de Pearson

$X_i$  = Variable independiente

$Y_i$  = Variable dependiente

$n$  = Tamaño de la muestra calculada

En la interpretación de los resultados se empleó la clasificación referencia por Paredes (2010); de 0,00 a 0,20 muy bajo, 0,21 a 0,40 bajo, 0,41 a 0,60 moderado, 0,61 a 0,80 alto y de 0,81 a 1,00 muy alto.

Para estimar el grado de dependencia de la variable dependiente (longitud de fibra) y la variable independiente (% proteína), se realizó un análisis de regresión lineal simple, cuyo modelo de regresión lineal es:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_i X_i + \xi_i$$

Donde:

$Y_i$  = Variable dependiente

$X_i$  = Variable independiente

$\beta_0$  = Parámetro desconocido que indica la ordenada donde la línea de regresión lo intersecta

$\beta_i$  = Parámetro desconocido que indica la pendiente de la línea de mejor ajuste, o coeficiente de regresión poblacional

$\xi_i$  = Error de perturbación que puede tomar valores positivos o negativos

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del efecto de la variación ecológica y épocas del año en la calidad de la fibra de alpacas de la raza Suri y la calidad nutritiva de los pastos naturales, se muestran en los anexos cuyos principales parámetros estadísticos descriptivos se presentan en las tablas siguientes.

#### **4.1. Calidad de la fibra de alpaca Suri**

##### **4.1.1. Diámetro medio de fibra**

##### **Efecto de la condición ecológica**

En la Tabla 1, se muestra los promedios del diámetro medio de fibra ( $\mu\text{m}$ ) de alpacas de la raza Suri en dos condiciones ecológicas (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya).

**Tabla 1.** Efecto de la condición ecológica en el diámetro medio de fibra ( $\mu\text{m}$ ) de alpacas de la raza Suri

Condición ecológica	n	Promedio $\pm$ DS	C.V. %	Valores extremos	
				Mínimo	Máximo
<b>CIP Chuquibambilla</b>	80	22,52 $\pm$ 2,15 <sup>a</sup>	9,53	18,90	28,40
<b>CIP La Raya</b>	80	21,60 $\pm$ 2,07 <sup>b</sup>	9,59	17,90	28,70
<b>Total</b>	<b>160</b>	<b>22,06 <math>\pm</math> 2,15</b>	<b>9,76</b>	<b>17,90</b>	<b>28,70</b>

El diámetro medio de fibra fue de  $22,06 \pm 2,15 \mu\text{m}$ , presentan mayor finura alpacas del CIP La Raya ( $21,60 \pm 2,07 \mu\text{m}$ ) que alpacas del CIP Chuquibambilla ( $22,52 \pm 2,15 \mu\text{m}$ ), con diferencia estadística en el parámetro evaluado ( $P \leq 0,05$ ).

El promedio general es similar al diámetro medio de fibra de alpacas Suri ( $22,02 \pm 1,61 \mu\text{m}$ ) de dos años procedentes del Centro de Investigación y Producción La Raya evaluadas por el método Neozelandés de micro proyección tipo leads reportado por Velarde *et al.* (2011) y a los resultados obtenidos de la calidad de la fibra de alpacas Huacaya de ocho comunidades alpaqueras de la región de Huancavelica reportada por Montes *et al.* (2008) con un diámetro medio de fibra de  $22,70 \pm 0,02 \mu\text{m}$ ; similares a los citados por Crossley *et al.* (2014) en zonas de condiciones ambientales similares en Chile en alpacas Huacaya procedentes de productores, cuyo diámetro medio de fibra fue de  $22,69 \pm 3,76 \mu\text{m}$ , con valores extremos entre 17,60 y 35,10  $\mu\text{m}$ .

Son inferiores a los reportados por McGregor *et al.* (2012) en la región de Huancavelica en alpacas hembras adultas, con un diámetro medio de fibra de 26,30  $\mu\text{m}$  con variación entre 24 sitios de muestreo de 20,20 a 50,60  $\mu\text{m}$  y en el sitio principal de vellón fueron de 24,8  $\mu\text{m}$  a 31,7  $\mu\text{m}$ ; inferiores a los reportes de Cordero *et al.* (2011) quienes cifran un diámetro medio de fibra de  $23,42 \pm 4,14 \mu\text{m}$  en alpacas Huacaya blancas de uno a siete años de edad del Centro Experimental de Camélidos Sudamericanos Lachocc de la Universidad Nacional de Huancavelica.

Así mismo, los promedios del estudio son inferiores a muestras de fibra de alpacas norteamericanas de distintos sexos y edades, reportados por Lupton (2006), cifrando



diámetros de fibra en machos de  $27,85 \pm 5,35 \mu\text{m}$ ; por otra parte McGregor (2006) en alpacas criadas en Australia encontró que el 10 % de alpacas Huacaya presentan una diámetro medio de fibra de  $24,00 \mu\text{m}$  y más del 50 % tienen diámetros de  $29,90 \mu\text{m}$ ; sobre el particular Wang *et al.* (2005) en muestras de fibras de alpacas peruanas y australianas en una amplia gama de lotes que incluyen diferentes colores determinó que los dos tipos de fibras tienen un diámetro medio de fibra similar (Huacaya  $26,07 \mu\text{m}$  y Suri  $26,10 \mu\text{m}$ ), pero superiores a los resultados del presente estudio. A su vez, Ponzoni *et al.* (1999) al analizar un programa de mejora genética para alpacas australianas refiere promedios de diámetro medio de fibra de  $25,7 \mu\text{m}$  con valores extremos de  $23,4 \mu\text{m}$  a  $27,3 \mu\text{m}$ , mientras que Wang *et al.* (2003) reportan medias de diámetro similares a los encontrados por los anteriores autores, por tanto superiores al presente estudio, estas diferencias se deben probablemente a las mejores condiciones de alimentación a las que fueron sometidas las alpacas exportadas.

Los resultados del estudio son superiores a los reportado por Ormachea *et al.* (2015) en fibra de alpacas Huacaya procedentes de Corani, con promedio de  $19,6 \pm 2,09 \mu\text{m}$ ;  $21,07 \pm 2,56 \mu\text{m}$  y  $22,28 \pm 2,45 \mu\text{m}$  en alpacas de dos, tres y cuatro años de edad, respectivamente; considerando que la edad es un factor que influye en el incremento del diámetro y Olarte *et al.* (2013) en alpacas Huacaya de dos años de edad cifra para puna húmeda ( $20,11 \pm 1,77 \mu\text{m}$ ) y puna seca ( $20,77 \pm 2,42 \mu\text{m}$ ).

En general los resultados del estudio se encuentran dentro de los parámetros de investigaciones realizados en alpacas del sur de Perú por Apomayta y Gutiérrez (1998), González *et al.* (2008) en Puno, inferiores a los reportados en Cusco por Franco *et al.* (2009) refieren diámetros de  $23,97 \mu\text{m}$  a  $25,75 \mu\text{m}$ , en Arequipa por Renieri *et al.* (2007; Gutiérrez *et al.* (2009); Morante *et al.* (2009); Cervantes *et al.* (2010), en Huancavelica por Oria *et al.* (2009); Quispe *et al.* (2009); Quispe (2010) quienes refieren medias de diámetro de medio de fibra desde  $21 \mu\text{m}$  hasta  $24 \mu\text{m}$  y superiores a los reportados por Vásquez *et al.* (2015) en muestras de vellón de alpacas Huacaya de Apurímac quienes cifran en machos un diámetro de  $19,60 \pm 0,20 \mu\text{m}$ .

Las variaciones encontradas en el diámetro medio de fibra se deben a que los lugares de pastoreo tienen una gran variabilidad respecto a su microgeografía, precipitación, sistema vegetal y suelo que serían los factores determinantes en el crecimiento y la calidad de la fibra, sea directa o indirectamente tal como refiere Torres (2001). Por otro lado, la

cantidad y calidad nutritiva de las pasturas están influenciadas por una marcada estacionalidad de lluvias; por lo tanto la disponibilidad del recurso forrajero, de esta manera el consumo se convierte en uno de los índices más importantes para el buen desempeño productivo de la alpaca tal como menciona Paredes *et al.* (2014).

Así mismo, las diferencias encontradas se deben a que en la región alto andina donde se encuentra la población total de alpacas tiene variaciones en su topografía como son las elevaciones, quebradas, planicies, además de una orientación de sur a norte de este a oeste, estas variaciones hacen las diferencias en sus diferentes componentes de climatología, edafología, hidrología, florística y entre otros.

### Efecto de las épocas del año

En la Tabla 2, se muestra los promedios del diámetro medio de fibra ( $\mu\text{m}$ ) de alpacas de la raza Suri según épocas de lluvia (enero a marzo), intermedio lluvia-secano (abril a junio), seco (julio a setiembre) e intermedio seco-lluvia (octubre a diciembre).

**Tabla 2.** Efecto de las épocas del año en el diámetro medio de fibra ( $\mu\text{m}$ ) de alpacas de la raza Suri

Épocas del año	Condición ecológica		
	CIP Chuquibambilla	CIP La Raya	Promedio $\pm$ DS
	Promedio $\pm$ DS	Promedio $\pm$ DS	
<b>Lluvia</b>	23,18 $\pm$ 1,90	21,52 $\pm$ 1,71	<b>22,35 <math>\pm</math> 1,98<sup>ab</sup></b>
<b>Inter. lluvia-secano</b>	23,77 $\pm$ 2,33	21,68 $\pm$ 2,14	<b>22,72 <math>\pm</math> 2,45<sup>a</sup></b>
<b>Secano</b>	21,62 $\pm$ 1,69	21,37 $\pm$ 2,17	<b>21,49 <math>\pm</math> 1,93<sup>b</sup></b>
<b>Inter. seco-lluvia</b>	21,53 $\pm$ 1,80	21,82 $\pm$ 2,35	<b>21,67 <math>\pm</math> 2,00<sup>b</sup></b>

La mayor finura de fibra se muestra en las épocas de seco (21,49  $\pm$  1,93  $\mu\text{m}$ ) e intermedio secos lluvia (21,67  $\pm$  2,00  $\mu\text{m}$ ) respecto a época de lluvia (22,35  $\pm$  1,98  $\mu$ ) e intermedio lluvia-secano (22,72  $\pm$  2,45  $\mu\text{m}$ ), al análisis estadístico existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P \leq 0,05$ ), mostrando efecto de las épocas del año en el diámetro medio de fibra en alpacas Suri.

Sobre el particular, los factores medio ambientales que influyen en la calidad de fibra de alpacas son citados en los reportes de Russel y Redden (1997) quienes afirman que existen factores que influyen en la cantidad y la calidad de la producción de fibra en camélidos sudamericanos y estas se clasifican en factores medioambientales externos y factores genéticos o internos; los factores externos que modifican la respuesta productiva en alpacas son la alimentación; la localización geográfica o lugar de pastoreo tal como refiere Quispe *et al.* (2009) y la precipitación pluvial (Bustanza, 2001). Sin embargo, son diferentes a los reportes por Braga *et al.* (2007) quienes manifiestan que la altitud no ejerce influencia ni sobre la cantidad ni la calidad de fibra, pero entre los factores internos que afectan el diámetro de fibra y peso de vellón resaltan la raza tal como menciona Cervantes *et al.* (2010).

Los resultados son similares a los reportados por Wuliji *et al.* (2000) quienes en alpacas de las islas del sur de Nueva Zelanda considerando edad, determinaron que la variación estacional en el diámetro de fibra fue moderadamente similar, siendo el valor más bajo en la época de invierno, el diámetro medio de fibra en alpacas adultos fue 31,9  $\mu\text{m}$ , tuis 30,5  $\mu\text{m}$  y crías 26,4  $\mu\text{m}$ , valores superiores al presente estudio, por corresponder a un medio ecológico diferente.

También son similares al reportado por Franco *et al.* (2009) quienes determinaron el efecto de alimentación de dos niveles contrastantes de energía sobre el rendimiento y calidad de fibra en alpacas machos Huacaya, el diámetro de fibra en alpacas con menor incremento del requerimiento energético de mantenimiento fue menor (23,97  $\mu\text{m}$ ) que con mayor incremento del requerimiento energético de mantenimiento (25,75  $\mu\text{m}$ ) ( $P \leq 0,05$ ), queda demostrado que el diámetro medio de fibra se incrementa a mayor disponibilidad de alimentos y requerimiento energético tal como ocurre en el periodo de lluvia e intermedio lluvia-secano.

Los resultados son similares a los reportados por Newman y Paterson (1994), quienes determinaron el efecto de la nutrición y estación en la producción de fibras en alpacas de un año de edad de Nueva Zelanda, hubo una relación positiva entre la ingesta de alimento y la tasa de crecimiento de fibra; sin embargo, el nivel de alimentación no tuvo efecto sobre el diámetro de la fibra, pero el diámetro de fibra más grueso fue de en verano (33,70  $\mu\text{m}$ ) que en invierno (31,30  $\mu\text{m}$ ), similares a los resultados del presente estudio, observándose mayores diámetros en el periodo de lluvia respecto al periodo seco.

En estudios similares en cabras vacías de la raza Angora realizadas por Litheland *et al.* (2000) donde se determinó el efecto estacional bajo condiciones de pastoreo suplementado, bajo estas condiciones la diferencia estacional en diámetro de fibra fue similar (34,90  $\mu\text{m}$ , 31,70  $\mu\text{m}$ , 33,70  $\mu\text{m}$  y 36,50  $\mu\text{m}$  en otoño, invierno, primavera y verano, respectivamente), pero el diámetro de las fibras meduladas fue superior en primavera y verano que en invierno (69,00  $\mu\text{m}$ , 65,00  $\mu\text{m}$ , 73,00  $\mu\text{m}$  y 71,00  $\mu\text{m}$  en otoño, invierno, primavera y verano, respectivamente); Sin embargo, en el caso de cabras Cashmere el diámetro de fibra no fue alterado por los niveles de energía metabólica en la dieta ( $P > 0,01$ ).

La producción de fibra depende predominantemente del funcionamiento de los folículos pilosos, en periodos largos de crecimiento tal como reporta Rogers (2006) pues la fase anágena (con una zona matricial en mitosis) es la que predomina, frente a la fase catágena (donde se detiene el crecimiento folicular por estrechamiento del bulbo, reducción de la papila pilosa y arrugamiento del saco piloso y queratinización) y telógena (donde se reduce de tamaño el folículo por reducción de la papila, matriz y saco piloso) tal como menciona Torres de Jasauí *et al.* (2007), estas diferencias aparentes entre las poblaciones de folículos primarios (más en invierno) y secundarios (más en verano) contribuyen al promedio del diámetro de la fibra de vellón como consecuencia del cambio estacional tal como reportan Champion and Robards (2000). Así mismo, la fibra de los folículos secundarios es más fina que la de los folículos primarios tal como menciona Moore *et al.*, (2015)

El diámetro de fibra de alpacas estaría influenciada por la disponibilidad de alimentos; al estudiar el efecto de las estrategias de pastoreo en la calidad y rendimiento de lana en el altiplano peruano por Carey *et al.* (1988) indican que hubo un efecto lineal significativo ( $P \leq 0,05$ ) en el diámetro de fibra (25,5  $\mu\text{m}$ , 24,5  $\mu\text{m}$ , y 24,1  $\mu\text{m}$ ) como incremento de la carga animal, el diámetro de fibra no fue diferente entre pastoreo continuo y el rotativo, pero el diámetro de fibra fue más pequeña ( $P \leq 0,01$ ) en el pastoreo rotativo común (23,30  $\mu\text{m}$ ) que el promedio de pastoreo continuo y el rotativo (24,60  $\mu\text{m}$ ).

Existen alpacas con buena calidad de fibra debido a su potencial genético; sin embargo, esta aparente finura podría deberse a las condiciones pobres de alimentación de los animales en estudio (bajo pasturas naturales), que concordaría con los reportes de McGregor (2002) y Marshall *et al.* (1981), y corroborado por Wuliji *et al.* (2000) quienes

demonstraron que las condiciones nutricionales adversas en alpacas y ovinos reducen el diámetro medio de fibra, contrario al efecto que causa una buena alimentación, que incrementa el diámetro de fibra; la finura que muestran algunas alpacas en la altura, se debe a la desnutrición, es decir a lo que se llama finura por hambre; sin embargo, la finura de la fibra es producto de los genes y el ambiente tal como refiere Sumar (2007).

#### 4.1.2. Longitud de fibra

##### Efecto de la condición ecológica

En la Tabla 3, se muestra los promedios de la longitud de fibra (mm) de alpacas de la raza Suri en dos condiciones ecológica (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya).

**Tabla 3.** Efecto de la condición ecológica en la longitud de fibra (mm) de alpacas de la raza Suri

Condición ecológica	n	Promedio $\pm$ DS	C.V. %	Valores extremos	
				Mínimo	Máximo
<b>CIP Chuquibambilla</b>	80	4,06 $\pm$ 0,37 <sup>a</sup>	9,18	3,20	5,00
<b>CIP La Raya</b>	80	3,94 $\pm$ 0,33 <sup>b</sup>	8,35	3,20	4,50
<b>Total</b>	<b>160</b>	<b>4,00 <math>\pm</math> 0,36</b>	<b>8,88</b>	<b>3,20</b>	<b>5,00</b>

La longitud de fibra promedio general fue de 4,00  $\pm$  0,36 mm, presentan menor longitud de fibra las alpacas del CIP La Raya (3,94  $\pm$  0,33 mm) que alpacas del CIP Chuquibambilla (4,06  $\pm$  0,37 mm), al análisis estadístico existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P \leq 0,05$ ) y por lo tanto existe efecto de la condición ecológica en la longitud de fibra en alpacas Suri.

Las variaciones encontradas en la longitud de fibra se deben a que los lugares de pastoreo tienen una gran variabilidad respecto a su micro geografía, precipitación, sistema vegetal y suelo que serían los factores determinantes en el crecimiento y la calidad de la fibra, sea directa o indirectamente tal como refiere Torres (2001). Así mismo, la cantidad y calidad nutritiva de las pasturas están influenciadas por una marcada estacionalidad de lluvias; por lo tanto la disponibilidad del recurso forrajero, de esta manera el consumo se convierte en uno de los índices más importantes para el buen desempeño productivo de la alpaca

tal como menciona Paredes *et al.* (2014). El efecto altitud se debería probablemente a variaciones de orden genético y ambiental que normalmente ocurre dentro de poblaciones distintas, y dentro de ellos un factor a tener en cuenta resulta el estrés por frío de las zonas alto andinas lo cual generaría un crecimiento lento de fibra debido a la constricción de los vasos que conlleva a una disminución en el abastecimiento de nutrientes debido a la baja del flujo sanguíneo tal como refieren Ryder y Stephenson (1968).

Existe poca información sobre la tasa de crecimiento de la longitud de fibra de alpaca Suri, especialmente durante el primer y segundo año de vida, los resultados del estudio son similares a los reportados por Quispe *et al.* (2014) quienes determinaron el crecimiento de fibra mensual de alpaca de dos genotipos (Suri y Huacaya) en los Andes Altos del Perú; el perfil del crecimiento de la longitud de fibra determinada a lo largo del año en el genotipo Suri tuvo un crecimiento del 20 % mayor que el genotipo Huacaya, el crecimiento del genotipo Suri fue de 1,34 cm / mes similar a los resultados del presente estudio (1,33 cm / mes).

La longitud de fibra constituye uno de los elementos básicos que determina el tipo de proceso industrial, existe una relación directa entre el diámetro y la longitud de fibra, a mayor longitud de fibra mayor diámetro, varía en función a la raza, en Huacaya es aproximadamente dos pulgadas más corta que en la Suri para un mismo periodo de crecimiento, el mayor crecimiento de la longitud de fibra en el CIP Chuquibambilla ( $4,06 \pm 0,37$  cm) respecto al CIP La Raya ( $3,94 \pm 0,33$  cm) se debe probablemente al factor alimentación; los elementos nutritivos que constituyen la alimentación son considerados como los de mayor influencia en la longitud de fibra, se estima que el crecimiento mensual de la fibra de alpaca es de un cm por mes tal como refiere Quispe *et al.* (2009), contrariamente al describirse la calidad de la fibra de alpacas Huacaya producida en la región de Huancavelica, en condiciones similares de altitud no se detectó relación lineal entre el diámetro de la fibra y la longitud de mecha tal como refiere Montes *et al.* (2008).

Así mismo, Trejo *et al.* (1988) al comparar el ritmo y velocidad de crecimiento de la fibra durante el año en alpacas hembras Huacaya, a los 106 días el crecimiento fue de 4,63 cm, con una tasa de crecimiento mensual de 1,32 cm similares al presente estudio, considerando que la alimentación influye en la longitud de fibra tal como refiere Quispe *et al.* (2009).

La longitud de fibra del estudio son similares a alpacas de un año de edad en Australia reportada por McGregor (2006), indicando que la longitud de fibra de alpacas Suri fue 3,2 cm más largo que la alpaca de Huacaya; la diferencia aparente en la longitud de fibra entre Suri y Huacaya pueden estar relacionadas con la curvatura natural o fricción de fibra, que es mayor en Huacaya que en alpacas Suri; sobre el particular, Lupton *et al.* (2006) encontraron una correlación negativa entre estos parámetros (diámetro y longitud) para alpacas en EE.UU., mientras que Wuliji *et al.* (2000) reportaron una correlación positiva en alpacas de Nueva Zelanda.

Los resultados son similares a los reportados por Newman y Paterson (1994), quienes determinaron el efecto de la nutrición y estación en la producción de fibras en alpacas de un año en Nueva Zelanda, hubo una relación positiva entre la ingesta de alimento y la tasa de crecimiento de fibra. En alpacas Huacaya machos jóvenes Franco *et al.* (2009) determinaron que la fibra creció menos con el menor incremento del requerimiento energético (294,70  $\mu\text{m/d}$ ) respecto al mayor incremento del requerimiento energético (319,60  $\mu\text{m/d}$ ); mostrándose el efecto de la disponibilidad de energía en la longitud de fibra.

Los resultados son superiores a los reportes de McGregor *et al.* (2011) quienes en la región de Huancavelica en alpacas Huacaya hembras adultas determinaron una longitud de fibra de 91 mm, menor a la raza Suri tal como refiere Quispe *et al.* (2014), el patrón general fue una disminución marcado dorso-ventral en la longitud de fibra y una disminución en el cuello; en forma similar a los reportes de Wuliji *et al.* (2000) en alpacas estudiadas en las islas del sur de Nueva Zelanda considerando edad (uno, dos y tres años), los promedios de la longitud de mecha fue de 9,9 cm, 12,2 cm y 12,6 cm, respectivamente. Así mismo, son superiores a los determinados en alpacas Huacaya blancas de uno a siete años de edad por Cordero *et al.* (2011), quienes reportan  $4,15 \pm 1,33$  pulgadas ( $10,54 \pm 3,38$  cm) de longitud de fibra, inferiores al presente estudio.

### **Efecto de la época del año**

En la Tabla 4, se muestra los promedios de la longitud de fibra (mm) de alpacas de la raza Suri según épocas del año (lluvias, intermedio lluvia-secano, secano e intermedio secano lluvias).

**Tabla 4.** Efecto de las épocas del año en la longitud de fibra (mm) de alpacas de la raza Suri

Épocas del año	Condición ecológica		Promedio $\pm$ DS
	CIP Chuquibambilla Promedio $\pm$ DS	CIP La Raya Promedio $\pm$ DS	
<b>Lluvia</b>	4,40 $\pm$ 0,30	4,27 $\pm$ 0,22	<b>4,34 <math>\pm</math> 0,27<sup>a</sup></b>
<b>Inter. lluvia-secano</b>	4,15 $\pm$ 0,24	4,13 $\pm$ 0,18	<b>4,14 <math>\pm</math> 0,21<sup>b</sup></b>
<b>Secano</b>	3,77 $\pm$ 0,32	3,66 $\pm$ 0,25	<b>3,71 <math>\pm</math> 0,29<sup>c</sup></b>
<b>Inter. secano-lluvia</b>	3,92 $\pm$ 0,29	3,71 $\pm$ 0,12	<b>3,81 <math>\pm</math> 0,24<sup>c</sup></b>

La mayor longitud de fibra corresponde a la época de lluvia (4,34  $\pm$  0,27 mm) y las menores longitudes de fibra a las épocas de secano (3,71  $\pm$  0,29 mm) e intermedio secano-lluvia (3,81  $\pm$  0,24 mm); al análisis estadístico existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P \leq 0,05$ ), por lo tanto se muestra el efecto de las épocas del año en el crecimiento de la fibra en alpacas Suri.

Los resultados del estudio son similares a los reportados por Quispe *et al.* (2014) quienes determinaron el crecimiento de fibra mensual de alpaca de dos genotipos (Suri y Huacaya) y sexo (machos y hembras) en los Andes Altos del Perú, el perfil del crecimiento de la longitud de fibra fue determinada a lo largo del año y fue afectado por el mes; el crecimiento de longitud de fibra aumentó en cada uno de los tres primeros meses y luego mantuvo una tasa casi constante durante el resto del primer año; así mismo, en alpacas Suri y Huacaya se muestra un crecimiento de 3,96 cm entre los meses de enero a marzo, 3,09 cm entre abril a junio, 3,71 cm entre julio a setiembre y 3,85 cm de octubre a diciembre con diferencias estadística entre meses, similar comportamiento del crecimiento de fibra de alpacas Suri del presente estudio.

Así mismo, Trejo *et al.* (1988) al comparar el ritmo y velocidad de crecimiento de la fibra durante el año en alpacas hembras Huacaya a los 106 días el crecimiento fue de 4,63 cm, a los 259 fue de 9,17 cm y a los 370 días fue de 9,93 cm; el mayor ritmo y velocidad de crecimiento ocurre a los 106 días después de la esquila, y disminuye la intensidad a los 259 y 370 días, resultados similares al presente estudio, cuyas épocas coinciden con el



periodo de intermedio seco-lluvia y lluvia. Los resultados también son similares a los reportados por Newman y Paterson (1994), quienes determinaron el efecto de la nutrición y estación en la producción de fibras en alpacas de un año en Nueva Zelanda, hubo una relación positiva entre la ingesta de alimento y la tasa de crecimiento de fibra; considerando que la mayor disponibilidad de alimentos está dada en la época de lluvias.

Uno de los factores que influyen la calidad de fibra son los medio ambientales, los resultados son similares a los reportes donde se afirma que existen factores que influyen en la cantidad y la calidad de la producción de fibra en camélidos sudamericanos los factores medioambientales externos modifican la respuesta productiva en alpacas, la nutrición en la alpaca tiene un efecto proporcionalmente mayor en la longitud de la fibra que en el diámetro de la fibra a diferencia de los ovinos en los que la relación longitud de fibra con el diámetro permanece relativamente constante bajo variación nutricional tal como reporta Russel y Redden (1997).

Resultados inferiores pero similares en variación en la Isla Sur de Nueva Zelanda por Wuliji *et al.* (2000) quienes determinaron que la longitud de fibra en alpacas adultos fue de 9,9 cm, tuis 12,2 cm y crías 12,6 cm, la variación estacional del crecimiento de las fibras fue pequeña a moderada, con valores más bajos en el invierno.

#### 4.1.3. Factor de confort

##### Efecto de la condición ecológica

En la Tabla 5, se muestra el factor de confort de fibra (%) de alpacas de la raza Suri en dos condiciones ecológica (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya).

**Tabla 5.** Efecto de la condición ecológica en el factor de confort (%) de alpacas de la raza Suri

Condición ecológica	n	Promedio $\pm$ DS	C.V. %	Valores extremos	
				Mínimo	Máximo
CIP Chuquibambilla	80	91,71 $\pm$ 4,52 <sup>a</sup>	4,92	76,70	98,60
CIP La Raya	80	92,30 $\pm$ 5,05 <sup>a</sup>	5,47	69,00	99,20
<b>Total</b>	<b>160</b>	<b>92,01 <math>\pm</math> 4,78</b>	<b>5,20</b>	<b>69,00</b>	<b>99,20</b>

El factor de confort general fue de  $92,01 \pm 4,78$  %, en ambos medios ecológicos fue similar; al análisis estadístico no existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P > 0,05$ ), por lo que la condición ecológica no tiene efecto en esta característica en alpacas de la raza Suri.

Los resultados son inferiores a los reportes de Quispe *et al.* (2009) quienes cifran valores de 93,67 % de factor de confort en alpacas de color blanco, el cual se considera relativamente como un buen factor acorde a los requerimientos de la industria textil, se conoce que mientras las fibras tienen menor diámetro el factor de confort es mayor. Asimismo, se reporta suficiente evidencia del efecto de la edad, año y comunidad sobre esta característica tal como refiere Quispe (2010).

Así como, son inferiores a estudios realizados por Vásquez *et al.* (2015) en puna seca, que reportan un índice de confort (IC) de 96,80 % y 95,50 % en machos y hembras, respectivamente ( $P \leq 0,05$ ); en alpacas Huacaya de Huancavelica reportado por Soles (2015) cifra un IC de 93,63 % superiores a los resultados del presente estudio e inferiores a los reportes de Ormachea *et al.* (2015) quienes evaluaron el factor de confort de alpacas en las comunidades de Quelccaya y Chimboya del distrito de Corani (Carabaya) siendo de 95,59 % y considerando la edad fueron de 97,50 %, 95,85 % y 93,43 % en alpacas de dos, tres y cuatro años de edad, respectivamente ( $P \leq 0,05$ ); como también son inferiores a los reportes de Díaz *et al.* (2014) en alpacas Suri con un factor de confort de  $95,58 \pm 3,35$  %, mostrándose que tiene correlación negativa con el diámetro de fibra, a menor diámetro mayor será el factor de confort, como también son inferiores a los reportes de Checmapocco *et al.* (2013) en alpacas Suri a la primera esquila reportando un factor de confort de 95,87 % y siendo de 96,01 % y 95,74 % en hembras y machos, respectivamente.

El factor de confort de la fibra de alpacas Suri del estudio son superiores a los reportados por McGregor y Butler (2004) en alpacas criadas en Australia, quienes cifran un valor de 55,58 %. Ponzoni *et al.* (1999) en alpacas al sur de Australia, muestran un índice de confort de 75,49 %; mientras que Lupton *et al.* (2006) en alpacas Huacaya criadas en EEUU encontró un factor de confort de  $68,39 \pm 25,05$  %, según sexo en hembras 69,50 % y machos de 72,60 %, según edad de 82,70 %, 74,10 % y 58,60 % en alpacas de uno, dos y tres años de edad, respectivamente; en todos los casos son inferiores al presente estudio, debido probablemente al factor medioambiental y

alimentación por lo tanto al engrosamiento de la fibra tal como reporta Russel y Redden (1997).

El factor de confort del estudio no está dentro de los requerimientos de la industria textil, el porcentaje de las fibras menores de 30  $\mu\text{m}$  que tiene un vellón se define como el factor de confort (FC) o conocido también como factor de comodidad. Si más del 5 % de fibras son mayores a 30  $\mu\text{m}$ , entonces el tejido resulta ser no confortable para su uso por la picazón que siente el consumidor en la piel tal como reportan Mueller (2007); McLennan y Lewer (2005) y McColl (2004); por tanto, la industria textil de prendas prefiere vellones con un factor de confort igual o mayor a 95 % con un FP igual o menor a 5 % tales como refieren Cottle (2010); Baxter y Wood (2003) y Bardsley (1994).

Durante el uso de las prendas, los terminales de la fibra emergen hacia la superficie y presionan contra la piel, la fuerza que el terminal de la fibra puede ejercer sobre la piel antes de flexionarse es altamente dependiente de su diámetro y longitud de emergencia; por encima de la fuerza crítica (100 mg) los nervios que se encuentran situados justo debajo de la piel son provocados, cuando se reciben muchas de estas señales el cerebro lo interpreta como una sensación no placentera, comúnmente llamada picazón. Para un tejido plano usado comúnmente en chompas o suéteres, el diámetro crítico que conlleva a la picazón es aproximadamente de 30 a 32  $\mu\text{m}$ , aunque varía considerablemente entre personas, temperatura y limpieza de la piel. En prendas normales confeccionadas con lana que exhiben una media de 21  $\mu\text{m}$  tienen un número pequeño de fibras con diámetros mayores a 30  $\mu\text{m}$ , lo que le da confortabilidad a la prenda tal como reporta Naylor y Stanton (1997) así como los atributos de fibra que afectan a la comodidad en un tejido de mezcla de lana / cashmere superfino son el diámetro medio de fibra y la frecuencia de la fibra medulada tal como mencionan Naebe & McGregor (2013), dado que la médula determina el tipo de fibra y está asociado con el diámetro de la fibra, se puede suponer que podría ser un buen indicador o determinante de la comodidad de la tela.

Comparado con llamas los resultados son similares a los reportados por Laime *et al.* (2016) en fibra de llama, el factor de confort en fibra sin descender fue de  $89,53 \pm 0,96$  % y descenderada de  $92,27 \pm 0,88$  %. En contraste con lana de ovinos de raza criollo Argentinas reportado por Peña *et al.* (2016) son superiores a majadas ubicadas en Salta ( $78,8 \pm 12,7$  %); Santiago del Estero ( $47,5 \pm 16,2$  %); Corrientes ( $34,0 \pm 16,2$  %) y Buenos Aires ( $49,2 \pm 13,8$  %); así mismo Amarihlo-Silveria *et al.* (2015) al evaluar las características de

calidad de la lana en Regiones del cuerpo de ovejas (*Ovis aries*) Corriedale, muestran que el FC fue de  $77,82 \pm 12,85\%$  en espalda,  $60,37 \pm 13,76\%$  en costillar y  $54,04 \pm 14,37\%$  en coxa con una media de  $64,08 \pm 13,27\%$ , valores inferiores a alpacas Suri.

### Efecto de la época del año

**Tabla 6.** Efecto de las épocas del año en el factor de confort (%) de fibra de alpacas de la raza Suri

Épocas del año	Condición ecológica		Promedio $\pm$ DS
	CIP Chuquibambilla Promedio $\pm$ DS	CIP La Raya Promedio $\pm$ DS	
<b>Lluvia</b>	91,36 $\pm$ 4,71	93,32 $\pm$ 3,74	<b>92,34 <math>\pm</math> 4,31<sup>a</sup></b>
<b>Inter. lluvia-secano</b>	89,63 $\pm$ 5,95	92,04 $\pm$ 4,42	<b>90,83 <math>\pm</math> 5,32<sup>a</sup></b>
<b>Secano</b>	93,07 $\pm$ 2,81	92,26 $\pm$ 5,55	<b>92,66 <math>\pm</math> 4,36<sup>a</sup></b>
<b>Inter. secano-lluvia</b>	92,79 $\pm$ 3,37	91,59 $\pm$ 6,31	<b>92,19 <math>\pm</math> 5,03<sup>a</sup></b>

El factor de confort de fibra de alpacas Suri fue similar en las cuatro épocas del año, al análisis estadístico no existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P > 0,05$ ), los resultados muestran que la época del año no tiene efecto en el factor de confort en alpacas Suri.

Los atributos de fibra que afectan significativamente a las propiedades de confort de los hilos son el diámetro medio de la fibra y el número de fibras meduladas en alpacas Huacaya tal como refieren Wood (2003); McColl (2004); McLennan y Lewer (2005); Mueller (2007); Baxter y Cottle (2010); Naebe and McGregor (2013), es evidente de acuerdo a los resultados del estudio, la variación del diámetro medio de fibra a lo largo de la fibra no influyen en el factor de confort en alpacas de la raza Suri.

Los resultados son diferentes a estudios realizadas en cabras vacías de la raza Angora por Litheland (2000) para determinar el efecto estacional bajo condiciones de pastoreo, bajo estas condiciones la diferencia estacional en diámetro de fibra fue similar, pero el diámetro de las fibras meduladas fue superior en primavera y verano que en invierno ( $69,00 \mu\text{m}$  en otoño,  $65,00 \mu\text{m}$  en invierno,  $73,00 \mu\text{m}$  en primavera y  $71,00 \mu\text{m}$  verano),

probablemente el engrosamiento de la fibra por época no influya en el factor de confort en alpacas Suri.

Estudios sobre la actividad folicular en el diámetro y producción de fibra en ovinos Australianos de las razas Merino y Romney por Champion and Robards (2000) muestran que los folículos secundarios son máximos en verano y mínimo en el invierno; este cambio relativo en el diámetro de los folículos secundarios fue más alto que en los folículos primarios, estas diferencias aparentes entre las poblaciones de folículos primarios y secundarios contribuyen al promedio del diámetro de la fibra de vellón como consecuencia del cambio estacional, estos cambios relativos probablemente no influyan en el factor de confort de la fibra de alpacas Suri. En la alpaca hay predominancia de folículos secundarios, aunque algunas fibras muy gruesas pueden ser encontradas tal como reporta Galbraith (2010); Gerken (2010).

#### 4.1.4. Finura al hilado

##### Efecto de la condición ecológica

En la Tabla 7, se muestra los promedios de finura al hilado ( $\mu\text{m}$ ) de alpacas de la raza Suri en dos condiciones ecológica (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya).

**Tabla 7.** Efecto de la condición ecológica en la finura al hilado ( $\mu\text{m}$ ) de fibra de alpacas de la raza Suri

Condición ecológica	n	Promedio $\pm$ DS	C.V. %	Valores extremos	
				Mínimo	Máximo
<b>CIP Chuquibambilla</b>	80	23,88 $\pm$ 2,52 <sup>a</sup>	10,57	19,50	32,20
<b>CIP La Raya</b>	80	23,06 $\pm$ 2,68 <sup>b</sup>	11,64	18,30	32,20
<b>Total</b>	<b>160</b>	<b>23,47 <math>\pm</math> 2,63</b>	<b>11,20</b>	<b>18,30</b>	<b>32,20</b>

La finura al hilado de fibra promedio general fue de 23,47  $\pm$  2,63  $\mu\text{m}$ , presentan menor finura al hilado la fibra de alpacas del CIP La Raya (23,06  $\pm$  2,68  $\mu\text{m}$ ) que alpacas del CIP Chuquibambilla (23,88  $\pm$  2,52  $\mu\text{m}$ ); al análisis estadístico existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P \leq 0,05$ ), mostrando el efecto de la condición ecológica en la finura al hilado en alpacas Suri.

Los resultados son superiores a los reportes de Quispe (2010) quien en alpacas Huacaya blanco reporta finura al hilado de  $20,90 \mu\text{m}$  observando que animales jóvenes tienen menor finura al hilado que adultos y que los animales menores de 18 meses son los que exhiben una mejor finura al hilado; asimismo, encontró efectos altamente significativos de factores como año y comunidad sobre dicha característica; así mismo, Díaz *et al.* (2014) en el sector Chocoaquilla-Macusani, en alpacas Huacaya y Suri establecen que la finura al hilado presenta variaciones altamente significativas para el efecto raza, siendo en alpacas Suri de  $20,38 \pm 1,84 \mu\text{m}$  y Huacaya de  $17,92 \pm 1,73 \mu\text{m}$ , resultados menores al presente estudio.

Así mismo, son superiores a los resultados reportados por Vásquez *et al.* (2015) en estudios realizados en Apurímac establecieron una finura al hilado de  $19,40 \pm 0,20 \mu\text{m}$  con diferencia entre sexos y entre los grupos etáricos ( $P \leq 0,05$ ); como también a alpacas Huacaya de Huancavelica reportado por Soles (2015) quien refiere una finura al hilado de  $20,20 \mu\text{m}$ ; sobre el particular en estudios por Laime *et al.* (2016) en llama Chaku cifran una finura al hilado en fibra sin descender de  $22,17 \pm 0,25 \mu\text{m}$  y descerdada de  $21,11 \pm 0,22 \mu\text{m}$ ; considerando que la finura al hilado en el estudio es mayor al diámetro medio de fibra; el estudio muestra el efecto de la condición ecológica en la finura al hilado y es una característica fuertemente heredable tal como manifiesta Butler y Dolling (1995). Manso (2011) determina que la finura al hilado es un estimador del rendimiento de la muestra cuando es hilado y convertido en hilo o tops con diferentes diámetros medio de fibra y coeficiente de variación del diámetro medio de fibra.

### **Efecto de la época del año**

En la Tabla 8 se muestra los promedios de la finura al hilado de fibra ( $\mu\text{m}$ ) de alpacas de la raza Suri según épocas del año (lluvia, intermedio lluvia-secano de, seco e intermedio seco-lluvia).

**Tabla 8.** Efecto de las épocas del año en finura al hilado ( $\mu\text{m}$ ) de fibra de alpacas de la raza Suri.

Épocas del año	Condición ecológica		Promedio $\pm$ DS
	CIP Chuquibambilla Promedio $\pm$ DS	CIP La Raya Promedio $\pm$ DS	
<b>Lluvia</b>	23,91 $\pm$ 2,35	22,61 $\pm$ 2,34	<b>23,26 <math>\pm</math> 2,41<sup>a</sup></b>
<b>Inter. lluvia-secano</b>	25,21 $\pm$ 2,88	23,05 $\pm$ 2,66	<b>24,13 <math>\pm</math> 2,95<sup>a</sup></b>
<b>Secano</b>	23,07 $\pm$ 2,05	22,92 $\pm$ 2,45	<b>22,99 <math>\pm</math> 2,23<sup>a</sup></b>
<b>Inter. secano-lluvia</b>	23,35 $\pm$ 2,37	23,67 $\pm$ 3,28	<b>23,51 <math>\pm</math> 2,83<sup>a</sup></b>

La finura al hilado de fibra de alpacas fue similar en las cuatro épocas del año; al análisis estadístico no existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P > 0,05$ ), evidenciando que no existe efecto de la época en la finura al hilado en alpacas Suri.

La finura al hilado en alpacas Suri en cuatro épocas del año mostraría el mismo rendimiento cuando es hilado y convertido en hilo, resultados similares a lo referido por Manso (2011); además, mide la procesabilidad de la fibra tal como señala Lupton *et al.*, (2006) y es una característica fuertemente heredable tal como refieren Butler y Dolling (1995); se usa con la finalidad de demostrar la influencia de los cambios del diámetro medio de la fibra y el coeficiente de variación del diámetro medio sobre la uniformidad de los hilados tal como menciona Anderson (1976). De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio, se concluye que la época del año no tiene influencia en la relación del diámetro medio de fibra y el coeficiente de variación del diámetro medio por lo tanto en la uniformidad de los hilados y la procesabilidad de la fibra de alpacas Suri.

#### 4.1.5. Índice de curvatura

##### Efecto de la condición ecológica

En la Tabla 9, se muestra los promedios de índice de curvatura de fibra ( $^{\circ}/\text{mm}$ ) de alpacas de la raza Suri en dos condiciones ecológica (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya).

**Tabla 9.** Efecto de la condición ecológica en el índice de curvatura ( $^{\circ}/\text{mm}$ ) de fibra de alpacas de la raza Suri

Condición ecológica	n	Promedio $\pm$ DS	C.V. %	Valores extremos	
				Mínimo	Máximo
<b>CIP Chuquibambilla</b>	80	15,88 $\pm$ 4,21 <sup>b</sup>	26,48	10,20	28,70
<b>CIP La Raya</b>	80	18,32 $\pm$ 4,14 <sup>a</sup>	22,60	11,40	30,50
<b>Total</b>	<b>160</b>	<b>17,10 <math>\pm</math> 4,33</b>	<b>25,35</b>	<b>10,20</b>	<b>30,50</b>

El índice de curvatura de fibra promedio general fue de  $17,10 \pm 4,33$   $^{\circ}/\text{mm}$ , presentan menor índice de curvatura de fibra las alpacas del CIP Chuquibambilla ( $15,88 \pm 4,21$   $^{\circ}/\text{mm}$ ) que alpacas del CIP La Raya ( $18,32 \pm 4,14$   $^{\circ}/\text{mm}$ ); al análisis estadístico existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P \leq 0,05$ ), mostrando el efecto de la condición ecológica en el índice de curvatura en alpacas Suri.

El efecto de la condición ecológica en el índice de curvatura son similares a los reportes de Iñiguez *et al.* (2013) quienes refieren que la localización geográfica influye significativamente en el índice de curvatura. Los resultados también son similares a los reportados por Holt (2006) quien afirma que la fibra de alpaca Suri ( $15$   $^{\circ}/\text{mm}$  a  $35$   $^{\circ}/\text{mm}$ ) tiene menor curvatura que la Huacaya ( $25$   $^{\circ}/\text{mm}$  a  $60$   $^{\circ}/\text{mm}$ ); por lo que el promedio del estudio están dentro de los reportes del índice de curvatura de alpacas Suri e inferiores a los reportados por Wang *et al.* (2005) quienes cifran un índice de curvatura en alpacas Suri de  $26,31$   $^{\circ}/\text{mm}$  e inferiores a los estudios de Manso (2011) quien cifra un índice de curvatura de  $36,6$   $^{\circ}/\text{mm}$ , con un máximo de  $41,84$   $^{\circ}/\text{mm}$  y un mínimo de  $24,3$   $^{\circ}/\text{mm}$ ; en alpacas Huacaya Quispe (2009) reporta índices de curvatura de  $38,8$   $^{\circ}/\text{mm}$ , y en el intervalo  $47,66 - 54,01$   $^{\circ}/\text{mm}$  cifrados por Quispe (2010).

Así mismo, son inferiores a alpacas de color reportados por Oria (2008), las alpacas de color más oscuro poseen un índice de curvatura más bajo  $31$   $^{\circ}/\text{mm}$  como alpacas color café oscuro y descendiendo hasta los  $24,00$   $^{\circ}/\text{mm}$  en las alpacas color negro y en alpacas color blanco en índice de curvatura fue  $40$   $^{\circ}/\text{mm}$  comportamiento que también puede ser explicado por la relación inversamente proporcional existente entre diámetro e índice de curvatura, en estudios del efecto de la edad, se obtienen valores entre constantes o



ligeramente crecientes hasta los cuatro dientes, disminuyendo desde esa edad hasta boca llena desde los 38,00 °/mm hasta los 34,00 °/mm.

Los resultados obtenidos sobre esta característica aún son discutibles Quispe (2009) indica que con la edad aumenta el índice de curvatura, contrariamente a lo reportado por McGregor (2006) quien establece que este parámetro no varía con la edad, Mamani (2010) encuentra un menor índice de curvatura conforme aumenta la edad, debido a que el diámetro se incrementa con la edad.

Los resultados son inferiores a los reportados por McGregor *et al.* (2011) en muestras de fibra de alpacas hembras adultas, los valores medios para el costillar medio fueron de 34,90 °/mm; los atributos de vellón variaron significativamente entre todos los componentes de vellón y entre los sitios de vellón, el patrón general fue una disminución dorso-ventral, esto sugiere que la variación de índice de curvatura se puede utilizar para la selección de componentes de vellón con diámetro medio de fibra diferente, pero la pendiente de la regresión (índice de curvatura disminuyó 1,0 °/mm por cada 1 µm de aumento en diámetro medio de fibra en el rango de 11 a 70 µm)

El índice de curvatura en alpacas ha sido estudiado en Perú por Siguayo y Aliaga (2010), quienes encuentran valores superiores al presente estudio y entre 47,66 y 54,01 °/mm en alpacas, mientras que Quispe (2010) refiere una media de 38,8 °/mm, en alpacas Huacaya de Huancavelica Soles (2015) reporta 34,85 °/mm. Sobre el particular, el índice de curvatura está bien documentado en países como Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos principalmente, basta referir los resultados de Liu *et al.* (2004), Wang *et al.* (2004), Lupton *et al.* (2006), McGregor (2006) quienes encontraron valores de 27,80 °/mm a 32,50 °/mm, mientras que la lana de ovino tiene mayor índice de curvatura que la fibra de alpaca tal como refieren Liu *et al.* (2004); Wang *et al.* (2004), pero menor que la de vicuña tal como menciona Quispe *et al.* (2010).

Los resultados son inferiores a estudios realizados por Vásquez *et al.* (2015) en puna seca reportando un índice de curvatura de 37,00 ± 0,30 °/mm similar entre sexos pero diferente entre edades; en vellones de alpacas norteamericanas de distintos sexos y edades Lupton *et al.* (2006) reporta índice de curvatura de 33,16 ± 7,00 °/mm, los mismos que son superiores al presente estudio.

Los reportes de Wang *et al.* (2005) señalan para valores de diámetro de 15 a 40  $\mu\text{m}$ , los rangos de índice de curvatura son de 50  $^{\circ}/\text{mm}$  a 15  $^{\circ}/\text{mm}$  en fibra de alpaca, al igual que la lana; la curvatura de la fibra de alpaca disminuye a medida que aumenta el diámetro de la fibra tal como refiere Wang *et al.* (2004); el promedio de índice de curvatura para alpacas de color fue de 35,71  $^{\circ}/\text{mm}$ , en alpacas Huacaya de 35,52  $^{\circ}/\text{mm}$  y Suri de 26,31  $^{\circ}/\text{mm}$ , superiores al presente estudio.

Los resultados son inferiores a los reportados por Laime *et al.* (2016) en fibra de llama Chaku, el índice de curvatura (IC) en fibra sin descender fue de  $37,77 \pm 0,56$   $^{\circ}/\text{mm}$  y descenderada de  $42,43 \pm 0,60$   $^{\circ}/\text{mm}$ ; finalmente el IC de la fibra es una característica textil adicional que puede ser utilizado para describir la propiedad espacial de una masa de fibras de lana; 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 tal como reporta Fish *et al.* (1999).

Los resultados son inferiores a los reportados por Peña *et al.* (2016) en ovinos Criollo de Salta ( $78,5 \pm 13,5$   $^{\circ}/\text{mm}$ ); Santiago del Estero ( $45,5 \pm 15,0$   $^{\circ}/\text{mm}$ ); Corrientes ( $42,7 \pm 12,1$   $^{\circ}/\text{mm}$ ) y Buenos Aires ( $41,9 \pm 7,3$   $^{\circ}/\text{mm}$ ), así como a las características de calidad de la lana en regiones del cuerpo de ovejas (*Ovis aries*) Corriedale reportados por Amarihlo-Silveria *et al.* (2015), los resultados muestran que IC de  $39,93 \pm 8,18$   $^{\circ}/\text{mm}$  en espalda,  $40,71 \pm 9,76$   $^{\circ}/\text{mm}$  en costilla y  $38,75 \pm 7,97$   $^{\circ}/\text{mm}$  en coxa con una media de  $39,79 \pm 8,09$   $^{\circ}/\text{mm}$ .

Son inferiores a los reportados en camellos por Iñiguez *et al.* (2013) en información sobre la calidad de la fibra de camello de Asia Central en las especies de Bactrians (*Camelus bactrianus*), dromedarios (*Camelus dromedarius*) y cruces entre ambas especies, los promedios de índice de curvatura fueron, respectivamente 87,7  $^{\circ}/\text{mm}$  en Bactrians, 78,2  $^{\circ}/\text{mm}$  en dromedarios y 89,9  $^{\circ}/\text{mm}$  en híbridos.

Muchos estudios han sido dedicados a evaluar el efecto del rizo de la mecha de fibra sobre el rendimiento al procesamiento y la calidad de los productos lanares. Hansford (1996) reportó que lanas con baja frecuencia de curvaturas o rizos y alta definición de rizo conlleva a obtener una longitud media de fibra (Hauter) más larga en los tops (cinta de fibra obtenida después del peinado). Para las lanas superfinas, una menor frecuencia de

rizos en la fibra da lugar a una mayor uniformidad de hilados y menor número de terminales salientes en la hilatura tal como refiere Wang *et al.* (2004).

El índice de curvatura tiene una relación inversa con el diámetro de fibra que confirman los reportes de Safley (2005) quien determinó una fuerte relación entre la media del diámetro de fibra y la curvatura de la fibra, donde fibras con alta curvatura tienen fibras con menor diámetro, el diámetro de fibra e índice de curvatura tienen una correlación de - 0,72. Holt (2006) reportó coeficientes de correlación entre el índice de curvatura (°/mm) y el diámetro de fibra (expresado en  $\mu\text{m}$ ) de 0,64 y 0,79 para muestras de fibra de alpacas Huacaya y Suri, y entre frecuencia de rizo y diámetro de 0,44, demostrando la ventaja que tiene el índice de curvatura frente a la frecuencia de rizos, cuando se quiere evaluar el diámetro de la fibra. Existen relaciones directas entre el IC de la fibra con la frecuencia de rizos en la mecha y con la resistencia a la compresión (los coeficientes de correlación varían entre 0,80 y 0,90). También existe una fuerte relación entre la media del diámetro de fibra y la curvatura de la fibra, donde fibras con alta curvatura tienen fibras con menor diámetro tal como refiere Fish *et al.* (1999).

### Efecto de las épocas del año

En la Tabla 10, se muestra los promedios de índice de curvatura de fibra (°/mm) de alpacas de la raza Suri según épocas del año (lluvias, intermedio lluvia-secano, seco y intermedio seco).

**Tabla 10.** Efecto de las épocas del año en el índice curvatura (°/mm) de fibra de alpacas de la raza Suri

Épocas del año	Condición ecológica		Promedio $\pm$ DS
	CIP Chuquibambilla Promedio $\pm$ DS	CIP La Raya Promedio $\pm$ DS	
<b>Lluvia</b>	20,72 $\pm$ 4,61	22,19 $\pm$ 4,52	<b>21,45 <math>\pm</math> 4,57<sup>a</sup></b>
<b>Inter. lluvia-secano</b>	13,67 $\pm$ 2,98	16,04 $\pm$ 3,71	<b>14,85 <math>\pm</math> 3,53<sup>c</sup></b>
<b>Secano</b>	13,65 $\pm$ 1,97	16,78 $\pm$ 2,40	<b>15,21 <math>\pm</math> 2,69<sup>c</sup></b>
<b>Inter. seco-lluvia</b>	15,49 $\pm$ 2,10	18,26 $\pm$ 2,73	<b>16,88 <math>\pm</math> 2,78<sup>b</sup></b>

El mayor índice de curvatura de fibra corresponde a la época de lluvia ( $21,45 \pm 4,57$  °/mm), seguido de época intermedio seco-lluvia ( $16,88 \pm 2,78$  °/mm) y los menores índices de curvatura corresponden a intermedio lluvia-secano ( $14,85 \pm 3,53$  °/mm) y seco ( $15,21 \pm 2,69$  °/mm); al análisis estadístico existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P \leq 0,05$ ), mostrando el efecto de las épocas del año en el índice de curvatura en alpacas Suri.

En términos de índice de curvatura, el diámetro medio más bajo (época seca) está relacionado con una mayor curvatura, similares a los reportes Quispe *et al.* (2010) y Wang *et al.* (2003). La curvatura de la fibra se ha convertido en un atributo importante de la fibra al rendimiento de procesamiento de la fibra y la calidad del producto final; además, la fibra de alpaca tiene bajo rizado y su superficie es lisa, esto hace que la fibra de alpaca sea difícil de procesar tal como refiere Wang *et al.* (2003).

Los resultados son similares a los reportados en camellos por Iñiguez *et al.* (2013) quienes manifiestan que las localizaciones geográficas y épocas del año diferenciaron significativamente para índice de curvatura. Los factores que influyen en la calidad de fibra son medio ambientales corroborados con los reportes de Russel y Redden (1997) quienes mencionan que existen factores que influyen en la cantidad y la calidad de la producción de fibra en camélidos sudamericanos y estas se clasifican en factores medioambientales externos y factores genéticos o internos, los factores externos que modifican la respuesta productiva en alpacas son la alimentación; la localización geográfica o lugar de pastoreo tal como refiere Quispe *et al.* (2009) y la precipitación pluvial (Bustinza, 2001).

La cantidad y calidad nutritiva de las pasturas están influenciadas por una marcada estacionalidad de lluvias; en esas condiciones influyen el índice de curvatura, el consumo se convierte en uno de los índices más importantes para el buen desempeño productivo del animal tal como refiere Paredes *et al.* (2014).

## **4.2. Calidad nutritiva de los pastos naturales**

### **4.2.1. Composición florística**

En la Tabla 11, se muestra la composición florística en dos condiciones ecológicas (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya) y cuatro épocas del año (lluvias, intermedio lluvia-secano, seco e intermedio seco lluvias).

**Tabla 11.** Composición florística de los pastos naturales en dos condiciones ecológicas y épocas del año (%)

Condición ecológica	Especie	Épocas del año			
		Lluvia	Ll-S	Secano	S-Ll
<b>CIP Chuquibambilla</b>	<i>Alchemilla pinnata</i>	1,81	0,31	2,46	0,03
	<i>Bromus unioloides</i>	0,12	0,09	1,83	0,47
	<i>Calamagrostis rigescens</i>	0,31	20,36	0,00	4,62
	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	0,00	4,54	38,75	13,29
	<i>Carex ecuadorica</i>	7,65	0,30	0,00	1,22
	<i>Eleocharis albibracteata</i>	0,00	0,02	0,55	0,00
	<i>Festuca dolichophylla</i>	56,09	49,48	39,01	63,07
	<i>Geranium sessiliflorum</i>	0,12	0,44	1,98	0,14
	<i>Gnaphalium multiceps</i>	0,35	0,89	0,00	0,00
	<i>Hipochaeris taraxacoides</i>	2,31	1,13	5,47	0,96
	<i>Hipochaeris stenocephala</i>	3,06	0,00	0,00	0,00
	<i>Hordeum muticum</i>	0,70	0,00	0,00	0,18
	<i>Mimulus glabratus</i>	0,57	0,00	0,00	0,00
	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	21,31	21,81	8,10	15,02
	<i>Oxalis corniculata</i>	0,12	0,00	0,00	0,00
	<i>Poa annua</i>	2,26	0,00	0,00	0,00
<i>Trifolium amabile</i>	0,87	0,05	0,00	0,04	
<i>Otros</i>	2,35	0,58	1,85	0,96	
<b>CIP La Raya</b>	<i>Alchemilla pinnata</i>	4,04	8,09	0,84	7,47
	<i>Aciachne pulvinata</i>	3,60	0,00	0,00	1,00
	<i>Calamagrostis heterophylla</i>	0,00	0,00	12,76	0,00
	<i>Calamagrostis rigescens</i>	5,59	15,77	4,22	0,00
	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	12,86	39,73	20,64	21,31
	<i>Calamagrostis corymbosa</i>	3,26	0,00	0,00	0,00
	<i>Carex ecuadorica</i>	2,45	3,35	0,09	0,48
	<i>Distichia muscoides</i>	0,00	1,22	5,19	1,97
	<i>Eleocharis albibracteata</i>	0,00	0,47	0,00	0,14
	<i>Festuca dolichophylla</i>	16,51	26,12	42,18	50,01
	<i>Geranium sessiliflorum</i>	0,68	0,74	0,47	5,62
	<i>Gnaphalium multiceps</i>	0,26	0,00	0,00	0,00
	<i>Hidrocotyle banariensis</i>	0,00	0,18	3,50	0,00
	<i>Plántago rígida</i>	0,00	1,44	2,77	5,34
	<i>Hipochaeris stenocephala</i>	6,45	0,00	0,00	0,00
	<i>Ranunculos breviscapus</i>	0,00	0,28	0,00	2,91
<i>Stipa ichu</i>	0,00	1,30	6,25	0,89	
<i>Stipa brachipylla</i>	41,41	0,00	0,00	0,00	
<i>Trifolium amabile</i>	1,13	0,05	0,00	0,33	
<i>Otros</i>	1,76	1,26	1,09	2,53	

En la composición florística del CIP Chuquibambilla, en época de lluvia las especies que predominan corresponden a *Festuca dolichophylla* (56,09 %) y *Muhlenbergia fastigiata* (21,31 %), en época intermedio lluvia-secano predominan *Festuca dolichophylla* (49,48 %), *Muhlenbergia fastigiata* (21,81 %) y *Calamagrostis rigescens* (20,36 %), en época de seca predominan *Festuca dolichophylla* (39,01 %) y *Calamagrostis vicunarum* (38,75 %) y en época intermedio secano-lluvias predominan *Festuca dolichophylla* (63,07 %) y *Muhlenbergia fastigiata* (15,02 %); en el CIP La Raya, en época de lluvia las especies que predominan corresponden a *Stipa brachiplylla* (41,41 %), *Festuca dolichophylla* (16,51 %) y *Calamagrostis vicunarum* (12,86 %), en época intermedio lluvia-secano predominan *Calamagrostis vicunarum* (39,73 %) y *Festuca dolichophylla* (26,12 %), en época seca predominan *Festuca dolichophylla* (42,18 %) y *Calamagrostis vicunarum* (20,64 %) y en época intermedio secano-lluvia predominan *Festuca dolichophylla* (50,01 %) y *Calamagrostis vicunarum* (21,31 %).

Los resultados son similares a las descripciones de la composición botánica referida por Olarte *et al.* (2013) quienes señalan que el medio utilizado para el pastoreo de las alpacas son las praderas naturales con características propias para cada medio ecológico, teniendo en común temperaturas que varían de 10°C hasta -25°C, con presencia de fuertes vientos en la época de seca, las diferencias estuvieron enmarcados en la fuente y disponibilidad de agua y por la diversidad de especies vegetales en cada medio ecológico, las especies que predominan y consumidas por las alpacas puna seca, y cuya cobertura vegetal estuvo constituida en su mayoría por especies de gramíneas y graminoides, cuya composición botánica constituida por: *Gramíneae*: *Festuca dolichophylla* (Ch'illiwa), *Bromus catarticus* (Soqlla), *Stipa brachiplylla* (Grama ichu), *Calamagrostis vicunarum* (Ñapha pasto), *Calamagrostis cúrvula*, *Nassella pubiflora* (pasto plumilla); *Rosaceae*: *Alchemilla pinnata* (Sillu sillu); *Cyperaceae*: *Carex sp*, *Scirpus rigidus*; *Compositae*: *Hipchoeris taraxacoides* (Pilly), y la única leguminosa *Trifolium amabile* (Layo); en puna húmeda gramíneas, los resultados de la composición botánica fueron: *Gramineae*: *Calamagrostis vicunarum* (Ñapha pasto), *Festuca dolichophylla* (Ch'illiwa), *Muhlenbergia fastigiata* (Chíji), *Calamagrostis heterophylla*, *Calamagrostis curvula*, *Festuca ortophylla*, *Poa sp* (Q'achu), *Stipa brachiplylla* (Grama ichu), *Stipa ichu* (Siqua ichu), *Poa sp*; *Juncaceae*: *Distichia muscoides* (khukuna); *Compositae*: *Hipchoeris taraxacoides* (Pilly), *Gnaphalium capitatum* (Wira wira), *Werneria sp.*; *Rosaceae*: *Alchemilla pinnata* (Sillu sillu); *Cyperaceae*: *Eleocharis albibracteata* (Q'emillo);

*Platafinaceae: Plántago montícola* (sakarara); *Geraniaceae: Geranium sessiliflorum* (Ojotilla).

El comportamiento productivo de las praderas es dinámico, se encuentra en constante cambio respecto a su potencial productivo; por lo tanto, la composición florística es diversa, tal como refiere IICAT (2015) quienes al determinar el valor nutricional de la pradera nativa en Bolivia, observaron especies nativas identificadas en el sitio vegetativo pampa (35), bofedal (11), ladera (18) y cerro (33) especies, respectivamente. La vegetación fue diferente en los sitios evaluados, pampa, bofedal, ladera, y cerro, los porcentajes de cobertura predominada en el sitio vegetativo pampa por *Parastrephia lepidophylla*, *Agrotis telucenses* y *Festuca dolichophylla*, en el sitio vegetativo bofedal, *Alchemilla pinnata*, *Trifolium pratensis*, *Deyeuxia*, en el sitio vegetativo ladera por *Aciachne acicularis*, *Festuca dolichophylla*, *Poa annua* y en el sitio vegetativo cerro, *Bacharis Incarum*, *Festuca orthophylla* y *Agrotis telucenses*. La composición florística es diversa, la diferencia entre la dominancia y variabilidad de la composición florística de 51 especies forrajeras nativas identificadas varía en función a altitud, posesión topográfica clima (temperatura, humedad), suelo y la presión de pastoreo de diferentes especies animales.

Las variaciones por épocas se debe principalmente a la rotación de los campos de pastoreo de las alpacas en los dos medios ecológicos y son diferentes a los reportado por Gutiérrez y Castañeda (2014) para el distrito de Lircay en Huancavelica quienes identificaron un total de 46 especies y una subespecie de la familia Poaceae agrupadas en 21 géneros, 11 tribus y 6 subfamilias. El género *Calamagrostis* es el más diverso con 9 especies, seguido por *Poa* con 5 especies. Asimismo, *Aciachne acicularis* “paccupaccu”, *Arundo donax* “carrizo”, *Cortaderia hieronymi* y *Ortachne erectifolia* “iruichu” constituyen nuevos registros para la región Huancavelica.

La predominancia de especies son similares a los estudios de la biodiversidad in situ en los ecosistemas de páramo ecuatoriano realizados por Fiallos-Ortega (2014), las gramíneas identificadas fueron de 90 especies, comprendidas en 37 géneros, siendo los principales y con mayor número: festuca (14), Paspalum (10), Agrostis (7), Calamagrostis (7), Bromus (6), Stipa (5), Poa (5).

La composición de bofedales son similares la composición botánica en Chile (4930 msnm) reportada por Castellaro (1998) las principales asociaciones vegetales encontradas

corresponden a *Oxicholoe andina* - *Festuca nardifolia*; *Distichia muscoides* - *Oxicholoe andina* - *Juncus sp*; *Festuca nardifolia* - *Carex incurva*-*Oxicholoe andina* - *Werneria pygmaea*.

#### 4.2.2. Composición química proximal

##### 4.2.2.1. Porcentaje de materia seca

##### Efecto del medio ecológico

En la Tabla 12, se muestra el porcentaje de materia seca de los pastos naturales en dos condiciones ecológica (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya).

**Tabla 12.** Efecto de la condición ecológica en el porcentaje de materia seca de los pastos naturales

Condición ecológica	n	Porcentaje de	Valores extremos	
		M. S.	Mínimo	Máximo
<b>CIP Chuquibambilla</b>	40	74,15 <sup>a</sup>	21,63	88,08
<b>CIP La Raya</b>	40	53,76 <sup>b</sup>	43,79	95,13
<b>Total</b>	<b>80</b>	<b>63,95</b>	<b>21,63</b>	<b>95,13</b>

El porcentaje de materia seca fue de 63,95 %, el mayor porcentaje de materia seca corresponde al medio ecológico de Chuquibambilla (74,15 %) respecto al CIP La Raya (53,76), al análisis estadístico existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P \leq 0,05$ ), mostrando el efecto de la condición ecológica en el porcentaje de materia seca.

Los resultados son superiores a los reportes de Olarte *et al.* (2013) quienes al determinar la calidad nutritiva de los pastos disponibles para la alimentación de la alpaca en condiciones de pastos naturales, establecieron un porcentaje de materia seca de 59,03 %, en puna húmeda de  $57,61 \pm 17,55$  % y en puna seca de  $60,45 \pm 33,87$  %, con diferencia estadística ( $P \leq 0,05$ ); probablemente el mayor rendimiento de MS del estudio que haya influenciado es posiblemente el sistema de pastoreo utilizado, en este caso se aplica la rotación de canchas y este tiene efecto en la recuperación rápida de los pastizales o las precipitaciones pluviales que varían entre años.



Los resultados son similares a los reportados por Benites y Sanjinez (1995) quienes indican que la materia seca varía de 57 % (abril) a 96 % (agosto), siendo la media de 76,44 %, considerando que la composición botánica de los pastos es diferentes a la pradera alto andina.

### Efecto de la época del año

En la Tabla 13, se muestra el porcentaje de materia seca de los pastos naturales según épocas del año (lluvias, intermedio lluvia-secano, seco e intermedio seco lluvias).

**Tabla 13.** Efecto de las épocas del año en el porcentaje de materia seca de los pastos naturales

Épocas del año	Condición ecológica		Total (%)
	CIP Chuquibambilla (%)	CIP La Raya (%)	
<b>Lluvia</b>	52,29	33,58	<b>42,94<sup>d</sup></b>
<b>Inter. lluvia-secano</b>	64,92	48,62	<b>56,77<sup>c</sup></b>
<b>Secano</b>	93,53	70,78	<b>82,15<sup>a</sup></b>
<b>Inter. seco-lluvia</b>	85,87	62,05	<b>73,96<sup>b</sup></b>

El mayor porcentaje corresponde a la época seco (82,15 %), seguidos de época intermedio seco lluvia (73,96 %), intermedio lluvia seco (56,77 %) y el menor porcentaje a época de lluvia (42,94 %); al análisis estadístico existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P \leq 0,05$ ), mostrando el efecto de las épocas en el porcentaje de materia seca.

Los resultados son superiores, pero similares en variación respecto a efecto época a los reportados por Olarte *et al.* (2013) quienes al determinar la calidad nutritiva de los pastos disponibles para la alimentación de la alpaca en condiciones de pastos naturales, estableció un porcentaje de materia seca en época de lluvias de  $36,21 \pm 9,54$  % y en época de seco de  $81,85 \pm 12,38$  %, con diferencia estadística entre épocas ( $P \leq 0,05$ ). Es evidente que el porcentaje de materia seca en las etapas morfológicas vegetativa progresivas se

incremento tal como refieren Peiretti y Gai (2006), en la especie *Galega officinalis* L. durante el primer ciclo de crecimiento y en el rebrote, la materia seca (MS) se incrementó durante la maduración.

Los resultados son similares a los reportados por Benites y Sanjinez (1995) quienes reportan para el mes de abril 57 %, mayo 74 %, Junio 94 %, julio 96 % y agosto 96 %, considerando que la mayor proporción de MS corresponde a época seca (Julio-agosto) aclarando que composición botánica de los pastos es diferentes a la pradera alto andina; en general existe una gran estacionalidad del crecimiento en estas praderas, lo que refleja en la disponibilidad de MS por efecto época tal como refiere Castellaro (1998), similares a estudios realizados por Reyes *et al.* (2009) en genotipos de *Brachiaria humidicola* en época seca del año, la concentración de proteína tiene una relación inversa con la producción de materia seca, razón por la cual se observó una disminución en la concentración de proteína en los cortes con mayor producción de materia seca, explicada esta disminución por un decremento de la proporción de hojas en la biomasa aérea total de la planta.

La precipitación pluvial está muy relacionada a la diferencias de la composición botánica y porcentaje de materia seca de los pastos en ambas zonas ecológicas de manera que los bofedales de la zona húmeda mantienen cierta similitud en su composición botánica en ambas épocas (lluvia-seca), las praderas naturales de ambos medios ecológicos esta constituidas por bofedales y pajonales que forman parte de un ecosistema frágil por que se desarrollan entre los 4 000 a 5 000 msnm y están sometidas a condiciones climáticas muy rigurosas, con un extenso periodo de seca, bajas temperaturas e intensa radiación solar, por tanto su producción estará limitada por estos factores tal como mencionan Olarte *et al.* (2013)

#### **4.2.2.2. Porcentaje de materia orgánica**

##### **Efecto del medio ecológico**

En la Tabla 14, se muestra el porcentaje de materia orgánica de los pastos naturales en dos condiciones ecológica (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya).

**Tabla 14.** Efecto de la condición ecológica en el porcentaje de materia orgánica de los pastos naturales

Condición ecológica	n	Porcentaje de	Valores extremos	
		M. O.	Mínimo	Máximo
<b>CIP Chuquibambilla</b>	40	66,09 <sup>a</sup>	35,19	87,28
<b>CIP La Raya</b>	40	45,70 <sup>b</sup>	13,03	80,27
<b>Total</b>	<b>80</b>	<b>55,90</b>	<b>13,03</b>	<b>87,28</b>

El porcentaje de materia orgánica fue de 55,90 %, el mayor porcentaje corresponde al medio ecológico de Chuquibambilla (66,09 %) respecto al CIP La Raya (45,70 %), al análisis estadístico existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P \leq 0,05$ ), mostrando el efecto de la condición ecológica en el porcentaje de materia orgánica.

Los resultados son similares a los reportes de Olarte *et al.* (2013) quienes al determinar la calidad nutritiva de los pastos disponibles para la alimentación de alpacas, establecieron un porcentaje de materia orgánica de 52,85 %, en puna húmeda de  $51,73 \pm 19,19$  % y en puna seca de  $53,96 \pm 35,17$  %, con diferencia estadística ( $P \leq 0,05$ ); probablemente el mayor rendimiento de materia orgánica del estudio haya sido influenciada por el sistema de pastoreo utilizado, en este caso se aplica la rotación de canchas y este tiene efecto en la recuperación rápida de los pastizales. Es evidente que el porcentaje de materia orgánica en las etapas morfológicas vegetativa progresivas se incrementa tal como refieren Peiretti y Gai (2006), en la especie *Galega officinalis L.* durante el primer ciclo de crecimiento y en el rebrote, la materia orgánica (MO) aumentaron durante la maduración.

#### **Efecto de la época del año**

En la Tabla 15, se muestra el porcentaje de materia seca de los pastos naturales según épocas del año (lluvias de enero a marzo, intermedio lluvia-secano de abril a junio, secano de julio a setiembre e intermedio secano lluvias de octubre a diciembre).

**Tabla 15.** Efecto de las épocas del año en el porcentaje de materia orgánica de los pastos naturales

Épocas del año	Condición ecológica		Total (%)
	CIP Chuquibambilla (%)	CIP La Raya (%)	
<b>Lluvia</b>	43,69	24,98	<b>34,34<sup>d</sup></b>
<b>Inter. lluvia-secano</b>	56,95	40,65	<b>48,80<sup>c</sup></b>
<b>Secano</b>	85,67	62,93	<b>74,30<sup>a</sup></b>
<b>Inter. secano-lluvia</b>	78,06	54,24	<b>66,15<sup>b</sup></b>

El mayor porcentaje de materia orgánica corresponde a la época seca (74,30 %), seguidos de época intermedio secano-lluvia (66,15 %), intermedio lluvia secano (48,80 %) y el menor porcentaje a época de lluvia (34,34 %); al análisis estadístico existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P \leq 0,05$ ), mostrando el efecto de las épocas en el porcentaje de materia orgánica.

Los resultados son similares respecto a efecto época a los reportes de Olarte *et al.* (2013) quienes al determinar la calidad nutritiva de los pastos disponibles para la alimentación de la alpaca en condiciones de pastos naturales establecieron un porcentaje de materia orgánica en época de lluvias de  $28,50 \pm 9,68$  % y en época de seca de  $77,08 \pm 13,08$  %, con diferencia estadística entre épocas ( $P \leq 0,05$ ). Es evidente que el porcentaje de materia orgánica en las etapas morfológicas vegetativa progresivas se incrementa tal como refieren Peiretti y Gai (2006), en la especie *Galega officinalis L.* durante el primer ciclo de crecimiento y en el rebrote, la materia orgánica (MO) aumentaron durante la maduración; sobre el particular existe una gran estacionalidad del crecimiento en estas praderas, lo que refleja una variación en el % MO por épocas tal como refiere Castellaro (1998).

La precipitación pluvial está muy relacionada a la diferencias de la composición botánica y porcentaje de materia orgánica de manera que los bofedales de la zona húmeda mantienen cierta similitud en su composición botánica en ambas épocas (lluvia-seca), las

praderas naturales de ambos medios ecológicos esta constituidas por bofedales y pajonales que forman parte de un ecosistema frágil y están sometidas a condiciones climáticas muy rigurosas, con un extenso periodo de seca, bajas temperaturas e intensa radiación solar, por tanto su producción estará limitada por estos factores tal como refieren Olarte *et al.* (2013)

#### 4.2.2.3. Porcentaje de proteína cruda

##### Efecto del medio ecológico

En la Tabla 16, se muestra el porcentaje de proteína cruda de los pastos naturales en dos condiciones ecológica (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya).

**Tabla 16.** Efecto de la condición ecológica en el porcentaje de proteína cruda de los pastos naturales

Condición ecológica	n	Porcentaje de	Valores extremos	
		P. C.	Mínimo	Máximo
<b>CIP Chuquibambilla</b>	12	8,74 <sup>a</sup>	5,98	12,44
<b>CIP La Raya</b>	12	8,28 <sup>a</sup>	6,20	10,73
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>8,51</b>	<b>5,98</b>	<b>12,44</b>

El porcentaje de proteína cruda fue de 8,51 %, según condición ecológica fue de 8,74 % y 8,28 % en el CIP Chuquibambilla y La Raya, respectivamente; al análisis estadístico no existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P > 0,05$ ).

Los resultados son similares a los reportes de Olarte *et al.* (2013) quienes al determinar la calidad nutritiva de los pastos disponibles para la alimentación de la alpaca en condiciones de pastos naturales, establecieron un porcentaje de proteína cruda en puna húmeda de  $7,38 \pm 1,68$  % y en puna seca de  $6,93 \pm 2,36$  %, sin diferencia estadística ( $P > 0,05$ ), similares también a los reportes de Bruno (1977) quien afirma que el contenido porcentual de proteína bruta de la mayoría de las especies gramíneas nativas están por debajo del 6 %, con excepción de *Eleocharis albibracteata* (7,8 %), *Distichlis humilis* (7,3 %) y *Alchemilla pinnata* (6 %) en época seca y en época de lluvias todas las especies de pastos nativos incrementan sus contenidos de proteína bruta hasta un límite aceptable

y superior a 7,2 %; el porcentaje de proteínas del estudio está dentro de los valores de 6,8 % a 11,5 % reportados por Castellaro (1998) y por Condori (2017) en cinco regiones del altiplano, en la caracterización bromatológica de muestras de especies nativas (pastos y arbustos) *D. muscoides* presento 12,6 %, *A. pinnata* 15,3 %, *F. orthophylla* 6,2 % y *S. Ichu* 2,6 % de proteína bruta.

Los resultados son ligeramente superiores al reporte de Mata (1989) quien refiere que el contenido de proteína cruda de seis especie analizadas oscilaron entre 4,7 % y 7,0 %, estas diferencias probablemente se debe a la especies de hierbas ya que el contenido de proteína cruda es influenciado por las especies de pastos tal como mencionan Safari *et al.* (2011).

Sobre el particular, son inferiores a los reportes de IICAT (2015) quienes al determinar el valor nutricional de la pradera nativa en Bolivia, identificaron treinta y cinco especies forrajeras nativas en sitios vegetativos de pampa, bofedal, ladera y cerro; estableciendo que la concentración máxima de proteína cruda se ha encontrado en el pastizal *Urtica flbellata* con el 25,77 % seguido por *Bromus catharticus* con 19,95 % y *Trifolium pratensis* con 19,44 % y la más baja fue en el pastizal *Festuca orthophylla* con 3,89 %.

La concentración de proteína cruda está estrictamente relacionada con la edad de crecimiento de los pastos tal como refiere Mainerz *et al.* (2011) confirmando la reducción del porcentaje de proteína bruta conforme avanza el desarrollo de las plantas forrajeras; las especies más destacadas en producción de forraje en los ecosistemas de páramo ecuatoriano (2 550 y los 4 400 msnm) reportada por Fiallos-Ortega (2014) fueron *Euchlaena mexicana*, *Arrhenatherum elatius*, *Arrhenatherum pratense* y *Stipa plumeris* y los valores de proteína bruta varía entre 10,2 % y 11,6 % superiores al presente estudio.

La conformación del rebaño es un factor importante que puede hacer variar la disponibilidad de nutrientes, de manera que en las condiciones naturales la crianza extensiva en rebaños son mixtos, en el CIP Chuquibambilla, el rebaño estuvo conformado por ovinos y alpacas por lo tanto los hábitos de consumo entre ambas especies son similares, en consecuencia la competencia alimenticia es eminente, que a la larga puede conducir a la desaparición de especies con mayor valor nutritivo, y con la disminución de la disponibilidad de proteína cruda elemento importante para la producción de carne y fibra, igualmente en el CIP La Raya el rebaño estuvo conformado por alpacas y Llamas, con un hábito de consumo diferente, las alpacas consumen especies de pastos de bajo

crecimiento y suculentas como son los gramíneos, en cambio las llamas consumen gramíneas altas, este comportamiento en el consumo de alimentos le proporciona mejores condiciones de nutrición a las alpacas de la zona la puna húmeda tal como refiere Olarte *et al.* (2013).

### Efecto de la época del año

En la Tabla 17, se muestra el porcentaje de proteína cruda de los pastos naturales según épocas del año lluvias (enero a marzo) intermedio lluvia-secano (abril a junio) seco (julio a setiembre) e intermedio seco lluvias (octubre a diciembre).

**Tabla 17.** Efecto de las épocas del año en el porcentaje de proteína cruda de los pastos naturales

Épocas del año	Condición ecológica		Total (%)
	CIP Chuquibambilla (%)	CIP La Raya (%)	
<b>Lluvia</b>	11,69	10,56	<b>11,13<sup>a</sup></b>
<b>Inter. lluvia-secano</b>	8,52	8,17	<b>8,34<sup>b</sup></b>
<b>Secano</b>	6,51	6,28	<b>6,39<sup>c</sup></b>
<b>Inter. seco-lluvia</b>	8,22	8,11	<b>8,17<sup>b</sup></b>

El porcentaje de proteína cruda fue mayor en época de lluvias (11,13 %), similares en época intermedio lluvia seco e intermedio seco lluvia y menor en época seco, al análisis estadístico existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P \leq 0,05$ ), mostrando el efecto de las épocas en el porcentaje de proteína cruda.

Los resultados son similares a los reportes de Olarte *et al.* (2013) quienes al determinar la calidad nutritiva de los pastos disponibles para la alimentación de la alpaca en condiciones de pastos naturales, estableció un porcentaje de proteína cruda en época de lluvias de  $8,87 \pm 1,19$  % y en época de seca de  $5,44 \pm 0,59$  %, con diferencia estadística entre épocas ( $P \leq 0,05$ ); en genotipos de *Brachiaria humidicola* en época seca del año, la concentración de proteína tiene una relación inversa con la producción de materia seca,

razón por la cual se observa una disminución en la concentración de proteína en los cortes con mayor producción de materia seca, explicada esta disminución por un decremento de la proporción de hojas en la biomasa aérea total de la planta tal como refiere Reyes *et al.* (2009), situación similar dada en pasturas alto andinas.

Así mismo, son similares a los reportes de Bruno (1977) quien refiere que en época seca el contenido porcentual de proteína bruta de la mayoría de las especies de gramíneas nativas están por debajo del 6 % y en la época de lluvias, todas las especies de pastos nativos incrementan sus contenidos de proteína bruta hasta un límite aceptable y superior a 7,2 %, entre las especies que destacan por su mayor contenido de proteína son el *Trifolium amabile* (16,49 %), *Bromus uniloides* (11,48 %), *alchemilla pinnata* (10,80 %), *Festuca dolichophylla* (10,64 %), *Eleocharis albibracteata* (10,50 %), *Muhlenbergia fastigiata* (9,85 %), *Carex ecuadórica* y *Distichli shumilis* (8,74 %) y todas las especies de pastos resultaron deficientes en energía en la época de seca y regular para la época de lluvia, excepto para la especie *Stipa ichu* que continua pobre.

Sobre el particular, los resultados son similares a los reportes de Castellaro (1998) en evaluaciones realizadas en Chile (4 980 msnm) el porcentaje de proteínas vario de 6,8 % a 11,5 % los menores valores fueron en época seca - invernal y los más altos valores corresponden al periodo lluvioso – estival; es probable que estas diferencias radiquen en los cambios de composición botánica que se produce entre épocas, además de los cambios en la fenología y el contenido de tejido vivo de las especies; durante el verano aumentaron las especies denominadas hierbas, las que presentaron en general un mayor tenor proteico que las gramíneas y pseudogramíneas, por lo tanto en general existe una gran estacionalidad del crecimiento en estas praderas.

Uno de los nutrientes importantes del análisis químico proximal de los pastos naturales fue la proteína cruda, la misma que varía de acuerdo a la época del año; sobre el particular Mata (1989) señala que en época de lluvias sobre pasa el nivel del 7 % necesario para cubrir los requerimientos de bovinos en pastoreo y en la época seca se mantiene por debajo de este valor; así mismo, en pastizales nativos la proporción de proteína cruda varía con la proporción de hoja en las plantas en época húmeda, en época seca las plantas reducen su valor nutricional por madurez fisiológica gran parte de ellos y los rebrotes por el efecto de la helada, por tanto el contenido de proteína es menor tal como refiere IICAT (2015). Según San Martín (1999), los requerimientos nutritivos para una llama adulto



sonde 7,5 % de PC, comparados los resultados del presente estudio los pastizales alto andinos se encuentran superiores a los requerimientos de proteína cruda.

Por otra parte el porcentaje de proteína bruta también varía con el desarrollo de las plantas tal como mencionan Peiretti and Gai (2006) al estudiar la especie *Gallega officinalis* en sus tres estadios de desarrollo (brote, florecencia y rebrote) en la cual durante el periodo de maduración disminuye en cuanto la calidad nutritiva del forraje, por su parte Mainertz *et al.* (2011) hace referencia que los niveles de proteínas son similares entre el primer y segundo corte con niveles superiores al 20 %, que luego declinan en el tercer corte, esto confirma la reducción del porcentaje de proteína bruta conforme avanza el desarrollo de las plantas forrajeras nativas.

Así mismo, los cambios estacionales en la calidad del forraje, provoca cambios de la preferencia de la dieta durante el tiempo dedicado al pastoreo de cabras, este cambio de la preferencia de la dieta subraya la importancia de la diversidad de las plantas en las praderas, para el mantenimiento del césped especialmente en la estación de seca tal como señalan Safari *et al.* (2011).

Los resultados del efecto de la época del año en la calidad nutritiva de los pastos naturales son similares a los reportes de Mayouf and Arbouche (2015) en la región árida de Argelia, los arbustos dominantes (*Haloxylon schmittianum*, *Anabasis articulata* y *Astragalus armatus*) difirieron significativamente en su composición de nutrientes en ambas temporadas, la proteína bruta difirió significativamente entre las especies y entre las estaciones; el contenido de proteína cruda de las especies de hojarasca fue mayor en la estación húmeda comparada con la estación seca; las variaciones son similares a estudios de los efectos de la estación y el estado nutricional del suelo sobre la proteína bruta (CP) de la pastura nativa en las áreas de Vertisol de las tierras altas de Etiopía Central por Gizachew y Smit (2012) se observaron diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) de las concentraciones de CP entre las especies forrajeras, las concentraciones medias de CP de forraje de pasto fueron mayores ( $P < 0,01$ ) durante el periodo húmedo (5,97 %) que durante la estación seca (3,18 %).

Los resultados son similares en variación por épocas a los reportados por Abebe *et al.* (2012), en Etiopía meridional, donde se analizaron muestras de arbustos y pastos durante las estaciones cálido-seca y lluviosa; el contenido de proteína cruda (CP) en los arbustos (5,6 %) y pastos (7,8 %) fue mayor en la época de lluvia y similares a los resultados de

la calidad de los pastos reportados por Yayneshet *et al.* (2009) en la región árida de Argelia, la proteína bruta (CP) difirió significativamente entre las especies y entre las estaciones; el contenido de proteína cruda (PP) de las especies de hojarasca fue mayor en la estación húmeda comparado con la estación seca.

#### 4.2.2.4. Porcentaje de fibra detergente neutro

##### Efecto del medio ecológico

En la Tabla 18, se muestra el porcentaje de fibra detergente neutro en los pastos naturales de dos condiciones ecológicas (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya).

**Tabla 18.** Efecto de la condición ecológica en el porcentaje de fibra detergente neutro de los pastos naturales

Condición ecológica	n	Porcentaje de Fibra detergente neutro	Valores extremos	
			Mínimo	Máximo
<b>CIP Chuquibambilla</b>	12	59,20 <sup>a</sup>	53,25	69,23
<b>CIP La Raya</b>	12	55,26 <sup>b</sup>	51,48	59,60
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>57,23</b>	<b>51,48</b>	<b>69,23</b>

El porcentaje de fibra detergente neutro fue de 57,23 %, según condición ecología fue mayor en el CIP Chuquibambilla (59,20 %), respecto al CIP La Raya (55,26 %), respectivamente, al análisis estadístico existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P \leq 0,05$ ), mostrando el efecto de la condición ecológica en el porcentaje de fibra detergente neutro.

Los resultados están dentro de los valores reportados por Olarte *et al.* (2013) quienes al determinar la calidad nutritiva de los pastos naturales disponibles para la alimentación de alpacas en puna húmeda y seca, determinaron un porcentaje de fibra detergente neutro de 61,43 %; en puna húmeda de  $61,01 \pm 4,18$  % y en puna seca de  $61,85 \pm 5,03$  %, sin diferencia estadística ( $P > 0,05$ ).

Sobre el particular, al determinar la composición química de la pradera nativa en Bolivia por IICAT (2015) establecieron que el porcentaje de fibra máxima se ha encontrado en el

pastizal *Chenopodium pallidicaule* (92,84 %) seguido por *Astragalus arequipenses* (59,11 %) y *Parastrephia lepidophylla* (51,52 %) y la más baja en el pastizal *Plántago orbignyana* (13,82 %), por lo tanto varía ampliamente entre especies, las que determinarían las diferencias entre medios ecológicos.

Los resultados del estudio están dentro de los valores reportados por Condori (2017) en cinco regiones del altiplano, la especie *D. muscoides* presentó 50,7 %; *A. pinnata* 51,1 %; *F. orthophylla* 90,6 % y *S. Ichu* 86,4 % de fibra detergente neutro; pero son inferiores a los estudios llevados a cabo en Tigray en el norte de Etiopía por Yayneshet *et al.* (2009), el valor de fibra detergente neutro de las especies de hierba estuvieron generalmente por encima de 70,00 %, estas diferencias se deben a que la fibra en detergente neutro (NDF) varía significativamente entre las especies tal como afirma Mayouf and Arbouche (2015) y las condiciones ecológicas propias de los altos andes.

La fibra es un componente esencial y es uno de los principales elementos de la dieta, están más relacionados con carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y pectina), su cantidad puede estimular o inhibir la ingesta de alimentos por los rumiantes. La fibra estimula la masticación, sirve como sustrato para microorganismos, contribuye al mantenimiento de los estándares fermentativos y la estabilidad ambiental del rumen. Así, la fibra en la dieta de los rumiantes cuando no está disponible en cantidad y calidad los animales puede comprometer el desempeño e interferir en las características de los productos finales, además de causar alteraciones en el metabolismo energético de los animales tal como refieren Rodrigues *et al.* (2016)

El contenido de fibra detergente neutro afecta el consumo de alimento en alpacas tal como señala Paredes *et al.* (2014), debido a que el alimento de los CSA es mayoritariamente de baja calidad; la concentración de fibra detergente neutro es el factor que regula predominantemente el consumo ya que afecta el llenado del estómago, el tiempo de pasaje del alimento y la digestibilidad de materia seca tal como reporta Mertens (2002).

### **Efecto de la época del año**

En la Tabla 19, se muestra el porcentaje de fibra detergente neutro de los pastos naturales según épocas del año, lluvias, intermedio lluvia-secano, secano e intermedio secano lluvias.

**Tabla 19.** Efecto de las épocas del año en el porcentaje fibra detergente neutro de los pastos naturales

Épocas del año	Condición ecológica		Total (%)
	CIP Chuquibambilla (%)	CIP La Raya (%)	
<b>Lluvia</b>	54,43	53,05	<b>53,74<sup>c</sup></b>
<b>Inter. lluvia-secano</b>	55,19	54,10	<b>54,64<sup>c</sup></b>
<b>Secano</b>	61,16	54,70	<b>57,93<sup>b</sup></b>
<b>Inter. secano-lluvia</b>	66,00	59,20	<b>62,60<sup>a</sup></b>

El mayor porcentaje de fibra detergente neutro corresponde a la época intermedio secano lluvia (62,60 %), seguido de la época secano (57,93 %), y similares en época de Intermedio lluvia secano (54,64 %) y Lluvia (53,74 %); al análisis estadístico existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P \leq 0,05$ ), mostrando el efecto de las épocas en el porcentaje de fibra detergente neutro.

Los resultados son similares a los reportados por Olarte *et al.* (2013) quienes al determinar la calidad nutritiva de los pastos naturales disponibles para la alimentación de alpacas en condiciones de puna húmeda y seca, establecieron un porcentaje de fibra detergente neutro en época de lluvias de  $57,97 \pm 2,60$  % y en época de seca de  $64,88 \pm 3,03$  %, con diferencia estadística entre épocas ( $P \leq 0,05$ ). Así mismo, Wilkinson *et al.* (2014) en muestras de hierba pre-pastoreo analizadas por espectroscopia de infrarrojo, mostraron que la fibra detergente neutra tienden a aumentar entre los meses de marzo y octubre, similares al presente estudio.

Como también, son similares respecto al efecto época pero mayores en proporción a los reportados por Abebe *et al.* (2012) en Etiopía meridional, el contenido de fibra detergente neutro (NDF) fue mayor en la época seca y fluctuó de 72,8 a 74,9 % en época seca y de 67,3 a 70,9 % en la época de lluvia, evidenciando mayores proporciones por las especies arbustivas analizadas.

Sobre el particular Mayouf and Arbouche (2015) al determinar la calidad de los pastos en la región árida de Argelia, la fibra en detergente neutro (NDF) difirió significativamente entre las especies y entre las estaciones; los valores de NDF oscilaron entre 41,7 % en *H. schmittianum* y 44,6 % en *A. armatus* durante la estación húmeda mientras que para la estación seca, los valores oscilaron entre 42,9 % y 49,1 % en *H. schmittianum* y *A. armatus*, respectivamente, valores inferiores al presente estudio por las diferencias existentes entre especies y las condiciones ambientales diferentes en los altos andes.

Así mismo, Peiretti and Gai (2006) refieren un incremento de fibra detergente neutro durante la maduración, coincidente con la época de seca, reportan valores inferiores que se deben a las condiciones de altitud y humedad de las praderas de los altos andes en la que se realizó la investigación. Evidentemente conforme maduran los pastizales contienen más tallos y menos hojas lo que hace que disminuya el valor nutritivo, además que aumenta los niveles de fibra detergente neutro tal como refieren Mainerz *et al.* (2011).

Resultados similares fueron reportados en avena negra por Mainerz *et al.* (2011) estas presentan niveles bajos de fibra detergente neutro, en el primer corte (53,11 %), segundo corte (55,45 %) y mayor en el tercer corte (58,57 %), así como en el trigo, en el primer corte fue menor (52,99 %), segundo corte (60,83%) y mayor en el tercer corte (66,90 %); es hecho se explica porque al inicio del crecimiento, cuando entran en el estadio meristemático de crecimiento, las porciones de la caña situadas en la parte superior presentan valor semejante a las hojas conforme avanza el crecimiento de la planta aumenta el contenido de la pared celular, y en virtud a ello la disminución del valor nutritivo en el estrato inferior de la planta con mayores proporciones en el tallo.

Las investigaciones realizadas sobre dietas con diferentes niveles de fibra detergente neutro (NDF) como los realizados por Ruiz *et al.* (1995), Wang *et al.* (2001), Branco *et al.* (2011) determinaron que el consumo de niveles elevados de NDF originado del forraje disminuye el consumo de materia seca, materia orgánica, proteína y extracto etéreo, el mismo que hace que disminuya la producción y rendimiento.

#### **4.2.2.5. Porcentaje de extracto etéreo**

##### **Efecto del medio ecológico**

En la Tabla 20, se muestra el porcentaje de extracto etéreo en los pastos naturales de dos condiciones ecológicas (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya).

**Tabla 20.** Efecto de la condición ecológica en el porcentaje de extracto etéreo de los pastos naturales

Condición ecológica	n	Porcentaje de	Valores extremos	
		Extracto etéreo	Mínimo	Máximo
<b>CIP Chuquibambilla</b>	12	4,48 <sup>a</sup>	2,82	5,80
<b>CIP La Raya</b>	12	4,13 <sup>b</sup>	3,16	4,96
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>4,30</b>	<b>2,82</b>	<b>5,80</b>

El porcentaje de extracto etéreo fue de 4,30 %, el mayor porcentaje de extracto etéreo corresponde al medio ecológico del CIP Chuquibambilla (4,48 %) respecto al CIP La Raya (4,13 %), al análisis estadístico existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P \leq 0,05$ ), mostrando el efecto de la condición ecológica en el porcentaje de grasa.

Los resultados son similares a los reportados por Bruno (1977) quien afirma que el contenido porcentual de grasa en la composición química de pastos naturales consumidos por alpacas corresponden a *Alchemilla pinnata* (3,40 %), *Calamagrostis vicunarum* (2,60 %), *Festuca dolichophylla* (2,10 %), *Mulembergia fastigiata* (2,80 %), *Poa annua* (4,40 %) y *Stipa ichu* (1,30 %); como también, son similares a los reportes de IICAT (2015) al determinar la composición química de la pradera nativa en Bolivia establecen que el porcentaje de grasa más alta fue en *Urtica flabellata* con 4,6 %, seguida de *Hipochoeris meyeniana* con 3,96 % y *Deyeuxia* con 3,77 % y la más baja corresponde a *Tetraglochin cristatum* con 0,18 %, las diferencias entre medios ecológicos se deben probablemente a las diferencias en la composición florística de los pastizales.

Sin embargo, son inferiores a los reportes de Olarte *et al.* (2013) quienes al determinaron la calidad nutritiva de los pastos de puna seca y húmeda, disponibles para la alimentación de la alpaca en condiciones de pastos naturales, establecieron un porcentaje de extracto etéreo de 6,59%, siendo mayor en puna húmeda (6,83 %) respecto a puna Seca (6,35 %). Los resultados son superiores a los referidos por Condori (2017) en cinco regiones del altiplano donde se realizó la caracterización bromatológica de *D. muscoides* con 2,7 %, *A. pinnata* 3,4 % *F. orthophylla* 2,0 % y *S. ichu* 1,6 % de extracto etéreo.

La composición de la grasa cruda (extracto etéreo) varía ampliamente tal como mencionan Palmquist and Jenkins (2003), en tanto los triglicéridos constituyen el 90 % del total de los ácidos grasos, siendo el lípido más importante de las grasas extraídas de los cereales (95,2 %) y semillas cuyo contenido varía de 18 % a 45 % de extracto etéreo; mientras que en los forrajes el total de ácidos grasos es a menudo menos del 50 % del extracto etéreo. Una gran parte del extracto etéreo de los forrajes está comprendido por sustancias no saponificables como las ceras, clorofila y cutina, la mayoría de los lípidos en los forrajes se encuentran en los cloroplastos, la proporción en las plantas seca disminuye así como en las plantas maduras. Los triglicéridos son potencialmente metabolizables por los animales, mientras que la fracción no saponificable no tiene ningún valor energético a pesar de que puede ofrecer otras características nutritivas deseables por ejemplo las vitaminas liposolubles, el caroteno. El glicerol (10 a 11% de peso del glicérido) tiene un valor de energía comparable con otros carbohidratos de alta densidad de valor de energía. La fracción de extracto etéreo de las plantas contiene numerosas sustancias nutritivamente uniformes, mientras los ácidos grasos constituyen una fracción uniforme que puede ser medido y utilizado para estimar el valor energético de los piensos.

### **Efecto de la época del año**

En la Tabla 21, se muestra el porcentaje de extracto etéreo de los pastos naturales según épocas del año; lluvias, intermedio lluvia-secano, secano e intermedio secano lluvias.

**Tabla 21.** Efecto de las épocas del año en el porcentaje de extracto etéreo de los pastos naturales

Épocas del año	Condición ecológica		Total (%)
	CIP Chuquibambilla (%)	CIP La Raya (%)	
<b>Lluvia</b>	5,61	4,77	<b>5,19<sup>a</sup></b>
<b>Inter. lluvia-secano</b>	3,61	3,58	<b>3,60<sup>b</sup></b>
<b>Secano</b>	3,02	3,33	<b>3,18<sup>c</sup></b>
<b>Inter. secano-lluvia</b>	5,67	4,84	<b>5,26<sup>a</sup></b>

Los mayores porcentajes de extracto etéreo corresponden a las épocas de lluvia (5,19 %) e intermedio secano lluvia (5,26 %), seguido del porcentajes de extracto etéreo en época de intermedio lluvia-secano (3,60 %) y el menor porcentaje corresponde a época secano (3,18 %); al análisis estadístico existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P \leq 0,05$ ), mostrando el efecto de las épocas en el porcentaje de grasa.

Los resultados son similares a los reportes de Olarte *et al.* (2013) respecto a la variación estacional quienes al determinar la calidad nutritiva de los pastos de puna seca y húmeda disponibles para la alimentación de alpacas cifran en época de lluvia  $6,96 \pm 0,62$  % y en época seca  $6,21 \pm 0,94$  % de extracto etéreo, evidenciando una variación por efecto época. Como también, similares a los reportes de Mayouf and Arbouche (2015) quienes refieren que la composición de nutrientes en dos temporadas variaron; sin embargo, se necesitan más investigaciones para evaluar los cambios en el valor nutricional de los arbustos pastoriles y pastos naturales en diferentes etapas fenológicas.

La determinación del extracto etéreo o grasa de una pastura, es importante en el análisis bromatológico debido a que representa el valor energético del alimento, todas las especies de pastos resultaron deficientes en energía en la época de seca y regular para la época de lluvia, excepto para la especie *Stipa ichu* que continua pobre, en general no cubre los requerimientos mínimos de mantenimiento de los animales al pastoreo en la pradera nativa en la mayor parte del año (limite aceptable de 61,2 kcal EM/kg PV0,75 al 90 % de



MS), esta situación confirma la aseveración de que la energía es el nutriente de mayor escasez en la dieta del ganado del altiplano tal como refiere Bruno (1977). Sobre el particular estudios realizados por Koutsos *et al.* (2013) en alpacas demuestran que los ácidos grasos del suero pueden ser modulados por la dieta en alpaca.

Las variaciones estacionales del porcentaje de extracto etéreo son similares a los reportados por Peiretti y Gai (2006) refiriendo que el extracto etéreo (EE) disminuyó con el aumento de la etapa de maduración; sin embargo, durante todo el ciclo de crecimiento y rebrote permaneció inalterado. Los porcentajes de extracto etéreo de las especies nativas de la zona alto andina son propias del medio como respuesta favorable para las alpacas, siendo fuente de energía para compensar la pérdida de calor corporal por las bajas temperaturas en época seca cuyo consumo selectivo estaría destinada más a especie con alto contenido de grasa tal como refiere Olarte *et al.* (2013), estudios demuestran que la especie de forraje influye significativamente sobre el consumo voluntario tal como refieren Rodríguez y Elizondo (2012).

#### 4.2.2.6. Porcentaje de cenizas

##### Efecto del medio ecológico

En la Tabla 22, se muestra el porcentaje de cenizas en los pastos naturales de dos condiciones ecológicas (CIP Chuquibambilla y CIP La Raya).

**Tabla 22.** Efecto de la condición ecológica en el porcentaje de ceniza de los pastos naturales

Condición ecológica	n	Porcentaje de	Valores extremos	
		cenizas	Mínimo	Máximo
CIP Chuquibambilla	12	8,61 <sup>a</sup>	7,76	9,64
CIP La Raya	12	7,50 <sup>b</sup>	6,77	8,82
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>8,06</b>	<b>6,77</b>	<b>9,64</b>

El porcentaje de cenizas fue de 8,06 %, el menor porcentaje de cenizas corresponde al medio ecológico de La Raya (7,50 %) respecto al CIP Chuquibambilla (8,61 %), al

análisis estadístico existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P \leq 0,05$ ), mostrando el efecto de la condición ecológica en el porcentaje de cenizas.

Las cenizas son el producto restante de la incineración de la materia orgánica, cuyos componentes son los minerales considerados como macro y micronutrientes, elementos importante para la nutrición de los animales; los resultados son similares a los reportes de Bruno (1977) quien afirma que el contenido porcentual de ceniza en la composición química de pastos naturales consumidos por alpacas corresponden a *Alchemilla pinnata* (9,40 %), *Calamagrostis vicunarum* (5,50 %), *Festuca dolichophylla* (4,80 %), *Mulembergia fastigiata* (5,80 %), *Poa annua* (16,90 %) y *Stipa ichu* (4,80 %).

Los resultados del estudio están dentro de los valores reportados por Condori (2017) en cinco regiones del altiplano cifrando para *D. muscoides* 17,4 %, *A. pinnata* 3,4 %, *F. Orthophylla* 2,0 % y *S. ichu* 1,6 % de cenizas. Los resultados son ligeramente inferiores a los reportes de IICAT (2015) quienes al determinar el valor nutricional de la pradera nativa en Bolivia, identificaron treinta y cinco especies forrajeras nativas en sitios vegetativos de pampa, bofedal, ladera y cerro; estableciendo que la concentración máxima se ha encontrado en el pastizal *Joborosa squarrosa* (19,38 %) seguido por *Plántago orbignyana* (19,2 %) y *Alchemilla pinnata* (12,53 %) y la más baja en el pastizal *Parastrephia lepidophylla* (4,23 %); indicando además, que el contenido de ceniza por especie vegetal varía de acuerdo al tipo de planta (herbácea o arbusto) como de *Festuca dolichophylla* 5,82 % en comparación de *Trifolium amabile* que tiene 8,48 % de cenizas.

Sin embargo, son superiores a los reportes de Olarte *et al.* (2013) quienes determinaron la calidad nutritiva de los pastos de puna seca y húmeda, disponibles para la alimentación de la alpaca en condiciones de pastos naturales, establecieron un porcentaje de cenizas de 6.18 %, siendo menor en puna húmeda (5,88 %) respecto a puna Seca (6,48 %).

### **Efecto de la época del año**

En la Tabla 23, se muestra el porcentaje de cenizas de los pastos naturales según épocas del año, lluvias (enero a marzo), intermedio lluvia-secano (abril a junio), seco (julio a setiembre) e intermedio seco lluvias (octubre a diciembre).

**Tabla 23.** Efecto de las épocas del año en el porcentaje de ceniza de los pastos naturales

Épocas del año	Condición ecológica		Total (%)
	CIP Chuquibambilla (%)	CIP La Raya (%)	
<b>Lluvia</b>	8,82	8,38	<b>8,60<sup>a</sup></b>
<b>Inter. lluvia-secano</b>	9,01	6,93	<b>7,97<sup>b</sup></b>
<b>Secano</b>	8,58	7,12	<b>7,85<sup>b</sup></b>
<b>Inter. secano-lluvia</b>	8,04	7,57	<b>7,81<sup>b</sup></b>

El mayor porcentaje corresponde a época de lluvia (8,60 %) y los menores pero similares a épocas intermedio lluvia secano (7,97 %), secano (7,85 %) e intermedio secano lluvia (7,81 %); al análisis estadístico existe diferencia en el parámetro evaluado ( $P \leq 0,05$ ), mostrando el efecto de las épocas en el porcentaje de cenizas.

Los resultados son similares a los reportes de Olarte *et al.* (2013) respecto a la variación estacional quienes al determinar la calidad nutritiva de los pastos de puna seca y húmeda disponibles para la alimentación de alpacas cifran en época de lluvia  $7,60 \pm 0,99$  % y en época seca  $4,76 \pm 0,91$  % que evidencia una variación por efecto época, estos resultados confirman que conforme madura los pastos disminuye el contenido de minerales, los mismos que son desfavorables para la producción de las alpacas ya que la deficiencia en la nutrición de algunos minerales puede ocasionar la presentación de algunas enfermedades o alteraciones en el sistema reproductivo o productivo de los animales.

Sobre el particular, son similares a las variaciones reportadas por Gizachew y Smit, (2012) quienes estudiaron los efectos de estación y el estado nutricional del suelo sobre las concentraciones de macro minerales de la pastura nativa en las áreas de Vertisol de las tierras altas de Etiopía Central; observaron diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) de las concentraciones de macro minerales entre las especies forrajeras. Las concentraciones medias de K de pastos forrajeros fueron mayores ( $P < 0,01$ ) durante el periodo húmedo (1,80 %) que durante la estación seca (0,79%), el reposo en las etapas críticas del ciclo de crecimiento de las especies forrajeras estimuló la recuperación de especies deseables.

Por esta razón, el descanso de los pastos puede contribuir significativamente a la calidad de los pastos autóctonos.

Respecto a las variaciones de las concentraciones de elementos minerales Fernández *et al.* (2011) reporta valores promedios de la concentración de P registrados en las estaciones de verano y otoño más altos, las medias fueron de 0,16 y 0,18%, respectivamente; durante las estaciones de invierno y primavera las medias de P obtenidas fueron de 0,06 %; en relación al comportamiento de estos elementos minerales en las estaciones de invierno y primavera las concentraciones de Ca y Mg fueron significativamente mayores a los restantes, asimismo se observó una tendencia de reducción de la concentración de micronutrientes con el incremento de la madurez de la planta especialmente en cuanto al Mn y Fe, aunque en Zn y Cu las concentraciones durante el verano y otoño fueron sensiblemente menores.

#### **4.3. Relación de la calidad nutritiva de los pastizales con la calidad de fibra de alpacas.**

La relación de la calidad nutritiva de los pastizales con la calidad de fibra de alpacas Suri, se muestra en la Tabla 24.

**Tabla 24.** Correlación de la calidad nutritiva de los pastizales con la calidad de fibra de alpacas de la raza Suri

<b>Variab</b> les	<b>Diámetro de fibra</b>	<b>Longitud de fibra</b>	<b>Factor de confort</b>	<b>Índice de curvatura</b>	<b>Finura al hilado</b>
<b>Materia seca</b>	- 0,147	-0,661	0,098	-0,761	0,094
<b>M. orgánica</b>	-0,150	-0,667	0,096	-0,765	0,094
<b>Proteína</b>	0,457	0,886	-0,142	0,746	0,196
<b>E. etéreo</b>	0,104	0,402	0,072	0,588	0,044
<b>F. D. neutro</b>	-0,293	-0,493	0,286	-0,466	-0,028
<b>Cenizas</b>	0,671	0,485	-0,289	0,017	0,539

Los valores de los coeficientes de correlación ( $r$ ), el valor más elevado muestra la primera información relevante que corresponde a la correlación entre el porcentaje de proteínas con la longitud de fibra ( $r = 0,886$ ) corresponde a una correlación positivo muy alto, al análisis de regresión existe influencia del porcentaje de proteínas en la longitud de fibra ( $R = 0,7849$ ) (Anexo 24), es decir las variables son dependientes ( $P \leq 0,05$ ); las correlaciones entre porcentaje de proteínas e índice de curvatura ( $r = 0,746$ ) y porcentaje de cenizas con el diámetro de fibra ( $r = 0,671$ ) fueron positivos alto; las correlaciones entre porcentaje de proteínas y diámetro de fibra ( $r = 0,457$ ), porcentaje de extracto etéreo y longitud de fibra ( $r = 0,402$ ), porcentaje de extracto etéreo e índice de curvatura ( $r = 0,588$ ), porcentaje de cenizas y longitud de fibra ( $r = 0,485$ ) y porcentaje de cenizas y finura al hilado ( $r = 0,539$ ) fueron positivos moderados; las correlaciones entre el porcentaje de fibra detergente neutro y factor de confort ( $r = 0,286$ ) fue positivo bajo.

Las correlaciones entre porcentaje de materia seca y longitud de fibra ( $r = -0,661$ ), porcentaje de materia seca e índice de curvatura ( $r = -0,761$ ), porcentaje de materia orgánica y longitud de fibra ( $r = -0,667$ ) y porcentaje de materia orgánica e índice de curvatura ( $r = -0,765$ ) fueron negativos altos; la correlación entre fibra detergente neutro y longitud de fibra ( $r = -0,493$ ) fue negativo moderado; las correlaciones entre el porcentaje de fibra detergente neutro y diámetro de fibra ( $r = -0,293$ ) y porcentaje de

cenizas con factor de confort ( $r = -0,289$ ) fueron negativos bajos; las correlaciones entre el resto de variables en estudio fueron muy bajas.

Uno de los factores que influye en la cantidad y la calidad de la producción de fibra en camélidos sudamericanos son los factores medioambientales (externos) principalmente la alimentación que modifica la respuesta productiva en alpacas, la nutrición en la alpaca tiene un efecto proporcionalmente mayor en la longitud de la fibra que en el diámetro de la fibra tal como señalan Russel y Redden (1997), los resultados evidencian que el crecimiento de la fibra es muy sensible a los cambios de los niveles de proteínas, los factores bio-geo-físicos (fotoperiodo, sistema clima-vegetación, sistema suelo-planta, entre otros) son factores que afectan el crecimiento del Cashmere y del mohair tal como refiere Mc Gregor (1998).

En referencia a las alpacas debido a que éstos se crían en un sistema extensivo con pastos naturales, el clima ejerce influencia a través de la producción forrajera sobre el crecimiento y el diámetro de la fibra, debido a la precipitación anual tal como mencionan Quispe *et al.* (2008). Asimismo, en alpacas el crecimiento de fibra muestra variaciones estacionales tal igual como en ovinos tal como señalan Naylor y Hansford (1999). En trabajos realizados en alpacas por Russel y Redden (1997), Franco y San Martín (2007) y Franco *et al.* (2009) cuando suplementaron dietas con bajo contenido nutricional, encontraron que la producción de fibra disminuye debido a la disminución de la tasa de crecimiento y del diámetro de la fibra, observándose también que estos animales producen fibras más finas.

Los resultados del estudio confirman el efecto de la alimentación en la calidad de fibra tal como refieren Safari *et al.* (2011) quienes para determinar la calidad de la fibra de alpaca macho de raza Huacaya utilizando alimento balanceado, terminado el experimento concluyeron que el nivel de nutrientes del alimento balanceado influye en la producción y en el volumen de la fibra; asimismo, la contribución de diámetro en el incremento del volumen resulta ser más grande que en la contribución de la longitud.

Los niveles de proteínas y cenizas están asociados con el diámetro y la longitud de fibra en alpacas, el contenido de proteína cruda es influenciado por las especies de pastos y por la estación del año el contenido de proteína cruda es menor en la estación seca para incrementarse en la estación de lluvia, en conclusión los cambios estacionales en la calidad del forraje, provoca cambios de la preferencia de la dieta durante el tiempo

dedicado al pastoreo tal como refieren Safari *et al.* (2011) en cabras; este cambio de la preferencia de la dieta subraya la importancia de la diversidad de las plantas en las praderas, para el mantenimiento del césped especialmente en la estación de seca.

El promedio de la disponibilidad de materia seca (MS) en los pastizales como incremento de la precipitación pluvial fue menor en la estación seca respecto a la estación de lluvia. En investigaciones realizadas por Wackwitz *et al.* (1999) se determinó que durante la estación de lluvia la dieta está constituida por alta proporción de hierbas en alpacas (60 %) comparada en tierras seca con hierbas (31 %). La alpaca comió en alta proporción hierbas en los bofedales durante ambas estaciones que las llamas. Sin embargo, la llama consume significativamente más arbustos durante la estación seca y más hierbas durante la estación de lluvias que las alpacas. Los índices de similitud de dietas fueron de 82 % en la estación seca y 74 % en la estación de lluvias, se concluye que la composición de la dieta y la selección fue estacional y con especies específicas.

Estos cambios del efecto de la calidad nutritiva de los pastizales en la calidad de fibra de alpacas son similares a los reportados por Paredes *et al.* (2014) quienes concluyen que el contenido de fibra detergente neutro afecta el consumo de alimento en alpacas en los rangos de fibra detergente neutro evaluados, similares a cabras tal como refieren Branco *et al.* (2011) el consumo de nutrientes totales decrece de manera lineal con el aumento de los niveles de fibra detergente neutro del forraje y en base a esto se puede enfatizar que el consumo de materia seca y energía líquida, partir de 28 % de aumento de los niveles de fibra detergente neutro de origen de forraje considerado de madurez avanzada (época seca) implica reducción en el consumo de materia seca, materia orgánica, proteína bruta, extracto etéreo y energía líquida comprometiendo la producción.

La composición y la calidad nutricional de la dieta varían con la época y el manejo tal como señala Fierro y Bryant (1990), la composición de la dieta de los ovinos fue influenciada por la disponibilidad de forraje, cambiando de pastos cortos durante la época seca a ciperáceas al inicio de la estación de lluvias y a pastos altos al final del periodo de lluvias, el 10 % de la dieta consistió de herbáceas; la proteína cruda está altamente correlacionada a la energía digestible y disminuyó de 13,60 % a 5,60 % con la madurez de la vegetación tal como ocurre en los pastizales de los altos andes.

Existe efecto del porcentaje de cenizas en el diámetro y longitud de fibra, en investigaciones realizada por Fernández *et al.* (2011) indican que en las estaciones de

verano y otoño encontraron valores promedios más altos en fósforo (0,16 y 0,18 %), en cambio en las estaciones de invierno y primavera la media de fósforo obtenido fue muy inferior (0,06 %) estos resultados confirman que conforme maduran los pastos disminuye el contenido de minerales, la deficiencia en la nutrición de algunos minerales puede ocasionar la presentación de alguna enfermedad o alteraciones en el sistema reproductivo o productivo de los animales.

Las investigaciones realizadas sobre dietas con diferentes niveles de fibra detergente neutro (NDF) como los realizados por Ruiz *et al.* (1995), Wang *et al.* (2001), determinaron que el consumo de niveles elevados de NDF originado del forraje disminuye el consumo de materia seca, materia orgánica, proteína y extracto etéreo, el mismo que hace que disminuya la producción y rendimiento; por su parte Harmison *et al.* (1997) menciona que algunas especie de animales son más tolerantes que otras; sin embargo, aun de desconocer el nivel óptimo de consumo de NDF por la alpacas que sea beneficioso para la producción de fibra y carne.



### CONCLUSIONES

- El menor diámetro medio de fibra ( $21,60 \pm 0,07 \mu\text{m}$ ), finura al hilado ( $23,06 \pm 2,68 \mu\text{m}$ ) y el mayor índice de curvatura ( $18,32 \pm 4,14 \text{ }^\circ/\text{mm}$ ) corresponden a alpacas de la raza Suri del CIP La Raya, la mayor longitud de fibra ( $4,06 \pm 0,37 \text{ mm}$ ) a alpacas del CIP Chuquibambilla, con variación entre épocas del año excepto para finura al hilado, el factor de confort fue similar entre medios ecológicos y épocas del año.
- Las gramíneas predominan en ambos medios ecológicos, en la composición química los porcentajes de materia seca (74,15 %), materia orgánica (66,09 %), fibra detergente neutro (59,20 %), extracto etéreo (4,48 %) y cenizas (8,61 %) fueron superiores en el CIP Chuquibambilla, excepto el porcentaje de proteínas que fueron similares en ambos medios y están influenciados por las épocas del año.
- Existe influencia del porcentaje de proteínas de los pastos naturales del CIP Chuquibambilla y La Raya en el crecimiento de fibra ( $R=0,7849$ ,  $r=0,886$ ), índice de curvatura ( $r=0,746$ ) y diámetro medio de fibra ( $r=0,457$ ) de alpacas de la Raza Suri.

### RECOMENDACIONES

- En la producción de alpacas Suri en el CIP Chuquibambilla, se recomienda la selección de reproductores en función a finura de fibra, cuyo carácter genético heredable no permita en engrosamiento de fibra.
- En ambos medios ecológicos se recomienda mejorar la disponibilidad de alimentos en época seca, de manera que la calidad de fibra sea afectada en menor proporción y lograr uniformidad del diámetro a lo largo de la mecha y una mayor resistencia a la tracción.
- Dado que el diámetro medio de fibra es la característica textil más importante, en general las alpacas bien alimentadas incrementarán el diámetro medio de fibra (CIP Chuquibambilla); sin embargo, existen alpacas que no cambian o muy poco de una esquila a la otra, por lo que se recomienda la selección de estas, porque interesan genéticamente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abebe, A., Tolera, A., Holand, Ø., Ådnøya, T. and. Olav, L. (2012). Seasonal variation in nutritive value of some browse and grass species in borana rangeland, southern Ethiopia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15 (2012): 261 - 271
- Amarilho-Silveira, F., Schneider, J., Gomes, R. (2015). Qualidade da lã em diferentes regiões corporais de ovelhas da raça Corriedale. *Zootecnia Trop.*, 33 (3): 227-235. 2015
- AOAC. (1990). Official methods of analysis. Association of analytical chemists. Gaithersburg, MD.
- AOAC. (2000). Official methods of analysis. Association of official analytical chemists. Arlington, VA.
- ASTM. (1999). Standard test method of sampling and testing stage length of grease wool. In: Designation: D 123-85 (Reapproved 2001). Vol 07 (01) Philadelphia: ATSM. P 1-4.
- Atav, R. y Turkmen, F. (2015). Investigation of the dyeing characteristics of alpaca fibers (Huacaya and Suri) in comparison with wool. *Textile research Journal*. Vol 85. Issue 13. <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0040517514563727>.

- Aylan-Parker, J. y McGregor, B. A. (2002). Optimising sampling techniques and estimating sampling variance of fleece quality attributes in alpacas. *Small Rumin. Res.*, 44: 53–64.
- Bacchi, C. S., Lanari, M. R. y Von Thüngen, J. (2010). Non-genetic factor affecting morphometric and fleece traits in guanaco (*Lama guanicoe guanicoe*) populations from Argentinean Patagonia. *Small Rumin. Res.* 88: 54-61.
- Benites, E. y Sanjinez, F. (1995). Evaluacion preliminar de las características de los pastos naturales en Tumbes.
- Borroni, C. (2010). *Relación del diámetro de fibra y densidad folicular de alpacas (Lama pacos) de diferentes edades y colores en el altiplano chileno, provincia de Parinacota*. Tesis para la obtención del Grado de Magíster en Ciencias Médico Veterinarias, mención Salud Animal, Universidad Santo Tomás. 75 pp.
- Braga, W., Leyva, V. and Cochran, R. (2007). The effect of altitude on alpaca (*Lama pacos*) fiber production. *Small Ruminant Research* In Press, Corrected Proof. Pg. 1-6.
- Branco, R., Rodríguez, M., Candido da Silva M., Rodríguez, C., De Quiroz, C., De Castellano, F., Ullrich, G., Wackwitz, T. and Raggi, A. (2003). Botanical composition of alpaca (*Lama pacos*) and llama (*Lama glama*) events in two seasons of the year on highland ranges of Parinacota province, Chile.
- Branco, R., Rodríguez, M., Candido Da Silva, M., Rodriguez, C., De Quiroz, C. and De Araujo, F. (2011). Desempenho da cabras em lactação alimentadas com dietas com diferentes níveis de fibra oriundas de forragem com maturidade avançada. *Revista Brasileira de Zootecnia*. Vol 40 N° 5 Viçosa.
- Bruno, A. H. (1977). Evaluation de alimenticia de la flora principal y de algunas especies de la fauna peruana. Ministerio de Alimentación. Dirección general de investigación. Lima, Perú.
- Bustinza, V. (2001). *La alpaca, conocimiento del gran potencial andino*. Edit. Univ. Nac. Del Altiplano, Puno, Perú.

- Butler, K. L. y Dolling, M. (1995). Calculation of the heritability of spinning fineness from phenotypic and genetic parameters of the mean and CV of fibre diameter. *Aust. J. Agric. Res.* 43: 1441-1446.
- Carey, J. A., Craddock, B. F., Flores, A. and Bryant, F. C. (1988). Effects of grazing strategy and stocking rates on wool quality and yield in de Andean Altiplano of Peru. *Small Ruminant Research*, 1: 127-134.
- Carhuapoma, P., Saenz, A. y Quispe, E. C. (2009). Efecto de la condición corporal sobre el peso de vellón y finura de fibra en alpacas Huacaya (vicugna pacos) color blanco en Huancavelica. Perú. All in-text references underlined in blue are linked to publications on Research Gate, letting you access and read them immediately.
- Carpio, M. (1991). Aspectos tecnológicos de la fibra de camélidos sudamericanos. En: Novoa C, Flores A (eds). *Producción de ruminantes menores: Alpacas*. Imprenta Rerumen, Lima, Perú. Pp 297-359.
- Castellaro, G., Gajardo, C., Parraguis, V., Rojas, R. y Raggi, L. (1998). Productivity of domestic South American camelids flock in an área of Parinacota province, Chile: Seasonal variation of botanical composition, dry matter availability, pastoral value and nutritive value of bofedales. *Agricultura técnica* Vol 18 N° 3.
- Champion, S. C. and Robards, G. E. (2000). Follicle Characteristics, seasonal changes in fiber cross-sectional area and ellipticity in Australasian specialty carpet wool sheep, Romneys and Merinos. *Small Ruminant Research* 38: 71-82.
- Checmapocco, O., Calsin, B., Quispe, J. y Maquera, Z. (2013). Peso de vellón y efecto del sexo y zona corporal en el diámetro de fibra, coeficiente de variabilidad y factor de confort en alpacas suri a la primera esquila de la asociación Urinsaya puna-Nuñoa. *Revista de Investigaciones Allpak´a* Vol 18 N° 01, pp 75-80.
- Coates, W. and Ayerza, R. (2003). Comparison of llama fiber obtained from two Production Regions of Argentina. *Journal of Arit Environments* 58: 513-524.
- Condori, G. (2017). Caracterización bromatológica de especies forrajeras nativas (pastos y arbustos) de la eco región del altiplano, esenciales en la alimentación de los camélidos. *Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal INIAF. La Paz Bolivia*.

- CONOPA. (2006). Informe Final sub proyecto identificación y rescate de alpacas genéticamente puras de la amenaza de extinción. Lima.
- Cordero, A., Contreras, J., Mayhua, P., Jurado, M. and Castrejón, M. (2011). Henotypic correlations between production characteristics in the Huacaya alpaca *Rev. Inv. Vet. Perú* 2011; 22(1):15-21
- Crossley, J., Borroni, C. y Raggi, L. (2014). Correlation between mean fibre diameter and total follicle density in alpacas of differing age and colour in the Parinacota province of the Chilean high plain. *Journal of Applied Animal Research*. Volume 42, Issue 1.
- Cruz, A., Morante, R., Cervantes, I., Burgos, A. y Gutiérrez, J. P. (2017). Effect of the gestation and lactation on fiber diameter and its variability in Peruvian alpacas *Livestock Science*. Volume 198, April 2017, Pages 31–36
- De Groot, G. J. (1995). The Effect of coefficient of Variation of Fibre diameter in Wool tops on Yarn and Fabric Properties. *J. Text. Inst.*, 86(1): 164-166.
- De Los Ríos, E. (2006). Producción textil de fibras de camélidos sudamericanos en el área alto-andina de Bolivia, Ecuador y Perú. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO). [https://www.unido.org/file-storage/download/?file\\_id=58563](https://www.unido.org/file-storage/download/?file_id=58563).
- Diaz, J. (2014). Principales características de la fibra de alpacas Huacaya y Suri del sector Chocomaquilla- Carabaya. URI:<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2053>.
- FAO. (2005). Situación Actual de los Camélidos Sudamericanos en el Perú. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Proyecto de Cooperación Técnica en apoyo a la crianza y aprovechamiento de los Camélidos Sudamericanos en la Región Andina TCP/RLA/2914.<http://www.fao.org/regional/Lamerica/prior/segalim/animal/paises/pdf/2914per.pdf>. [24 de septiembre 2007].
- Fiallo-Ortega, L. R., Velásquez-Feria, R. J. (2014). Prospección, caracterización y selección de gramíneas alto andinas de los páramos ecuatorianos. *Revista Científica de Investigación INFO-INIAF*. Vol 1 N° 4 La Paz.

- Fierro, L. C. y Bryant, F. C. (1990). Nutrition of herded sheep in the andes of Southern Peru. *Small Ruminant Research*. Volume 3, Issue 2, March 1990, Pages 117-134.
- Fish, V. E., Mahar, T. J. y Crook, B. J. (1999). Fibre curvature morphometry and measurement. International Wool Textile Organization. *Nice Meeting. Report N° CTF 01*.
- Franco, F., San Martin, F., Ara, M., Olazabal, J. and Carcelén, F. (2009). The effect of two levels of feeding on the yield and quality of alpaca fibre. *Rev. Inv. Vet. Perú*. 20 (2):187-195. Lima Perú.
- 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., Gauna, C., Lamas, H., Reniere, C. and Antonini, M. (2006). Phenotypic and genetic description of fiber traits in South American domestic camelids (llamas and alpacas). *Small Ruminant Research* 61: 113-129.
- Galbraith, H. (2010). Fundamental of hair follicle biology in fine fibre production in animals. *Animal Production* 4(9): 1490-1509.
- Gallardo, M., Gómez, A., Torres, J. y Walter, A. (2008). *Cambio climático en el Perú: instituciones, investigadores, políticas, programas, proyectos y recopilación bibliográfica*. Primera aproximación. ITDG. Lima Perú. 130 pág.
- Gerken, M. (2010). Relationships between integumental characteristics and thermoregulation in south american camelids. *Animal Production* 4(9): 1451-1459.
- Gizachew, L. y Smit, G. N. (2012). The status and importance of crude protein and macro minerals in native pastures growing on Vertisols of the central highlands of Ethiopia. *Journal of Environmental Management*. Volume 93, Issue 1, January 2012, Pages 177-184.
- Goering, H. K. and Van Soest, P. J. (1970). Forage fiber analyses. U. S. Dept. Agric. Agricultural hand book N° 379, U.S. Government Printing Oficce. Washington. D.C.

- Gutiérrez, H y Castañeda, R. (2014). Grasses (poaceae) diversity of Lircay (Angaraes, Huancavelica, Perú) *Ecología Aplicada*. Vol 13 N° 1 pp 23-33.
- Gutiérrez, J. P., Goyache, F., Burgos, A. and Cervantes, I. (2009). Genetic analysis of six production traits in Peruvian alpacas. *Livestock Science* 123: 193-197.
- Gutiérrez, J. P., Varona, L., Pun, A., Morante, R., Burgos, A., Cervantes, I. and Pérez-Cabal, M. A. (2014). Genetic parameters for growth of fiber diameter in alpacas. *J. Anim. Sci.* 89: 2310-2315.
- Hack, W., McGregor, B., Ponzoni, R., Judson, G., Carmichael, I. and Hubbard, D. (1999). Australian alpaca fibre: Improving productivity and marketing. A report for the Rural Industries *Research and Development Corporation*. RIRDC. Australia. 164 pág.
- Hansford, K.A. (1996). Wool strength and topmaking. En Papers *Top-Tech*. Geelong, Australia. 284-292.
- Holt, C. (2006). A survey of the relationships of crimp frecuencia, micron, character y curvature de fibra. A report to the Australian Alpaca Association. Pambula Beach NSW. Australia.
- Hynd, P. I. (1994). Follicular determinants of the length / diameter ratio at two levels of nutrition. *Aust. J. of Agric. Res.* 45:1137-1147. 46.
- Hynd, P. I. y Masters, D. G. (2002). Nutrition and Wool Growth In Sheep Nutrition Eds. Freer M. and H. Dove. CAB International 165-185.
- Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Tecnología (IICAT). (2015). Determination of nutritional value of nativeprairie José Manuel Pando Province, Municipality of Santiago de Manchaca. *Andina Anim Sci.* 2015; 2(1):22-33
- Iñiguez, L., Mueller, J. P., Ombayev, A., Aryngaziyev, S., Yusupov, S., Ibragimov, A., Suleimenov, M. and El-Dine, M. (2013). Characterization of camel fibers in regions of Kazakhstan and Uzbekistan. *Small Ruminant Research* Volume 117, Issue 1, March 2014, Pages 58–65



- Kadwell, M., Fernandez, M., Stanley, H. F., Balbi, R., Wheeler, J. C., Rosadio, R. and Bruford, M. W. (2001). Genetic analysis reveals the wild ancestors of llama and alpaca. *Proceeding of the Royal Society London B*. 268: 2575-2584.
- Koutsos, E., Kuball, C., Griffin, M., Tornquist, S., Flegel, K. and Evans, N. (2013). The effect of an omega-3 and vitamin E enhanced diet on nutritional status of alpaca. *Journal of Camel Practice and Research* Vol 20 No 2, p 235-244
- Laime, F. M., Pinares, R., Paucara, V., Machaca, V. y Quispe, E. (2016). Características Tecnológicas de la Fibra de Llama (*Lama glama*) Chaku antes y después de descender. *Rev. Inv. Vet. Perú*; 27(2): 209-217  
<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v27i2.11643>
- Litherland, J., Toerien, C., Sahl, T., Lee, P. and Goetsch, A. L. (2000). Effect of season on fleece traits of Angora does in the US. *Small Ruminant Research*, Volume 38, Issue 1: 63-70.
- Liu, X., Wang, L. y Wang, X. (2004). Evaluating the Softness of Animal Fibers. *Textile Res. J.*, 74(6): 535-538.
- Lupton, C. J., Mccoll, A. and Stobart, R. H. (2006). Fiber characteristics of the Huacaya alpaca. Elsevier, *Small Ruminant Research*, 64: 211-224.
- Ma, T., Tu, Y., Zhang, N. F., Deng, K. D. and Diao, Q. Y. (2015). Effect of the Ratio of Non-fibrous Carbohydrates to Neutral Detergent Fiber and Protein Structure on Intake, Digestibility, Rumen Fermentation, and Nitrogen Metabolism in Lambs. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* Vol. 28, No. 10: 1419-1426 October 2015.  
<http://dx.doi.org/10.5713/ajas.15.0025>
- Mata, D. P. (1989). Rendimiento y composición química de seis gramíneas introducidas en una sabana del sureste del estado Guarico. *Zootecnia Tropical*. 7(1-2): 69-92.
- Mayhua, P., Quispe, E. C., Montes, M. y Alfonso, L. (2011). Differences in fiber diameter profile between shearing periods in White-Huacaya alpacas (*Vicugna pacos*). En: Fiber production in South American Camelids and other fiber animals. Edited by: Perez-Cabal et al. Wageningen Academic Publishers. The Netherlands.

- Mayouf, R. and Arbouche, F. (2015). Seasonal variations in the chemical composition and nutritional characteristics of three pastoral species from Algerian arid rangelands. *Livestock Research for Rural Development* 27 (3) 2015.
- Mainerz, G. R., Olivo, C. J., Fontaneli, R. S., Agnolin, C. A., Horst, T., Viegas, J. y Marques de Bem, C. (2011). Valor nutritive da forragen de genotipos de cereais de invierno de duplo propósito. *Revista Brasileira de Zootecnia*. V 40, N° 6, P 1173-1180.
- McGregor, B. A. (2010). Influence of stocking rate and mixed grazing of Angora goats and Merino sheep on animal pasture production in southern Australia. 3. Mohair and wool production and quality. *Small Ruminant Research*. 50, 168-176.
- McGregor, B. A. (2002). Comparative productivity and grazing behaviour of Huacaya Alpacas and Peppin Merino Sheep Grazed on Annual Pastures. *Small Ruminant Research* 44, 219-232. *Small Ruminant Research*, Volume 44, Issue 3: 219-232.
- McGregor, B. A., Ramos, H. E., Quispe, E. C. (2011). Variation of fibre characteristics among sampling sites for Huacaya alpaca fleeces from the High Andes. *Small Ruminant Research Elsevier*
- McGregor, B.A. (2006). Production attributes and relative value of alpaca fleeces in Southern Australia and implications for industry development. *Small Ruminant Research Res.* 61: 93-111.
- McGregor, B.A. y Butler, K. L. (2008). Variation of mean fibre diameter across mohair fleeces: Implications for within flock animal selection, genetic selection, fleece classing and objective sale lot building. *Small Ruminant Research* 75: 54-64.
- McGregor, B.A. y Butler, K. L. (2004). Sources of variation in fibre diameter attributes of Australian alpacas and implications for fleece evaluation and animal selection. *Aust. J. Agric. Res.*, 55: 433-442.
- McLennan, N., Lewer, R. (2005). Wool production: coefficient of variation of fibre diameter (CVFD). Department of Employment, Economic Development and Innovation, The State of Queensland, 1995-2010. Retrieved November 17, 2010, from <http://www2.dpi.qld.gov.au/sheep/10003.html>.

- Mertens, D. R. (2002). Physical and chemical characteristics of fiber affecting dairy cow performance. En: Proc Cornell Nutrition Conf. Ithaca, NY. p 125-144.
- Molina, G., Teich, I., Antonini, M., Reneiri, C., La Terza, A., Balzarini, M. (2016). Spatial structure of skin follicles in Suri and Huacaya alpacas. *Small Ruminant Research*. Volume 140, July 2016, Pages 22–26.
- Montes, M., Quicaño, I., Quispe, R., Quispe, E. C. y Alfonso, L. (2008). Quality characteristics of Huacaya Alpaca fibre produced in the Peruvian Andean Plateau region of Huancavelica. *Span. J. of Agric. Res.* 6(1):33-38.
- Moore, K. E., Blache, D. y Maloney, S. K. (2011). Fibre diameter and insulation in alpacas: The biophysical implications. *Small Ruminant Research*. Volume 96, Issues 2-3, Pages 165–172
- Moore, K. E., Maloney, S. K. y Blacher, D. (2015). High follicle density does not decrease sweat gland density in Huacaya alpacas *Journal of Thermal Biology*. Volume 47, January 2015, Pages 1–6.
- Morante, R., Goyache, F., Burgos, A., Cervantes, I., Péres-Cabal, M. A. y Gutiérrez, J. G. (2009). Genetic improvement for alpaca fibre production in the Peruvian Altiplano: the Pacamarca experience. *Anim. Genet. Resour. Informat.* 45: 37-43.
- Mueller, J. P., Rigalt, F., Cansino, A. K. y Lamas, H. (2010). Calidad de las fibras de camelidos sudamericanos en Argentina. En: Quispe E.C. y V. G. Sanchez (Eds) *Internacional Symposium on Fibers from South American Camelids*. Huacavelica, Peru, 17 de setiembre. P 9-28.
- Naebe, M. and McGregor, B. A. (2013). Comfort properties of superfine wool and wool/cashmere blend yarns and fabrics. *The J. of the Textile Institute*, 104(6):634 - 640.
- Naylor, G. R. y Hansford, K. A. (1999). Fibre End Diameter Properties in Processed top Relative to the Staple for Wool Grown in a Mediterranean Climate and Shorn in Different Seasons. *Wool Tech. Sheep Breeding*, 42(2): 107-117.

- Naylor, G. R. y Stanton, J. (1997). Time of shearing and the diameter characteristics of fiber ends in the processed top: An opportunity for improved skin comfort in garments. *Wool Tech. Sheep Breeding*, 45(4): 243-255.
- Newman, S. A. N. y Paterson, D. J. (1994). Effect of level of nutrition and season on fibre growth in alpacas. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, Vol 54.
- Olarte, U., Tapia, M., Apaza, E., Quispe, J. (2013). Influencia del medio ecológico y época del año sobre el diámetro y longitud de mecha en el vellón de alpacas (*Vicugna pacos*) Huacaya machos. *Revista de Investigaciones Allpak'a* Vol 18 N° 01, pp 51-65.
- Ormachea, E., Calsín, B. y Olarte, C. (2015). Características textiles de la fibra en alpacas Huacaya del distrito de Corani Carabaya, Puno. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 17(2), 215-220.
- Paredes, J., San Martín, F., Olazábal, J. y Miguel, M. (2014). Efecto del nivel de fibra detergente neutra sobre el consumo en la alpaca (*Vicugna pacos*) *Rev. Inv. Vet. Perú*. 2014; 25(2): 205-212
- Parodi, N. M. (2011). Principales problemas en la calidad de la fibra de alpaca que limitan la comercialización de prendas de vestir en el mercado francés *Revista de Ciencias empresariales*. Volumen 2, Número 2, Julio-Diciembre de 2011, pp. 20-28
- Peiretti, P. G. y Gai, F. (2006). Chemical composition, nutritive value, fatty acid and amino acid contents of *Galega officinalis* L. during its growth stage and in regrowth. *Animal Feed Science and Technology* 130 (2006) 257–267.
- Peña, S., Sacchero, D., Maurino, J., López, G., Abbiati, N., Género, E. y Martínez, R. (2016). Caracterización de la lana de ovejas Criollas argentinas en cuatro ambientes diferentes *Arch. Zootec.* 65 (249): 13-19. 2016.
- Peterson, P. M., Soreng, R. J., Davidse, G., Filgueiras, T. S., Zuloaga, F. O. and Judziewicz, E. (2001). Catalogue of New World Grasses (Poaceae): II. Subfamily Chloridoideae. *Contr. U.S. Natl. Herb.* 41:1-255

- Ponzoni, R. W., Grimson, R. J., Hill, J. A., Hubbard, D. J., McGregor, B. A., Howse, A., Carmichael, I. y Judson, G. J. (1999). The inheritance of and association among some. Production traits in young Australian alpacas. En: <http://www.alpacas.com/AlpacaLibrary/InheritanceTraits.aspx>. Accesado el 16 de Abril de 2009.
- Quispe, E. C., Mueller, J. P., Ruiz, J., Alfonso, L. y Gutiérrez, G. (2008). *Actualidades sobre adaptación, producción, reproducción y mejora genética en camélidos. Universidad Nacional de Huancavelica*. Primera Edición. Huancavelica, Perú, pp. 93-112.
- Quispe, E. C., Poma, A. G., McGregor, B. A. and Bartolomé, J. (2014). Effect of genotype and sex on fiber growth rate of alpacas for their first-year of fleece production. *Arch. Med. Vet.* 46-155.
- Quispe, E. C., Ramos, H., Mayhua, P. y Alonso, L. (2010). Fibre characteristics of vicuña (*Vicugna icugna mensalis*). *Small. Ruminant. Research.* 93: 64-66
- Quispe, E. C., Rodríguez, T. C., Iñiguez, L. R. and Mueller, J. P. (2009). Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. Animal genetic Resources Information. 45, 1-14. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
- Raggi, L. (2016). Enfoque de la industria pecuaria para la adición de controles de calidad y obtención de fibras de alta calidad junto a procesos textiles para mercados internacionales <http://agendainnovacionarequipa.com/wp-content/uploads/2016/pdf>.
- Refulio-Rodriguez, N. F., Columbus, J. T., Gillespie, L. J., Peterson, P. M. and Soreng, R. J. (2012). Molecular Phylogeny of *Dissanthelium* (Poaceae: Pooideae) and its Taxonomic Implications. *Syst.Bot.* 37 (1): 122-133
- Reyes, A., Bolaños, E. D., Hernández, D., Aranda, E. M. and Izquierdo, F. (2009). Dry matter production and protein concentration in 21 genotypes of the humidicola grass *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. *Universidad y ciencia* Vol.25 N°3 Villahermosa dic. 2009.
- Rodrigues, A. L., Fonseca, A., Brito Cambuí, G., Da Silva Trajano, J., Da Silva, C. M. and Costa, G. (2016). Fibra para ruminantes: Aspecto nutricional, metodológico e

- funcional. *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*. v.10, n.7, p.568-579, Jul., 2016
- Rodríguez-Zamora, J. y Elizondo-Salazar, J. (2012). Consumo, calidad nutricional y digestibilidad aparente de morera (*Morus alba*) y pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en cabras. *Rev. Agronomía Costarricense* 36(1): 13-23. ISSN: 0377-9424 / 2012.
- Rogers, G. (2006). Biology of the wool follicle: an excursion into a unique tissue interaction system waiting to be re-discovered. *Experimental Dermatology*, 15: 931-949.
- Ruiz de Castilla, M. (2004). *Genética y Mejoramiento de los Animales Domésticos*. Edit. Universitaria Univ. Nac. San Antonio Abad del Cusco Perú. pp. 286.
- Ruiz, T. M., Staples, C. R., Sollenberger, L. E. and Gallaher, R. N. (1995). Effect of dietary neutral detergent fiber concentration and forage source on performance of lactating cows. *Journal Dairy Sci.* 78: 305-319
- Russel, A. J. y Redden, H. L. (1997). The effect of nutrition on fibre growth in the alpaca. *Anim. Scie.*, 64: 509-512.
- Ryder, M. L. y Stephenson, S. K. (1968). *Wool growth*. Editorial Academic Press INC. Londres. 805 p.
- Sacchero, D. (2008). *Biotecnología aplicada en camélidos sudamericanos*. Gráfica Industrial IERL - Huancayo- Perú.
- Safari, J., Mushi, D. E., Kifaro, G. C., Mtenga, L. A. and Eik, L. O. (2011). Seasonal variation in chemical composition of native forages, grazin behavior and some blood metabolites of Small East African goats in a semi-arid area of Taizania. *Journal animal feed Sceince and Technolgy*. 164: 62-70.
- SENAMHI, (2016). Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú. [www.senamhi.gob, pe](http://www.senamhi.gob.pe).
- Soles, P. E. (2015). Comparación de las características textiles de las fibras de la llama Ch'aku (*lama glama*) y la alpaca Huacaya (*vicugna pacos*) del centro de

investigación y desarrollo de camélidos sudamericanos – Lachocc

URI: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3387>

- Soreng, R. J., Peterson, P. M., Davidse, G., Judziewicz, E. J., Zuloaga, F. O., Filgueiras, T. S. and Morrone, O. (2003). Catalogue of New World Grasses (Poaceae): IV. *Subfamily Pooideae. Contr. U.S.Natl.Herb.* 48:1-730.
- Stoffberg, M. S., Hunter, L. and 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: 505-517.
- Sumar, J. (2007). Realidad y mitos sobre los camélidos sudamericanos. XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA Cusco, Perú.
- Torres, J. 2001. *Estrategias y plan de acción de la biodiversidad para el departamento de Huancavelica como base de su desarrollo sostenible. Comunidad Andina.* Banco Interamericano de Desarrollo. Lima-Perú. 132 pág.
- Torres de Jasauí, J., Vélez, V., Zegarra, J. y Díaz, G. (2007). Caracterización de la histología de la piel de alpaca. Proc. APPA – ALPA. Cusco, Perú.
- Trejo, W., Gutiérrez, R. G. y Cardozo, A. (1988). Ritmo y velocidad de crecimiento de la fibra durante el año, en alpacas Huacaya blancas y de colores. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and monstarch poly saccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74(10) 3583-97.
- Vásquez, R., Gomez, E. y Quispe, E. C. (2015). Características tecnológicas de la fibra blanca de alpaca Huacaya en la Zona Altoandina de Apurímac. *Rev. Inv. Vet. Peru:* 26 (2) 213 – 222.
- Velarde, J. (2011). Diametro de fibra y porcentaje de pelos en alpacas hembras de la raza Suri. *Revista de Investigaciones Allpak'a* Vol 16 N° 01, pp 30-35.
- Wang, L., Liu, X. y Wang, X. (2004). Changes in Fibre Curvature during the Processing of Wool and Alpaca Fibres and their Blends, in College of Textiles, Donghua

- University. Proc. of the Textile Institute 83rd World Conference. The Textile Institute & Donghua University, Manchester, UK & Shanghai, PR China 449-452.
- Wang, X., Wang, L. y Liu, L. (2003). The quality and processing performance of Alpaca *Fibres. Publication* N°. 03/128. Project No. UD-2<sup>a</sup>.
- Wang, H. M., Xin, L. and Wang, X. (2005). Internal structure and pigment granules in coloured alpaca fibers. *Fibers and Polimers* 6: 263-268
- Wheeler, J. (1995). Camélidos sudamericanos, pasado, presente y futuro. Revista Stade Camélidos Ciencia. *Biol.J. Linn Soc.* 54: 271-295.
- Wilkinson, J. M., Allen, J. D., Tunnicliffe, R., Smith, M. y Gamsworthy, P. C. (2014). Variation in composition of pre-grazed pasture herbage in the United Kingdom, 2006–2012 *Animal Feed Science and Technology*. Volume 196, October 2014, Pages 139-144
- Wong, Y. T. (2016). Genetic and protein study of alpaca fiber. *Journal of Animal Science*. Vol 94 N° supplement 4 p. 18.
- Wuliji, T., Davis, G. H., Dodds, G. K., Turner, P. R., Andrews, R. N. and Bruce, G.D. (2000). Production performance, repeatability and heritability estimates for live weight, fleece weight and fiber characteristics of alpacas in New Zealand. *J. Small Ruminant Research*, Volume 37, Issue 3: 189-201.
- Yayneshet, T., Eik, L. O. and Moe, S. R. (2009). Seasonal variations in the chemical composition and dry matter degradability of exclosure forages in the semi-arid region of northern Ethiopia. *Animal Feed Science and Technology* 148 (2009) 12–33.
- Zuloaga, F. O., Morrone, O., Davidse, G., Filgueiras, T. S., Peterson, P. M., Soreng, R. J. and Judziewicz, E. (2003). *Catalogue of New World Grasses* (Poaceae): III. Subfamilies Panicoideae, Aristidoideae, Arundinoideae and Danthoioideae. *Contr. U.S. Natl. Herb.*46:1-662.





**ANEXOS**

**Anexo 1.** Diámetro medio de fibra de alpacas Suri ( $\mu\text{m}$ ) según medio ecológico y épocas del año

N°	CIP Chuquibambilla				CIP La Raya			
	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvia	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvia
1	21.80	22.60	20.30	21.00	21.10	19.70	19.90	21.50
2	24.30	24.90	23.00	22.60	24.20	24.80	23.90	24.00
3	22.20	22.80	20.50	20.60	20.90	21.40	21.20	22.30
4	22.80	24.10	21.60	21.30	19.40	19.70	19.20	17.90
5	21.40	21.30	19.40	18.90	22.60	22.50	21.60	22.40
6	27.10	27.40	23.40	26.30	19.90	19.90	21.50	21.10
7	26.40	28.00	23.70	24.70	22.50	23.00	23.20	23.20
8	22.60	21.60	19.60	21.30	21.90	21.50	20.20	21.30
9	25.40	25.80	23.50	22.60	21.00	20.50	19.70	20.00
10	20.00	20.10	19.10	19.90	20.30	19.40	20.00	19.80
11	21.70	24.00	22.80	20.90	22.20	25.00	22.70	23.40
12	21.90	21.50	19.20	20.30	21.70	21.50	22.00	21.20
13	22.60	23.70	22.60	22.90	19.50	18.60	18.40	19.30
14	23.00	24.10	21.90	19.90	18.60	18.40	18.40	19.40
15	24.20	25.50	22.60	21.90	23.60	23.20	21.50	23.30
16	23.00	22.80	21.90	21.00	20.80	21.90	20.90	21.00
17	22.10	22.10	22.10	20.60	22.60	22.10	21.90	21.80
18	21.30	21.30	19.10	19.00	21.30	23.20	22.70	24.40
19	23.40	23.40	21.70	22.40	20.60	21.00	20.50	20.40
20	26.40	28.40	24.30	22.40	25.60	26.20	28.00	28.70
<b>PROMEDIO</b>	<b>23.18</b>	<b>23.77</b>	<b>21.62</b>	<b>21.53</b>	<b>21.52</b>	<b>21.68</b>	<b>21.37</b>	<b>21.82</b>
<b>D.S.</b>	<b>1.90</b>	<b>2.33</b>	<b>1.69</b>	<b>1.80</b>	<b>1.71</b>	<b>2.14</b>	<b>2.17</b>	<b>2.35</b>
<b>C.V.</b>	<b>8.22</b>	<b>9.79</b>	<b>7.83</b>	<b>8.36</b>	<b>7.95</b>	<b>9.87</b>	<b>10.16</b>	<b>10.77</b>
<b>MÁXIMO</b>	<b>27.10</b>	<b>28.40</b>	<b>24.30</b>	<b>26.30</b>	<b>25.60</b>	<b>26.20</b>	<b>28.00</b>	<b>28.70</b>
<b>MÍNIMO</b>	<b>20.00</b>	<b>20.10</b>	<b>19.10</b>	<b>18.90</b>	<b>18.60</b>	<b>18.40</b>	<b>18.40</b>	<b>17.90</b>

**Anexo 2.** Longitud de fibra de alpacas Suri (mm) según medio ecológico y épocas del año

N°	CIP Chuquibambilla				CIP La Raya			
	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvia	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvia
1	4.30	3.90	3.60	4.10	4.00	4.10	4.00	3.50
2	4.30	4.00	3.70	4.20	4.50	4.00	3.80	3.70
3	5.00	4.20	4.00	3.50	4.40	4.20	4.10	3.60
4	4.50	4.40	3.80	3.75	4.40	4.20	3.80	3.70
5	4.10	4.30	3.20	4.00	4.10	3.90	3.50	3.80
6	3.80	3.50	3.30	3.70	4.30	4.40	4.00	3.90
7	4.50	4.00	3.80	3.90	4.50	4.20	3.50	3.80
8	4.70	4.40	4.20	4.50	4.00	4.00	3.20	3.80
9	4.50	4.30	3.20	4.00	4.40	4.00	3.50	3.70
10	4.00	4.30	3.60	3.75	4.00	4.30	3.50	3.70
11	4.80	4.40	4.00	3.85	4.30	4.30	4.00	3.90
12	4.30	4.20	3.80	3.40	4.50	4.30	3.50	3.50
13	4.00	3.80	3.20	3.70	4.20	4.00	3.80	3.80
14	4.20	4.00	4.10	3.90	4.50	3.80	3.60	3.60
15	4.20	3.90	4.10	4.35	4.00	4.00	3.80	3.60
16	4.50	4.30	3.90	4.20	4.50	4.50	3.50	3.60
17	4.50	4.30	4.00	3.50	4.00	4.20	3.30	3.80
18	4.50	4.30	3.80	3.80	3.90	4.00	3.50	3.60
19	4.50	4.20	4.00	4.00	4.40	4.20	3.80	3.70
20	4.80	4.20	4.00	4.20	4.50	4.00	3.50	3.80
<b>PROMEDIO</b>	<b>4.40</b>	<b>4.15</b>	<b>3.77</b>	<b>3.92</b>	<b>4.27</b>	<b>4.13</b>	<b>3.66</b>	<b>3.71</b>
<b>D.S.</b>	<b>0.30</b>	<b>0.24</b>	<b>0.32</b>	<b>0.29</b>	<b>0.22</b>	<b>0.18</b>	<b>0.25</b>	<b>0.12</b>
<b>C.V.</b>	<b>6.84</b>	<b>5.72</b>	<b>8.50</b>	<b>7.43</b>	<b>5.16</b>	<b>4.31</b>	<b>6.83</b>	<b>3.21</b>
<b>MÁXIMO</b>	<b>5.00</b>	<b>4.40</b>	<b>4.20</b>	<b>4.50</b>	<b>4.50</b>	<b>4.50</b>	<b>4.10</b>	<b>3.90</b>
<b>MÍNIMO</b>	<b>3.80</b>	<b>3.50</b>	<b>3.20</b>	<b>3.40</b>	<b>3.90</b>	<b>3.80</b>	<b>3.20</b>	<b>3.50</b>

**Anexo 3.** Factor de confort de fibra de alpacas Suri (%) según medio ecológico y épocas del año

N°	CIP Chuquibambilla				CIP La Raya			
	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvia	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvia
1	92.90	93.70	95.60	93.40	94.10	93.60	94.00	92.60
2	88.70	86.80	89.70	93.80	89.20	86.20	87.40	87.30
3	92.00	91.70	93.40	92.00	94.60	92.20	93.80	89.60
4	91.70	88.20	93.30	94.30	96.70	93.60	96.20	96.70
5	96.20	95.90	96.90	96.50	91.80	91.70	94.80	93.30
6	82.40	80.80	92.80	85.20	96.90	96.60	91.70	96.00
7	80.90	76.70	89.40	85.50	94.00	91.80	89.00	89.30
8	95.60	97.30	98.60	96.20	91.60	92.20	94.50	90.00
9	86.00	83.90	89.40	89.70	96.90	97.10	97.70	97.70
10	95.40	93.50	94.50	93.40	94.30	96.60	95.30	96.60
11	93.70	90.30	90.30	94.60	95.10	88.90	93.10	92.40
12	95.80	95.00	96.90	95.90	93.90	94.70	93.70	95.10
13	91.50	90.00	90.70	90.50	95.30	96.30	97.30	96.80
14	92.80	90.80	93.40	95.90	99.20	98.10	98.30	98.20
15	91.10	87.20	92.50	91.80	89.80	90.20	92.10	88.30
16	91.80	92.10	92.70	94.20	94.60	90.70	92.20	92.20
17	97.50	96.10	95.50	97.30	89.40	91.30	90.90	90.30
18	94.70	92.90	94.40	94.50	94.00	89.90	90.30	88.70
19	92.70	92.20	93.00	89.80	93.00	90.50	90.70	91.60
20	83.80	77.40	88.40	91.30	81.90	78.60	72.10	69.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>91.36</b>	<b>89.63</b>	<b>93.07</b>	<b>92.79</b>	<b>93.32</b>	<b>92.04</b>	<b>92.26</b>	<b>91.59</b>
<b>D.S.</b>	<b>4.71</b>	<b>5.95</b>	<b>2.81</b>	<b>3.37</b>	<b>3.74</b>	<b>4.42</b>	<b>5.55</b>	<b>6.31</b>
<b>C.V.</b>	<b>5.16</b>	<b>6.64</b>	<b>3.02</b>	<b>3.63</b>	<b>4.00</b>	<b>4.80</b>	<b>6.01</b>	<b>6.89</b>
<b>MÁXIMO</b>	<b>97.50</b>	<b>97.30</b>	<b>98.60</b>	<b>97.30</b>	<b>99.20</b>	<b>98.10</b>	<b>98.30</b>	<b>98.20</b>
<b>MÍNIMO</b>	<b>80.90</b>	<b>76.70</b>	<b>88.40</b>	<b>85.20</b>	<b>81.90</b>	<b>78.60</b>	<b>72.10</b>	<b>69.00</b>

**Anexo 4.** Índice de curvatura de fibra de alpacas Suri (°/mm) según medio ecológico y épocas del año

N°	CIP Chuquibambilla				CIP La Raya			
	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvia	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvia
1	14.50	13.10	12.50	15.30	16.20	13.90	18.10	16.20
2	16.40	12.20	13.80	15.10	16.70	15.70	16.20	19.80
3	19.10	11.10	12.20	16.80	18.30	13.90	21.40	16.10
4	15.70	12.20	14.40	14.70	28.90	19.50	16.30	22.50
5	28.10	17.80	13.70	18.30	21.20	14.00	13.90	14.40
6	16.30	13.20	13.10	13.00	23.50	14.10	15.40	21.10
7	17.80	10.40	12.10	14.60	22.90	11.40	13.70	15.70
8	20.10	14.10	16.40	14.00	23.70	19.10	17.20	19.10
9	17.50	11.00	11.20	13.20	30.50	18.20	14.30	20.50
10	28.70	16.60	14.80	16.10	24.00	17.40	16.50	23.10
11	24.30	14.90	13.20	16.90	17.80	11.80	19.00	18.90
12	21.60	15.90	14.80	20.30	17.80	14.90	13.50	18.60
13	20.10	13.20	15.20	19.20	25.00	27.20	18.90	18.30
14	24.70	13.80	12.00	14.40	23.80	12.20	21.70	16.60
15	21.10	10.60	11.10	11.50	16.30	16.40	17.30	12.60
16	24.60	16.90	15.60	16.40	26.20	11.90	17.90	20.30
17	26.50	22.00	19.00	14.60	15.20	14.90	15.80	16.20
18	25.90	11.50	13.90	14.80	23.50	16.20	16.50	16.80
19	17.10	10.20	11.30	15.10	24.70	19.60	18.40	21.00
20	14.20	12.70	12.60	15.50	27.50	18.40	13.60	17.40
<b>PROMEDIO</b>	<b>20.72</b>	<b>13.67</b>	<b>13.65</b>	<b>15.49</b>	<b>22.19</b>	<b>16.04</b>	<b>16.78</b>	<b>18.26</b>
<b>D.S.</b>	<b>4.61</b>	<b>2.98</b>	<b>1.97</b>	<b>2.10</b>	<b>4.52</b>	<b>3.71</b>	<b>2.40</b>	<b>2.73</b>
<b>C.V.</b>	<b>22.23</b>	<b>21.80</b>	<b>14.45</b>	<b>13.53</b>	<b>20.39</b>	<b>23.16</b>	<b>14.30</b>	<b>14.97</b>
<b>MÁXIMO</b>	<b>28.70</b>	<b>22.00</b>	<b>19.00</b>	<b>20.30</b>	<b>30.50</b>	<b>27.20</b>	<b>21.70</b>	<b>23.10</b>
<b>MÍNIMO</b>	<b>14.20</b>	<b>10.20</b>	<b>11.10</b>	<b>11.50</b>	<b>15.20</b>	<b>11.40</b>	<b>13.50</b>	<b>12.60</b>

**Anexo 5.** Finura al hilado de fibra de alpacas Suri ( $\mu\text{m}$ ) según medio ecológico y épocas del año

N°	CIP Chuquibambilla				CIP La Raya			
	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvia	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvia
1	22.80	25.20	21.10	22.30	26.40	21.60	21.80	25.40
2	25.80	26.70	24.30	24.90	25.30	25.50	24.30	24.90
3	22.90	23.80	22.60	22.30	21.50	23.30	22.50	28.20
4	23.50	26.90	23.10	22.40	20.40	21.10	20.70	19.00
5	21.60	21.60	19.70	20.30	22.80	23.10	22.30	23.10
6	30.00	27.30	23.00	29.80	21.10	20.00	23.00	21.00
7	28.30	30.30	25.20	27.50	22.50	23.70	23.80	25.30
8	23.00	21.40	19.50	22.80	22.80	22.30	20.60	22.90
9	25.20	27.60	25.20	23.60	20.70	20.50	20.60	20.00
10	20.40	23.80	20.90	25.60	21.00	20.50	22.60	20.40
11	22.30	23.90	23.50	22.10	22.00	28.40	24.10	24.40
12	21.80	21.40	20.40	21.80	22.90	22.60	23.80	21.50
13	23.50	25.10	23.50	24.90	20.30	19.60	19.20	19.90
14	24.40	24.50	26.20	20.80	18.30	18.30	19.90	19.70
15	24.20	27.50	26.20	22.60	26.80	26.60	23.70	26.00
16	23.70	23.50	23.80	22.40	21.70	24.10	23.20	24.40
17	21.40	22.00	22.10	22.10	23.80	23.80	23.20	24.40
18	22.80	24.50	21.90	20.50	22.60	24.60	24.00	26.50
19	23.90	25.00	23.50	25.30	21.80	24.10	24.00	24.20
20	26.60	32.20	25.60	23.00	27.40	27.30	31.00	32.20
<b>PROMEDIO</b>	<b>23.91</b>	<b>25.21</b>	<b>23.07</b>	<b>23.35</b>	<b>22.61</b>	<b>23.05</b>	<b>22.92</b>	<b>23.67</b>
<b>D.S.</b>	<b>2.35</b>	<b>2.88</b>	<b>2.05</b>	<b>2.37</b>	<b>2.34</b>	<b>2.66</b>	<b>2.45</b>	<b>3.28</b>
<b>C.V.</b>	<b>9.83</b>	<b>11.41</b>	<b>8.90</b>	<b>10.16</b>	<b>10.35</b>	<b>11.54</b>	<b>10.68</b>	<b>13.86</b>
<b>MÁXIMO</b>	<b>30.00</b>	<b>32.20</b>	<b>26.20</b>	<b>29.80</b>	<b>27.40</b>	<b>28.40</b>	<b>31.00</b>	<b>32.20</b>
<b>MÍNIMO</b>	<b>20.40</b>	<b>21.40</b>	<b>19.50</b>	<b>20.30</b>	<b>18.30</b>	<b>18.30</b>	<b>19.20</b>	<b>19.00</b>

**Anexo 6.** Porcentaje de materia seca (MS) según medio ecológico y épocas del año

N°	CIP Chuquibambilla				CIP La Raya			
	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvia	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvia
1	51.29	72.18	93.45	89.73	32.43	47.73	75.44	54.58
2	50.96	74.41	95.03	82.08	38.89	44.33	59.66	62.33
3	48.03	65.02	92.94	85.91	32.53	52.07	69.73	63.42
4	47.82	45.44	95.13	85.81	40.30	41.16	86.02	56.60
5	52.87	65.32	92.92	85.84	40.65	45.03	56.67	54.07
6	56.52	60.90	93.63	89.59	27.80	49.10	87.19	63.83
7	53.89	59.17	92.41	87.27	44.91	39.30	63.26	78.21
8	65.56	62.65	93.17	85.33	30.28	64.86	64.65	63.43
9	52.19	71.69	92.00	81.21	21.63	43.82	72.94	35.92
10	43.79	72.45	94.54	85.88	26.42	58.83	72.25	88.08
<b>PROM</b>	<b>52.29</b>	<b>64.92</b>	<b>93.52</b>	<b>85.87</b>	<b>33.58</b>	<b>48.62</b>	<b>70.78</b>	<b>62.05</b>
<b>DS</b>	<b>5.87</b>	<b>8.69</b>	<b>1.07</b>	<b>2.73</b>	<b>7.40</b>	<b>8.01</b>	<b>10.26</b>	<b>14.05</b>
<b>CV</b>	<b>11.22</b>	<b>13.38</b>	<b>1.14</b>	<b>3.18</b>	<b>22.03</b>	<b>16.48</b>	<b>14.50</b>	<b>22.65</b>
<b>MAX</b>	<b>65.56</b>	<b>74.41</b>	<b>95.13</b>	<b>89.73</b>	<b>44.91</b>	<b>64.86</b>	<b>87.19</b>	<b>88.08</b>
<b>MIN</b>	<b>43.79</b>	<b>45.44</b>	<b>92.00</b>	<b>81.21</b>	<b>21.63</b>	<b>39.30</b>	<b>56.67</b>	<b>35.92</b>

**Anexo 7.** Porcentaje de materia orgánica (MO) según medio ecológico y épocas del año

N°	CIP Chuquibambilla				CIP La Raya			
	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvia	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvia
1	42.69	64.21	85.60	81.92	23.83	39.76	67.59	46.77
2	42.36	66.44	87.18	74.27	30.29	36.36	51.81	54.52
3	39.43	57.05	85.09	78.10	23.93	44.10	61.88	55.61
4	39.22	37.47	87.28	78.00	31.70	33.19	78.17	48.79
5	44.27	57.35	85.07	78.03	32.05	37.06	48.82	46.26
6	47.92	52.93	85.78	81.78	19.20	41.13	79.34	56.02
7	45.29	51.20	84.56	79.46	36.31	31.33	55.41	70.40
8	56.96	54.68	85.32	77.52	21.68	56.89	56.80	55.62
9	43.59	63.72	84.15	73.40	13.03	35.85	65.09	28.11
10	35.19	64.48	86.69	78.07	17.82	50.86	64.40	80.27
<b>PROM</b>	<b>43.69</b>	<b>56.95</b>	<b>85.67</b>	<b>78.06</b>	<b>24.98</b>	<b>40.65</b>	<b>62.93</b>	<b>54.24</b>
<b>DS</b>	<b>5.87</b>	<b>8.69</b>	<b>1.07</b>	<b>2.73</b>	<b>7.40</b>	<b>8.01</b>	<b>10.26</b>	<b>14.05</b>
<b>CV</b>	<b>13.43</b>	<b>15.26</b>	<b>1.25</b>	<b>3.50</b>	<b>29.61</b>	<b>19.71</b>	<b>16.31</b>	<b>25.91</b>
<b>MAX</b>	<b>56.96</b>	<b>66.44</b>	<b>87.28</b>	<b>81.92</b>	<b>36.31</b>	<b>56.89</b>	<b>79.34</b>	<b>80.27</b>
<b>MIN</b>	<b>35.19</b>	<b>37.47</b>	<b>84.15</b>	<b>73.40</b>	<b>13.03</b>	<b>31.33</b>	<b>48.82</b>	<b>28.11</b>

**Anexo 8.** Porcentaje de proteína total según medio ecológico y épocas del año

N°	CIP Chuquibambilla				LA RAYA			
	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvias	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvias
1	12.44	8.18	6.79	8.71	10.71	8.48	6.20	8.90
2	11.61	8.66	6.75	8.73	10.73	8.50	6.35	7.41
3	11.03	8.71	5.98	7.23	10.23	7.52	6.28	8.01
<b>PROM.</b>	<b>11.69</b>	<b>8.52</b>	<b>6.51</b>	<b>8.22</b>	<b>10.56</b>	<b>8.17</b>	<b>6.28</b>	<b>8.11</b>
<b>DS</b>	<b>0.71</b>	<b>0.29</b>	<b>0.46</b>	<b>0.86</b>	<b>0.28</b>	<b>0.56</b>	<b>0.08</b>	<b>0.75</b>
<b>CV</b>	<b>6.06</b>	<b>3.44</b>	<b>7.02</b>	<b>10.46</b>	<b>2.68</b>	<b>6.86</b>	<b>1.20</b>	<b>9.25</b>
<b>MAX</b>	<b>12.44</b>	<b>8.71</b>	<b>6.79</b>	<b>8.73</b>	<b>10.73</b>	<b>8.50</b>	<b>6.35</b>	<b>8.90</b>
<b>MIN</b>	<b>11.03</b>	<b>8.18</b>	<b>5.98</b>	<b>7.23</b>	<b>10.23</b>	<b>7.52</b>	<b>6.20</b>	<b>7.41</b>

**Anexo 9.** Porcentaje de fibra detergente neutro según medio ecológico y épocas del año

N°	CIP Chuquibambilla				LA RAYA			
	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvias	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvias
1	54.74	54.92	60.10	62.88	51.97	56.05	54.84	59.60
2	55.30	53.93	61.96	65.89	51.48	53.42	55.70	58.80
3	53.25	56.73	61.41	69.23	55.70	52.83	53.57	59.20
<b>PROM.</b>	<b>54.43</b>	<b>55.19</b>	<b>61.16</b>	<b>66.00</b>	<b>53.05</b>	<b>54.10</b>	<b>54.70</b>	<b>59.20</b>
<b>DS</b>	<b>1.06</b>	<b>1.42</b>	<b>0.96</b>	<b>3.18</b>	<b>2.31</b>	<b>1.71</b>	<b>1.07</b>	<b>0.40</b>
<b>CV</b>	<b>1.95</b>	<b>2.57</b>	<b>1.56</b>	<b>4.81</b>	<b>4.35</b>	<b>3.17</b>	<b>1.96</b>	<b>0.68</b>
<b>MAX</b>	<b>55.30</b>	<b>56.73</b>	<b>61.96</b>	<b>69.23</b>	<b>55.70</b>	<b>56.05</b>	<b>55.70</b>	<b>59.60</b>
<b>MIN</b>	<b>53.25</b>	<b>53.93</b>	<b>60.10</b>	<b>62.88</b>	<b>51.48</b>	<b>52.83</b>	<b>53.57</b>	<b>58.80</b>

**Anexo 10.** Porcentaje de extracto etéreo según medio ecológico y épocas del año

N°	CIP Chuquibambilla				LA RAYA			
	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvias	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvias
1	5.59	3.65	3.20	5.80	4.64	3.53	3.16	4.90
2	5.68	3.62	3.04	5.54	4.92	3.38	3.35	4.96
3	5.56	3.56	2.82	5.68	4.75	3.83	3.48	4.65
<b>PROM.</b>	<b>5.61</b>	<b>3.61</b>	<b>3.02</b>	<b>5.67</b>	<b>4.77</b>	<b>3.58</b>	<b>3.33</b>	<b>4.84</b>
<b>DS</b>	<b>0.06</b>	<b>0.05</b>	<b>0.19</b>	<b>0.13</b>	<b>0.14</b>	<b>0.23</b>	<b>0.16</b>	<b>0.16</b>
<b>CV</b>	<b>1.11</b>	<b>1.27</b>	<b>6.32</b>	<b>2.29</b>	<b>2.96</b>	<b>6.40</b>	<b>4.83</b>	<b>3.40</b>
<b>MAX</b>	<b>5.68</b>	<b>3.65</b>	<b>3.20</b>	<b>5.80</b>	<b>4.92</b>	<b>3.83</b>	<b>3.48</b>	<b>4.96</b>
<b>MIN</b>	<b>5.56</b>	<b>3.56</b>	<b>2.82</b>	<b>5.54</b>	<b>4.64</b>	<b>3.38</b>	<b>3.16</b>	<b>4.65</b>



**Anexo 11.** Porcentaje de cenizas según medio ecológico y épocas del año

N°	CIP Chuquibambilla				LA RAYA			
	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvias	Lluvia	Lluvia-secano	Secano	Secano-lluvias
1	9.25	9.64	8.52	8.24	8.82	7.18	7.09	7.53
2	8.68	8.47	8.57	7.76	8.19	6.77	7.10	7.68
3	8.54	8.91	8.66	8.13	8.13	6.85	7.18	7.49
<b>PROM.</b>	<b>8.82</b>	<b>9.01</b>	<b>8.58</b>	<b>8.04</b>	<b>8.38</b>	<b>6.93</b>	<b>7.12</b>	<b>7.57</b>
<b>DS</b>	<b>0.38</b>	<b>0.59</b>	<b>0.07</b>	<b>0.25</b>	<b>0.38</b>	<b>0.22</b>	<b>0.05</b>	<b>0.10</b>
<b>CV</b>	<b>4.26</b>	<b>6.56</b>	<b>0.83</b>	<b>3.13</b>	<b>4.56</b>	<b>3.13</b>	<b>0.69</b>	<b>1.32</b>
<b>MAX</b>	<b>9.25</b>	<b>9.64</b>	<b>8.66</b>	<b>8.24</b>	<b>8.82</b>	<b>7.18</b>	<b>7.18</b>	<b>7.68</b>
<b>MIN</b>	<b>8.54</b>	<b>8.47</b>	<b>8.52</b>	<b>7.76</b>	<b>8.13</b>	<b>6.77</b>	<b>7.09</b>	<b>7.49</b>

**Anexo 12.** Análisis de variancia para diámetro medio de fibra de alpaca Suri

Source	DF	Sm of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	74.1610000	18.5402500	4.33	0.0024
Error	155	663.2667500	4.2791403		
Corrected Total	159	737.4277500			

R-Square    Coeff Var    Root MSE    DIAM Mean  
 0.100567    9.377722    2.068608    22.05875.

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	1	34.41025000	34.41025000	8.04	0.0052
EPOCA	3	39.75075000	13.25025000	3.10	0.0286

Duncan Grouping	Mean	N	BLOQUE
A	22.5225	80	1
B	21.5950	80	2
Duncan Grouping	Mean	N	ÉPOCA
A	22.7225	40	2
B A	22.3475	40	1
B	21.6725	40	4
B	21.4925	40	3

**Anexo 13.** Análisis de variancia para longitud de fibra de alpaca Suri

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	10.52425000	2.63106250	42.86	<.0001
Error	155	9.51550000	0.06139032		
Corrected Total	159	20.03975000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Long Mean
0.525169	6.196204	0.247771	3.998750

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	1	0.52900000	0.52900000	8.62	0.0038
EPOCA	3	9.99525000	3.33175000	54.27	<.0001

Duncan Grouping	Mean	N	BLOQUE
A	4.05625	80	1
B	3.94125	80	2
Duncan Grouping	Mean	N	ÉPOCA
A	4.33500	40	2
B	4.13750	40	3
C	3.81000	40	1
C	3.71250	40	4

**Anexo 14.** Análisis de variancia para factor de confort de fibra de alpaca Suri

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	0.25292500	0.06323125	0.97	0.4271
Error	155	10.12938500	0.06535087		
Corrected Total	159	10.38231000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	FC Mean
0.024361	2.666161	0.255638	9.588250

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	1	0.03481000	0.03481000	0.53	0.4666
EPOCA	3	0.21811500	0.07270500	1.11	0.3459

Duncan Grouping	Mean	N	BLOQUE
A	9.60300	80	2
A	9.57350	80	1
Duncan Grouping	Mean	N	ÉPOCA
A	9.62275	40	3
A	9.60650	40	1
A	9.59750	40	4
A	9.52625	40	2

**Anexo 15.** Análisis de variancia para finura al hilado de fibra de alpaca Suri

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	55.613000	13.903250	2.06	0.0880
Error	155	1043.594750	6.732869		
Corrected Total	159	1099.207750			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	FH Mean
0.050594	11.05513	2.594777	23.47125

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	1	27.06025000	27.06025000	4.02	0.0467
ÉPOCA	3	28.55275000	9.51758333	1.41	0.2409

Duncan Grouping	Mean	N	BLOQUE
A	23.8825	80	1
B	23.0600	80	2
Duncan Grouping	Mean	N	ÉPOCA
A	24.1300	40	2
A	23.5100	40	4
A	23.2550	40	1
A	22.9900	40	3

**Anexo 16.** Análisis de variancia para índice de curvatura de fibra de alpaca Suri

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	1340.649500	335.162375	31.55	<.0001
Error	155	1646.849500	10.624835		
Corrected Total	159	2987.499000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	IC Mean
0.448753	19.06463	3.259576	17.09750

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	1	237.169000	237.169000	22.32	<.0001
EPOCA	3	1103.480500	367.826833	34.62	<.0001

Duncan Grouping	Mean	N	BLOQUE
A	18.3150	80	2
B	15.8800	80	1

Duncan Grouping	Mean	N	ÉPOCA
A	21.4500	40	1
B	16.8750	40	4
C	15.2125	40	3
C	14.8525	40	2

**Anexo 17.** Análisis de variancia para materia seca de pastos naturales

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	111.4004650	27.8501163	93.84	<.0001
Error	75	22.2579537	0.2967727		
Corrected Total	79	133.6584188			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MS Mean
0.833471	6.902903	0.544768	7.891875

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	1	34.57135125	34.57135125	116.49	<.0001
EPOCA	3	76.82911375	25.60970458	86.29	<.0001

Duncan Grouping	Mean	N	BLOQUE
A	8.5492	40	1
B	7.2345	40	2

  

Duncan Grouping	Mean	N	EPOCA
A	9.0315	20	3
B	8.5465	20	4
C	7.4970	20	2
D	6.4925	20	1

**Anexo 18.** Análisis de variancia para materia orgánica de pastos naturales

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	134.5584500	33.6396125	94.57	<.0001
Error	75	26.6791500	0.3557220		
Corrected Total	79	161.2376000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	MO Mean
0.834535	8.125672	0.596424	7.340000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	1	40.55552000	40.55552000	114.01	<.0001
EPOCA	3	94.00293000	31.33431000	88.09	<.0001

Duncan Grouping	Mean	N	BLOQUE
A	8.0520	40	1
B	6.6280	40	2
Duncan Grouping	Mean	N	ÉPOCA
A	8.5825	20	3
B	8.0695	20	4
C	6.9370	20	2
D	5.7710	20	1

**Anexo 19.** Análisis de variancia para proteína cruda de pastos naturales

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	70.09753333	17.52438333	55.89	<.0001
Error	19	5.95705000	0.31352895		
Corrected Total	23	76.05458333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	PC Mean
0.921674	6.582971	0.559937	8.505833

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	1	1.26041667	1.26041667	4.02	0.0594
EPOCA	3	68.83711667	22.94570556	73.19	<.0001

Duncan Grouping	Mean	N	BLOQUE
A	8.7350	12	1
A	8.2767	12	2
Duncan Grouping	Mean	N	ÉPOCA
A	11.1250	6	1
B	8.3417	6	2
B	8.1650	6	4
C	6.3917	6	3

**Anexo 20.** Análisis de variancia para fibra detergente neutro de pastos naturales

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	381.8316667	95.4579167	19.90	<.0001
Error	19	91.1609167	4.7979430		
Corrected Total	23	472.9925833			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	FDN Mean
0.807268	3.827455	2.190421	57.22917

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	1	92.7480167	92.7480167	19.33	0.0003
ÉPOCA	3	289.0836500	96.3612167	20.08	<.0001

Duncan Grouping	Mean	N	BLOQUE
A	59.1950	12	1
B	55.2633	12	2
Duncan Grouping	Mean	N	ÉPOCA
A	62.600	6	4
B	57.930	6	3
C	54.647	6	2
C	53.740	6	1

**Anexo 21.** Análisis de variancia para extracto etéreo de pastos naturales

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	21.53181667	5.38295417	54.06	<.0001
Error	19	1.89174583	0.09956557		
Corrected Total	23	23.42356250			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	EE Mean
0.919237	7.331748	0.315540	4.303750

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	1	0.73150417	0.73150417	7.35	0.0139
ÉPOCA	3	20.80031250	6.93343750	69.64	<.0001

Duncan Grouping	Mean	N	BLOQUE
A	4.4783	12	1
B	4.1292	12	2
Duncan Grouping	Mean	N	ÉPOCA
A	5.2550	6	4
A	5.1900	6	1
B	3.5950	6	2
C	3.1750	6	3

**Anexo 22.** Análisis de variancia para cenizas de pastos naturales

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	9.89235000	2.47308750	10.74	0.0001
Error	19	4.37350000	0.23018421		
Corrected Total	23	14.26585000			
R-Square	Coeff Var	Root MSE	Cenz. Mean		
0.693429	5.954392	0.479775	8.057500		

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	1	7.43706667	7.43706667	32.31	<.0001
ÉPOCA	3	2.45528333	0.81842778	3.56	0.0339

Duncan Grouping	Mean	N	BLOQUE
A	8.6142	12	1
B	7.5008	12	2
Duncan Grouping	Mean	N	ÉPOCA
A	8.6017	6	1
B	7.9700	6	2
B	7.8533	6	3
B	7.8050	6	4

**Anexo 23.** Correlación de Pearson entre la composición química y las características textiles de la fibra de alpacas Suri

	CENZ	ESTE	PROT	FDNE	MSEC	MORG
CENZ	1.00000	0.22018	0.47105	0.05757	0.08505	0.07647
		0.6003	0.2387	0.8923	0.8413	0.8572
ESTE	0.22018	1.00000	0.70327	0.25843	-0.24067	-0.24508
		0.6003	0.0516	0.5366	0.5659	0.5585
PROT	0.47105	0.70327	1.00000	-0.37940	-0.68902	-0.69569
		0.2387	0.0516	0.3539	0.0587	0.0554

Pearson Correlation Coefficients, N = 8

Prob > |r| under H0: Rho=0

	DIAM	FCON	INCU	FHIL	LOGF
CENZ	0.67075	-0.28897	0.01706	0.53947	0.48542
	0.0686	0.4876	0.9680	0.1676	0.2227
ESTE	0.10407	0.07241	0.58758	0.04399	0.40189
	0.8063	0.8647	0.1256	0.9176	0.3237
PROT	0.45697	-0.14150	0.74621	0.16946	0.88594
	0.2550	0.7382	0.0335	0.6883	0.0034

CORR SAMPLE

Pearson Correlation Coefficients, N = 8

Prob > |r| under H0: Rho=0

	CENZ	ESTE	PROT	FDNE	MSEC	MORG
FDNE	0.05757	0.25843	-0.37940	1.00000	0.79658	0.79663
		0.5366	0.3539		0.0180	0.0180
MSEC	0.08505	-0.24067	-0.68902	0.79658	1.00000	0.99993
		0.5659	0.0587	0.0180		<.0001
MORG	0.07647	-0.24508	-0.69569	0.79663	0.99993	1.00000
		0.5585	0.0554	0.0180	<.0001	
DIAM	0.67075	0.10407	0.45697	-0.29320	-0.14660	-0.14976
		0.8063	0.2550	0.4809	0.7290	0.7234
FCON	-0.28897	0.07241	-0.14150	0.28600	0.09833	0.09587
		0.8647	0.7382	0.4923	0.8168	0.8213
INCU	0.01706	0.58758	0.74621	-0.46555	-0.76077	-0.76511
		0.1256	0.0335	0.2450	0.0284	0.0270
FHIL	0.53947	0.04399	0.16946	-0.02767	0.09385	0.09414
		0.9176	0.6883	0.9481	0.8251	0.8245
LOGF	0.48542	0.40189	0.88594	-0.49269	-0.66114	-0.66716
		0.3237	0.0034	0.2148	0.0742	0.0707



Pearson Correlation Coefficients, N = 8  
Prob > |r| under H0: Rho=0

	DIAM	FCON	INCU	FHIL	LOGF
FDNE	-0.29320 0.4809	0.28600 0.4923	-0.46555 0.2450	-0.02767 0.9481	-0.49269 0.2148
MSEC	-0.14660 0.7290	0.09833 0.8168	-0.76077 0.0284	0.09385 0.8251	-0.66114 0.0742
MORG	-0.14976 0.7234	0.09587 0.8213	-0.76511 0.0270	0.09414 0.8245	-0.66716 0.0707
DIAM	1.00000	-0.87247 0.0047	-0.09436 0.8241	0.91160 0.0016	0.55375 0.1544
FCON	-0.87247 0.0047	1.00000	0.27052 0.5170	-0.93487 0.0007	-0.23203 0.5803
INCU	-0.09436 0.8241	0.27052 0.5170	1.00000	-0.35603 0.3867	0.47716 0.2319

**Anexo 24.** Análisis de regresión para proteína y longitud de fibra

Variable	Intercept	X	Y
Intercept	3.1856788547	-0.359762428	2.8715150301
X	-0.359762428	0.0422876789	0.1327928263
Y	2.8715150301	0.1327928263	0.114288147

**Anexo 25.** Análisis de variancia para regresión

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.41700	0.41700	21.89	0.0034
Error	6	0.11429	0.01905		
Corrected Total	7	0.53129			

Root MSE	0.13801	R-Square	0.7849
Dependent Mean	4.00125	Adj R-Sq	0.7490
Coeff Var	3.44929		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	95% CL	Intercept
	1	2.87152	0.24633	11.66	<.0001	2.26876	3.47427
X	1	0.13279	0.02838	4.68	0.0034	0.06335	0.20224