

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



**EFFECTO DEL TRATAMIENTO FÍSICO DE FORRAJES SOBRE
ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA FIBRA DE
LLAMAS Y ALPACAS MACHOS**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ELÍAS EDGAR QUISPE COLQUE

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

PUNO – PERÚ

2019

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

EFFECTO DEL TRATAMIENTO FÍSICO DE FORRAJES SOBRE ALGUNAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA FIBRA DE LLAMAS Y ALPACAS

MACHOS

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ELÍAS EDGAR QUISPE COLQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA



APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:

Dra. Martha Nancy Tapia Infantes

PRIMER MIEMBRO:

Dr. Marcelino Jorge Aranibar Aranibar

SEGUNDO MIEMBRO:

Dr. Rolando Guadalupe Alencastre Delgado

DIRECTOR:

Ph. D. Bernardo Roque Huanca

Área : Nutrición Animal

Tema : Características físicas de la fibra de llamas y alpacas

Fecha de sustentación: 28 de diciembre del 2018

DEDICATORIA

Se lo dedico primero a Dios por guiarme e iluminarme en mi vida y que está conmigo en cada momento, a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza, fe, salud y esperanza para terminar este trabajo de investigación.

El conocimiento generado es dedicado con amor y cariño a mis queridos padres CELSO y MARGARITA, por su abnegado esfuerzo y sacrificio, por su comprensión, paciencia, y apoyo incondicional, porque sin su apoyo no hubiera sido posible alcanzar mi anhelo de ser un Médico Veterinario y Zootecnista.

A mis queridos hermanas y hermanos: Olga (†), Vilma, Bertha, Domingo (†), Miguel (†), Hipólito, Yaneth (†), Nancy, Teresa y Amador, quienes me guiaron y apoyaron desinteresadamente y por ellos sigo adelante para cumplir mis metas para que ustedes puedan seguir el ejemplo de un hermano mayor.

Se lo dedico a mis abuelitos Juan Luis Quispe Sunqui (†), Gabriela Condori Coronel (†), Enrique Colque Mamani (†) quienes ya partieron a la eternidad y desde el cielo ha estado siempre iluminándome, cuidándome y guiándome para seguir adelante en mi formación personal y profesional, y a mi abuelita Filomena Carreón Flores, quien todavía me acompaña y siempre dándome buenos consejos y orientaciones para seguir adelante.

Gracias por todo!!!

ELÍAS EDGAR, QUISPE COLQUE.

AGRADECIMIENTO

A Dios se lo debo todo, por darme una familia tan maravillosa, que a través de ellos me dio la oportunidad de realizar mis sueños y anhelos de ser un profesional.

A mi alma Mater Universidad Nacional del Altiplano de Puno, en especial a la Gloriosa Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por haberme dado las bases y elementos en la enseñanza de esta admirable profesión.

A los miembros del jurado revisor: Dra. Martha Nancy Tapia Infantes, Dr. Marcelino Jorge Aranibar Aranibar, y Dr. Rolando Guadalupe Alencastre Delgado, quienes con sus aportes en las correcciones, ayudaron a mejorar mucho más este proyecto de investigación, especialmente por la celeridad con la que se realizó las revisiones.

Mis más merecidos reconocimientos a mi director de tesis Ph. D Bernardo Roque Huanca, por todo el esfuerzo, dedicación, paciencia, su experiencia y su motivación durante la ejecución y presentación de este proyecto de investigación.

Al Mg. Sc. MVZ Eduardo Ramírez Aruquipa, asesor del presente trabajo de investigación, quien me brindo su tiempo, dedicación, asesoramiento y apoyo durante el tiempo dedicado a su realización y corrección del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Juan Guido Medina, director del Centro Experimental La Raya, por brindarme las facilidades y comodidades, para la ejecución de este proyecto de investigación.

Al personal del Centro Experimental La Raya, Sr. Hugo, Marcos, Esteban, Eduardo, Cirilo y en especial a la Señora María; por colaboración incondicional en la ejecución del presente trabajo.

A mis compañeros y amigos: Noemy, Rubén, Julio, Carla, Madeley, David, Ítalo y Ruth, quienes me brindaron su amistad y apoyo incondicional cuando más lo necesitaba en la ejecución de este proyecto. Un verdadero amigo es alguien que te conoce tal como eres, te acompaña en tus logros y es tus fracasos.

ELÍAS EDGAR, QUISPE COLQUE.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	13
ABSTRACT	14
I. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Objetivos de la Investigación	16
1.1.1. Objetivo General	16
1.1.2. Objetivos Específicos	16
II. REVISIÓN DE LITERATURA	17
2.1. La alpaca.....	17
2.2. La llama	18
2.3. Ubicación taxonómica de alpacas y llamas	19
2.4. Anatomía y fisiología del estómago de los camélidos sudamericanos.....	21
2.5. Alimentación de camélidos sudamericanos domésticos (CSA)	23
2.6. Descripción de los forrajes	24
2.6.1. La avena (<i>Avena sativa</i> L.).....	24
2.6.2. La alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.).....	25
2.6.3. Sales minerales.....	26
2.6.4. Sal común.....	26
2.7. Fibra de alpacas	26
2.7.1. Características físicas de la fibra de alpaca.....	29
2.7.1.1. Diámetro de la fibra.....	29
2.7.1.2. Longitud de fibra	30
2.7.1.3. Factor de confort (FC) y factor de picazón (FP)	32
2.7.1.4. Índice de curvatura (IC)	33
2.8. Características físicas de la fibra de llama.....	34

2.9. Equipo de análisis del diámetro de fibra	36
2.9.1. Análisis óptico del diámetro de fibra (OFDA).....	36
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1. Lugar del estudio	38
3.2. Materiales	38
3.2.1. Instalaciones	38
3.2.2. Alimentos	39
3.2.3. Animales	39
3.2.4. Materiales de campo	39
3.2.5. Materiales de laboratorio.....	40
3.2.6. Equipos de campo	42
3.3. Metodología.....	43
3.3.1. Etapa pre-experimental	43
3.3.1.1. Periodo de acostumbramiento	43
3.3.1.2. Instalaciones utilizadas:.....	44
3.3.1.3. Formulación de dieta experimental	44
3.3.1.4. Estimación del alimento ofrecido.....	45
3.3.2. Etapa experimental.....	46
3.3.2.1. Alimentación de los animales.....	46
3.3.2.2. Obtención de muestra de fibra.....	46
3.3.3. Etapa de análisis de laboratorio.....	47
3.3.4. Determinación de las características físicas de la fibra de alpacas y llamas	47
3.4. Análisis estadístico	48
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	49
4.1. Diámetro de la fibra.....	49

4.2. Longitud de fibra	50
4.3. Factor de confort (FC)	51
4.4. Índice de curvatura (IC).....	52
V. CONCLUSIONES.....	53
VI. RECOMENDACIONES.....	54
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS.....	64
PANEL FOTOGRÁFICO.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Población de alpacas y llamas.....	75
FIGURA 2. Alpacas y llamas seleccionadas para la investigación	75
FIGURA 3. Adquisición de heno de alfalfa (Arequipa).	75
FIGURA 4. Descarga de heno de alfalfa en Centro Experimental La Raya.	75
FIGURA 5. Molino picador forrajero marca TRAPP modelo TRF – 800.	75
FIGURA 6. Picador forrajero marca TRAPP modelo ES – 600.	75
FIGURA 7. Molido de heno de alfalfa a 12mmø de tamaño de partícula.....	75
FIGURA 8. Picado de heno de alfalfa a 24mmø de tamaño de partícula.....	75
FIGURA 9. Pesado de sal común.	75
FIGURA 10. Sal mineral (Rocsalfos).....	75
FIGURA 11. Pesado de mezclas alimenticias.	75
FIGURA 12. Preparación de la mezcla de heno de avena y alfalfa (1:1).....	75
FIGURA 13. Boxes colectivos.	75
FIGURA 14. Cubículos de permanencia de los animales.	75
FIGURA 15. Tratamiento físico del forraje a 12mmø de tamaño de partícula.	75
FIGURA 16. Tratamiento físico del forraje a 24mmø de tamaño de partícula.	75
FIGURA 17. Pesado de la dieta para llamas del grupo A.	75
FIGURA 18. Dietas pesadas para un día, para los cuatro grupos de animales.....	75
FIGURA 19. Alimentación de alpacas del grupo B (24mmø de tamaño de partícula). .	75
FIGURA 20. Alimentación de alpacas del grupo A (12mmø de tamaño de partícula)..	75
FIGURA 21. Alimentación de llamas del grupo A (12mmø de tamaño de partícula). ..	75
FIGURA 22. Alimentación de llamas del grupo B (24mmø de tamaño de partícula). ..	75
FIGURA 23. Suministro de agua <i>at libitum</i> a las alpacas.	75
FIGURA 24. Suministro de agua <i>at libitum</i> a las llamas.....	75

FIGURA 25. Alimentación de alpacas y llamas en pastos naturales (grupo testigo).	75
FIGURA 26. Grupo de llamas testigo.	75
FIGURA 27. Medición de crecimiento de la fibra en alpacas.	75
FIGURA 28. Muestreo de la fibra en la región del costillar medio de la alpaca.	75
FIGURA 29. Muestras de fibra de alpacas.	75
FIGURA 30. Muestras de fibra de las alpacas del grupo C (testigo).	75
FIGURA 31. Muestras etiquetadas de heno de alfalfa y avena para Laboratorio.	75
FIGURA 32. Muestra de alfalfa molido a 12mmø.	75
FIGURA 33. Muestra de heno de alfalfa picado a 24mmø.	75
FIGURA 34. Muestra de heno de avena molido a 12mmø.	75
FIGURA 35. Muestra de heno de avena picado a 24mmø.	75
FIGURA 36. Molido de los forrajes para su análisis químico en Laboratorio.	75
FIGURA 37. Laboratorio de Nutrición Animal FMVZ UNA – PUNO.	75
FIGURA 38. Pesado de muestras de alimentos para su análisis respectivo.	75
FIGURA 39. Determinación de FDN (filtrado de muestra).	75
FIGURA 40. Determinación de proteína cruda (titulación)	75
FIGURA 41. Muestras de fibra en Laboratorio de Fibras (PECSA).	75
FIGURA 42. Equipo OFDA (PECSA Puno).	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución experimental de llamas y alpacas	42
Tabla 2. Dieta experimental para la alimentación de alpacas y llamas machos.	45
Tabla 3. Efecto de dos dietas fibrosas y pastos naturales sobre algunas características físicas de la fibra de llamas y alpacas	49
Tabla 4. Estimación de consumo de materia seca para alpacas del grupo A.....	65
Tabla 5. Estimación de consumo de materia seca para alpacas del grupo B.....	65
Tabla 6. Estimación de consumo de materia seca para llamas del grupo A.....	65
Tabla 7. Estimación de consumo de materia seca para llamas del grupo B	65
Tabla 8. Análisis químico de tratamiento físico de forrajes a 12mmø	66
Tabla 9. Análisis químico de tratamiento físico de forrajes a 24mmø	66
Tabla 10. Análisis de fibra de llamas al inicio del experimento (OFDA 2000)	67
Tabla 11. Análisis de fibra de llamas al final del experimento (OFDA 2000).....	67
Tabla 12. Análisis de fibra de alpacas al inicio del experimento (OFDA 2000).....	68
Tabla 13. Análisis de fibra de alpacas al final del experimento (OFDA 2000).....	68
Tabla 14. Características físicas de la fibra por efecto de 12mmø de tamaño de partícula de la dieta, llamas del grupo A	69
Tabla 15. Características físicas de la fibra por efecto de 24mmø de tamaño de partícula de la dieta, llamas del grupo B.....	69
Tabla 16. Características físicas de la fibra por efecto de pastos naturales, llamas del grupo C	70
Tabla 17. Características físicas de la fibra de los tres grupos de llamas	70
Tabla 18. Características físicas de la fibra por efecto de 12mmø de tamaño de partícula de la dieta, alpacas del grupo A	71

Tabla 19. Características físicas de la fibra por efecto de 24mmø de tamaño de partícula de la dieta, alpacas del grupo B	71
Tabla 20. Características físicas de la fibra por efecto de pastos naturales, alpacas del grupo C	72
Tabla 21. Características físicas de la fibra de los tres grupos de alpacas.....	72
Tabla 22. Análisis de varianza, características físicas de la fibra de llamas y alpacas...	73
Tabla 23. Prueba de Tukey para características físicas de la fibra de llamas y alpacas .	73

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- CMS:** Consumo de materia seca.
- CNF:** Carbohidratos no fibrosos (glúcidos no fibrosos).
- CSA:** Camélidos sudamericanos.
- CT:** Ceniza total.
- CV:** Coeficiente de variabilidad.
- DS:** Desviación estándar.
- EB:** Energía bruta.
- EM:** Energía metabolizable.
- EE:** Extracto etéreo.
- FC:** Factor confort.
- FDN:** Fibra detergente neutro.
- FP:** Factor picazón.
- FP:** Folículos primarios.
- FS:** Folículos secundarios.
- IC:** Índice de curvatura.
- INEI:** Instituto Nacional de Estadística e Informática
- mm \varnothing :** milímetros de diámetro.
- MS:** Materia seca.
- MSI:** Materia seca ingerida
- NRC:** National Research Council (Consejo Nacional de Investigación).
- OFDA:** Analizador óptico de diámetro de fibras (Optical Fiber Diameter Analysis).
- PC:** Proteína cruda.
- W_{kg}^{0.75}:** Peso metabólico.
- μ m:** Micrómetros.

RESUMEN

El objetivo fue determinar el efecto del tratamiento físico de forrajes sobre algunas características físicas de la fibra de llamas y alpacas. La investigación se realizó en Centro Experimental La Raya de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, durante los meses de mayo, junio y julio del año 2018; con 15 llamas machos de dos años y 15 alpacas Huacaya machos de dos años, divididos en tres grupos cada especie (A=5, B=5 y C=5), los grupos A y B han sido alimentado con tratamiento físico de heno de avena y alfalfa (1:1) (12mm \emptyset y 24mm \emptyset tamaño de partícula respectivamente) y grupo C al pastoreo. El análisis de fibra se realizó con el equipo OFDA 2000. Al final el experimento, se tomó muestras de fibra de la zona marcada del costillar medio de cada animal, al mismo tiempo se midió el crecimiento de la fibra. Los datos fueron procesados en un diseño bloque completamente al azar y la comparación de medias entre tratamientos se realizó con la prueba de Tukey ($P>0.05$), mediante el programa estadístico SAS. El procesamiento físico de forrajes tiene efecto ($P<0.05$) sobre el engrosamiento de la fibra de llamas y alpacas durante tres meses, siendo para pastoreo con $1.53\pm 0.8\mu\text{m}$, 12mm \emptyset con $2.28\pm 1.4\mu\text{m}$ y 24mm \emptyset con $2.72\pm 1.3\mu\text{m}$; las medias de crecimiento de fibra, fue de $2.06\pm 0.6\text{cm}$ para 12mm \emptyset , $2.17\pm 0.5\text{cm}$ para 24mm \emptyset y $2.11\pm 0.2\text{cm}$ para pastoreo, sin diferencia significativa ($P>0.05$); las medias de factor de confort fue de $89.91\pm 7.8\%$ para 12mm \emptyset , $90.82\pm 8.9\%$ para 24mm \emptyset y $87.86\pm 4.5\%$ para pastoreo, sin diferencia significativa ($P>0.05$); y las medias de índice de curvatura fue de $43.87\pm 6.9^\circ/\text{mm}$ para 12mm \emptyset , $46.39\pm 7.5^\circ/\text{mm}$ para 24mm \emptyset y $38.72\pm 8.0^\circ/\text{mm}$ pastoreo, con diferencia significativa ($P<0.05$). A partir de los resultados se concluye, que el factor de procesamiento físico de forrajes tiene efecto sobre diámetro y índice de curvatura de la fibra de llamas y alpacas, sin embargo, no tiene efecto sobre crecimiento y factor de confort de la fibra.

Palabras clave: Alpaca, Llama, fibra, tratamiento físico de forrajes.

ABSTRACT

The objective was to determine the effect of the physical forage treatment on some physical characteristics of the fiber of llamas and alpacas. The investigation was realized in Test center the Ray of the National University of the Plateau of Fist, during the months of May, June and July of year 2018; with 15 male llamas of two years and 15 Huacaya male alpacas of two years, divided in three groups each species (A=5, B=5 and C=5), the groups A and B have been fed with physical treatment on hay on oats and alfalfa (1: 1) (12mm \emptyset and 24mm \emptyset so large of particle respectively) and groups C to the pasturing. The fiber analysis was realized with equipment OFDA 2000. In the end the experiment, took samples from fiber of the marked zone of the average ribcage of each animal, at the same time the growth of the fiber mediated. The data were process in a design block completely at random and the comparison of average between treatments was realized with the test of Tukey ($P>0.05$), by means of statistical program SAS. The physical forage processing has effect ($P<0.05$) on the thickening of the fiber of llamas and alpacas during three months, being for pasturing con $1.53\pm 0.8\mu\text{m}$, 12mm \emptyset with $2.28\pm 1.4\mu\text{m}$) and 24mm \emptyset with $2.72\pm 1.3\mu\text{m}$); the averages of growth of fiber, were of $2.06\pm 0.6\text{cm}$ for 12mm \emptyset , $2.17\pm 0.5\text{cm}$ for 24mm \emptyset and $2.11\pm 0.2\text{cm}$ for pasturing, without significant difference ($P>0.05$); the averages of comfort factor were of $89.91\pm 7.8\%$ for 12mm \emptyset , $90.82\pm 8.9\%$ for 24mm \emptyset and $87.86\pm 4.5\%$ for pasturing, without significant difference ($P>0.05$); and the averages of curvature index were of $43.87\pm 6.9^\circ/\text{mm}$ for 12mm \emptyset , $46.39\pm 7.5^\circ/\text{mm}$ for 24mm \emptyset and $38.72\pm 8.0^\circ/\text{mm}$ pasturing, with significant difference ($P<0.05$). From the results one concludes, that the factor of physical forage processing has effect on diameter and index of curvature of the fiber of flames and alpacas, nevertheless, it does not have effect envelopes growth and factor of comfort of the fiber.

Key Words: Alpaca, Llama, fiber, physical forage treatment.

I. INTRODUCCIÓN

La alpaca (*Vicugna pacos*) y la llama (*Lama glama*) son las dos especies que constituyen un importante recurso genético animal para los habitantes de las regiones alto-andinas del Perú, Bolivia, Argentina y Chile (Quispe *et al.*, 2009). En el Perú, el sector alpaquero es altamente reconocido y valorado, caracterizándose por la gran diversidad genética que se encuentra a su adaptación a los ecosistemas altoandinos donde habitan coexistiendo dos razas diferentes: Huacaya y Suri. La población nacional de alpacas es de 3'685,249 y 1'276,265 llamas, IV CENAGRO (2012). El 89.7% de la población de alpacas se encuentra principalmente en las zonas alto andinas del Perú; Los departamentos con mayor población de alpacas son Puno (39.61%), Cusco (14.80%), Arequipa (12.71%) y Huancavelica (8.37%). (INEI, 2012). En varias provincias de la región Puno se crían alpacas para la comercialización de la fibra y otros productos derivados (piel y carne). Las de mayor producción son Lampa (18%), Carabaya (14%), El Collao (12%) y Melgar (10%). Estas provincias no solo tienen en común que cuentan con la mayor población de alpacas, sino también que sufren de elevados índices de pobreza, precarias condiciones de vida, ecosistemas degradados y erosión de la diversidad biológica de las alpacas; sin embargo estas especies domésticas convierten con eficiencia la vegetación nativa de estos ambientes en carne y fibra de alta calidad con gran valor económico, y de sub productos como piel y cuero que tienen múltiples usos industriales y artesanales y que son indispensables para la subsistencia de un amplio sector de estas poblaciones (Fernández Baca, 2005), además permiten el aprovechamiento de extensas áreas de pastos naturales en zonas alto andinas donde no es posible la agricultura y la crianza exitosa de otras especies de animales domésticos, las características físicas de estos camélidos no afectan la conservación de suelos, pastos y bofedales; sin embargo las deficiencias en mejoramiento genético en los sistemas de

crianza tradicional han contribuido con la disminución de la calidad productiva de los animales (peso, talla y finura de fibra), volviéndolos menos competitivos en el mercado internacional (Iñiguez *et al.*, 1998). La producción de fibra de calidad y cantidad en alpacas es afectada por el medio ambiente (estación, fotoperiodo, temperatura y altitud), la genética (individuo, raza, edad) y el estado fisiológico (lactancia y preñez).

En el país, uno de los factores de mayor importancia que afecta el rendimiento de la crianza de camélidos sudamericanos (CSA) es la subnutrición en ciertos periodos del año. Así, las praderas naturales, que es base de la alimentación de los CSA, presentan deficiencia de energía al inicio de periodo de lluvias, deficiencia de proteínas al inicio del periodo seco y deficiencia de energía y proteína en la época seca propiamente dicha (San Martín, 1996). Las fibras de los animales deficientemente alimentados son más finas pero menos resistentes que las fibras de los animales con mejor alimentación (Contreras, 2009). Estas razones nos motivaron realizar el presente estudio, teniendo como objetivo:

1.1. Objetivos de la Investigación

1.1.1. Objetivo General

Determinar el efecto del tratamiento físico de forrajes sobre algunas características físicas de la fibra de llamas y alpacas.

1.1.2. Objetivos Específicos

Determinar el efecto del tratamiento físico de heno de avena y alfalfa sobre algunas características físicas de la fibra de llamas y alpacas machos de dos años de edad.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La alpaca

La alpaca, conocida como miembro del género *Lama* (*Lama pacos*) y renombrada actualmente como integrante del género *Vicugna* (*Vicugna pacos*) (Kaldwell *et al.*, 2001), es una especie de camélidos adaptada a ambientes de tierras altas de los andes con una alta capacidad para utilizar muy eficientemente la energía dietaria, una conducta alimenticia, estructura y función de su tracto digestivo adaptado a pastizales, capaz de seleccionar una dieta de alta calidad cuando sea disponible y de sobrevivir sobre forrajes fibrosos de baja calidad, remarcable productora de fibra y carne, que contribuye efectivamente al bienestar y subsistencia de las poblaciones de esos ambientes duros y difíciles (Wensvoort *et al.*, 2004). Existen dos razas de alpacas, Huacaya y Suri.

La alpaca Huacaya se caracteriza por tener un vellón compacto, esponjoso y similar al vellón del ovino Corriedale que le confiere una apariencia más voluminosa, con fibras finas suaves, onduladas y perpendiculares al cuerpo. La alpaca Suri presenta fibras de gran longitud organizadas en rulos colgantes, crecen paralelos al cuerpo, de un modo similar a los rizos del ovino Lincoln, lo cual confiere al animal una apariencia angulosa (Hoffman y Fowler, 1995; Antonini *et al.*, 2001).

El color de la fibra es variado, va del blanco al negro y presenta tonalidades de marrón claras y oscuras, también la gris plata y el color vicuña. El vellón resultante puede ser de colores únicos o mezclados. Sus fibras presentan una alta variabilidad en color, diámetro medio, longitud, resistencia a la tensión, elasticidad, flexibilidad y otras características. La producción media de vellón bruto es de 1.6kg cada dos años, los que se reducen a un 85% de fibra limpia (Brenes *et al.*, 2001).

2.2. La llama

La llama después de la alpaca es numéricamente la especie más importante de los CSA, se caracteriza por su gran flexibilidad adaptativa ya que se la encuentra en un rango ecológico amplio entre altitudes que van desde 2000 a 5000 msnm, y en ambientes predominantemente áridos (INEI, 2012). Se reconocen dos fenotipos de llamas: K'ara o pelada y Ch'aku o lanuda. Los tipos k'ara, son reconocidos por sus cuerpos delgados y largos y su pelaje corto, son más pesadas que las lanudas y poseen mayor aptitud para la producción de carne pero menor rendimiento en vellón y menor calidad de fibra (Iñiguez *et al.*, 1998). Por el contrario, las llamas Ch'aku son compactas con cuerpos más cortos y tienen mayor potencial para la producción de fibras, las cuales son más finas que las K'ara (Maquera, 1991).

Las llamas son más eficientes que los ovinos y vacunos en el aprovechamiento de los pastos fibrosos de baja calidad nutritiva, propios de los ambientes áridos alto andinos. Por su rusticidad y adaptabilidad a los variados pisos ecológicos, la llama presta un servicio importante como animal de carga dentro del sistema agropecuario del pequeño criador, cumpliendo un rol importante en el contexto económico y social de la cultura andina (San Martín, 1991).

La crianza de la llama Ch'aku puede también ser otra alternativa que permita atenuar la pobreza de las familias acentuadas en la región altoandina, mediante el descordado manual de la fibra se pueden generar nuevas fuentes de empleo, la apertura de nuevo flujos de ingresos económicos y al mismo tiempo le permitiría mejorar la calidad textil de su fibra (Rossi, 2004).

Los camélidos se clasifican en el Orden Artiodactyla, Suborden Tylopoda y Familia *Camelidae* (Wheeler, 2006; Fowler, 2008). Antiguamente se les conoció con el nombre de “Auquénidos”, término acuñado por Illiger en 1811, pero este nombre ha sido modificado por ser incorrecto, ya que en 1789 Thunberg lo había utilizado para describir un género de escarabajos (Wheeler, 2006). La familia *Camelidae* está formada por dos tribus: los *Camelini* y los *Lamini* (Stanley *et al.*, 1994; Wheeler, 1995). La tribu *Camelini* habita en zonas desérticas de Asia y África y se conoce como camélidos del Viejo Mundo. La tribu de los *Lamini* habita en América del Sur a lo largo de la cordillera de los Andes y se conoce como Camélidos Sudamericanos (CSA) o camélidos del Nuevo Mundo. Los CSA, a diferencia de los camélidos del Viejo Mundo, carecen de joroba y son de menor tamaño. Recientemente Kadwell *et al.*, (2001) con los estudios de ADN mitocondrial demostraron que la alpaca proviene de la vicuña domesticada y la llama proviene del guanaco domesticado y rectificaron la taxonomía de los camélidos sudamericanos a dos géneros *Vicugna* y *Lama*. Por tanto, se rectificó la alpaca, antes *Lama pacos* como *Vicugna pacos* y la llama permaneciendo como *Lama glama*. Esta fue aceptada por los especialistas en taxonomía de animales domésticos (Gentry *et al.*, 2004) y en 2008 se logró aclarar la taxonomía de los camélidos sudamericanos (Wheeler, 2008). En la actualidad los CSA incluyen las dos especies domésticas alpaca (*Vicugna pacos*) y la llama (*Lama glama*) y las dos especies silvestres guanaco (*Lama guanicoe*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*). El guanaco presenta dos subespecies *Lama guanicoe cacsilencis* (Norte) y *Lama guanicoe guanicoe* (Sur) (Gonzales *et al.*, 2006). La vicuña también presenta dos subespecies, *Vicugna vicugna mensalis* (Norte) y *Vicugna vicugna vicugna* (Sur). Existen dos razas de alpacas, Huacaya de vellón esponjoso y la Suri de pelo lacio, y dos razas de llamas, la Ch’aku (fibra esponjoso) y la K’ara (pelo apretado con poca fibra).

2.4. Anatomía y fisiología del estómago de los camélidos sudamericanos

La anatomía y fisiología del estómago de los camélidos (camello, llama, alpaca, guanaco y vicuña) es muy diferente al de los vacunos, ovinos y caprinos, que tienen estómago con cuatro compartimientos (rumen, retículo, omaso y abomaso), cubiertos por el epitelio estratificado y queratinizado (Lechner-Doll *et al.*, 1995); en cambio el estómago de los camélidos, está formado por tres compartimientos (C₁, C₂ y C₃), cubiertos por áreas de sacos glandulares (Bowen, 2003), con una efectiva secreción de bicarbonato que mantiene el pH estomacal cercano al neutro (Cummings *et al.*, 1972; Eckerlin y Stevens, 1973), una mayor producción y concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) (Rubsamen y Engelhardt, 1978; San Martín, 1991), menor excreción renal de urea y mayor reciclaje de nitrógeno (Hinderer y Engerhardt, 1975), que pueden sobrevivir con forrajes de muy baja calidad (Engelhard y Schneider, 1977), sin embargo, ambos tipos de estómagos cumplen el mismo rol, sirven como cámaras de fermentación.

Existe cierta confusión si la alpaca es rumiante o pseudo-rumiante; la confusión deriva de la insistencia en comparar las características anatómicas de su estómago con las de ovino o vacuno (Vallenas *et al.*, 1971). Por lo general, consideran rumiante al vacuno, ovino, caprino (Ramírez, 2005; Burnham, 2006), y pseudo-rumiante al camello (Steven, 2003), llama y alpaca (Irlbeck, 2002), o rumiante modificado (Johnson, 2004), o quasi-rumiante (Cooper, 2006), debido a que carecen de rumen tradicional o tienen un omaso casi indistinguible (Hegazi, 1950).

La confusión se complica más aún cuando también denominan pseudo-rumiante al caballo y la mula (Kelley *et al.*, 2006), o quasi-rumiante a la babirusa (*Babyrousa babyrussa*), que no es ningún camélido sino un extraño “cerdo” de las Islas Célebres de

Indonesia cuyo estómago tiene un saco extra parecido al del ovino pero que de ninguna manera realiza la rumia como lo hace el rumiante (Corliss, 2000). El estómago de camello, llama y alpaca, a pesar de tener un omaso tubular casi indistinguible, está formado sólo por tres compartimentos (C_1 , C_2 , y C_3), de los cuales, C_1 y C_2 , están cubiertos por áreas de sacos glandulares (Vallenas *et al.*, 1971; Bowen, 2003), con células epiteliales equipadas con microvilli (Lechner-Doll *et al.*, 1995), mientras que el estómago de ovino, caprino y vacuno está formado por cuatro compartimentos (rumen, retículo, omaso y abomaso), los tres primeros están cubiertos por papilas con epitelio estratificado y queratinizado (Lechner-Doll *et al.*, 1995); sin embargo, ambos tipos de estómagos sirven de cámaras de fermentación, y responden a los mismos mecanismos de rumia (Irlbeck, 2002).

La simple diferencia anatómica del estómago como único modelo para distinguir rumiante de pseudo-rumiante parece insuficiente y amerita un análisis conceptual desde un punto de vista de la función “rumia” que caracteriza a estos animales. El término rumiante deriva del Latín *ruminare* que significa remasticar el alimento (Ramírez, 2005), esta característica funcional típica y única de los rumiantes, ya fue reconocida en el camello desde los tiempos de Moisés, y está escrita en la Santa Biblia.

Si los camélidos fueran pseudo-rumiantes, quasi-rumiantes, o rumiantes modificados, (Irlbeck, 2002), deberían tener limitaciones para la digestión de los forrajes y el uso de los productos de la digestión; sin embargo, las evidencias muestran que tienen mayor capacidad que el vacuno, ovino o caprino para digerir los forrajes fibrosos, por lo que se les debería denominar súper rumiantes (Hintz *et al.*, 1973; San Martín y Bryant, 1989; Dulphy *et al.*, 1994; López *et al.*, 1998; Van Saun, 2006; Folkesson, 2007), debido a un mayor tiempo de retención del alimento en su tracto

digestivo y una mayor exposición a la fermentación microbiana (López *et al.*, 1998; Sponheimer *et al.*, 2003); menor excreción renal de urea y mayor reciclaje de nitrógeno que les permite sobrevivir con forrajes de muy baja calidad (Engelhardt y Schneider, 1977). A partir de esa base, los camélidos, junto con la jirafa, ciervo, ovino, vacuno, caprino y antílope, son rumiantes (Reiner y Brayant, 1983), tienen un estómago múltiple de varias cavidades (poligástrico), una conducta de “remasticar” el alimento regurgitado y/o digerir el alimento en dos etapas (Schoenian, 2005), con los mismos mecanismos de rumia en ciclo de cuatro fases (regurgitación, remasticación, reinsalivación, redeglución), una similar población microbiana simbiote (Navarre *et al.*, 1999), y similar patrón bioquímico de fermentación microbiana anaeróbica, aunque las concentraciones de los ácidos grasos de la cadena corta en los proventrículos de los camélidos, son siempre mayores (Lechner-Doll *et al.*, 1995).

2.5. Alimentación de camélidos sudamericanos domésticos (CSA)

La base de la alimentación de los CSA en general lo constituyen las praderas de pastos naturales las que se caracterizan por un predominio de gramíneas con escasa presencia de leguminosas. Hay una gran variación estacional tanto en la producción de biomasa como en el contenido de proteína, con relativa abundancia en la estación de lluvias y marcada escasez en la época seca (FAO, 2009).

La alpaca en pastoreo, es altamente selectiva y consume los alimentos de su preferencia de acuerdo a la época del año. En época seca, prefiere dietas de *Eleocharis albibracteata* (quemillo), *Poa spp.* (K'acho), *Calamagrostis heterophyllia* (crespillo), *Calamagrostis vicunarum* (ñapha pasto), *Alchemilla pinnata* (sillu sillu), *Muhlebergia fastigiata* (grama dulce), y *Carex ecuadorica* (qoran qoran); las especies de menor abundancia, pero de alta preferencia son *Poa gymnantha* (q'acho), *Muhlebergia*

peruviana (ñapha), *Stipa brachiphylla* (grano ichu), *Ranunculus limoselloides* (isidro), y *Trifolium amabile* (layo); mientras que *Festuca dolichophylla* (chilliwa), a pesar de su abundancia en las praderas, tiene un bajo índice de preferencia; y más bien consumen considerables cantidades de semillas de gramíneas (Bryant y Farfán, 1994).

Tanto la producción y la reproducción de alpacas son bajas en condiciones de libre pastoreo en pastizales naturales; uno de los factores que frena esta producción es sin duda la alimentación. Sin embargo la capacidad productiva de la alpaca aumenta significativamente por efecto de la buena alimentación. En este caso, con alfalfa/dactylo, los niveles de productividad obtenidos en alpacas Huacaya fueron: capacidad de soporte: 18 unidades alpaca/ha, natalidad 85%, peso vivo madre al empadre 63Kg, peso vivo destete 31Kg, incremento peso post destete 102 gramos/día, peso vellón al año 2.7Kg, diámetro de fibra 28.4 micras y peso carcasa 26Kg. En general las alpacas por ser animales propios del ecosistema alto andino, cuando se provee una mejor alimentación son mejores transformadores de la bioenergía contenido de los pastos cultivados en términos de ganancia de peso vivo y producción de fibra (Choque, 2005). El tiempo de retención de la digesta es mayor en alpacas que en llamas, sin embargo, la digestibilidad de la materia seca por unidad de peso corporal metabólico es mayor en llamas que en alpacas, lo cual indica que las llamas pueden afrontar mejor las dietas de baja calidad que las alpacas (Sponheimer *et al.*, 2003).

2.6. Descripción de los forrajes

2.6.1. La avena (*Avena sativa* L.)

La avena es una planta anual, se cree que su centro de origen sea Asia y el Mediterráneo. Su cultivo ocupa el quinto lugar en el mundo, siendo el cereal forrajero de invierno de mayor importancia en climas fríos y húmedos del hemisferio norte

(Choque, 2005). La avena pertenece a la familia de las gramíneas, tiene un tipo de raíz fibrosa bastante numerosa, un tallo erecto cilíndrico, produce un gran número de macollos variando de 5 - 15 por planta según la variedad, las hojas son lineales con láminas que tiene longitud promedio de 25cm y un ancho de 1 hasta 2cm; carecen de aurícula. La inflorescencia es una panoja o panícula laxa y abierta ramificadas. El fruto es una cariósida o grano algo alargado y puntiagudo en ambos extremos y generalmente vestidos. La cantidad y calidad del forraje depende del estado fenológico óptimo de corte del cultivo forrajero. El estado de floración completa a grano leche es el más adecuado para la siega de avena para henificación, y el estado grano leche a pastoso para ensilaje. El contenido de proteína total, la palatabilidad, los coeficientes de digestibilidad de materia seca disminuyen en la avena conforme avanza la maduración del grano (Choque, 2005).

El objetivo principal de henificación, es obtener heno de buena calidad, con un contenido de humedad de 15 a 20% para asegurar su buena conservación, mediante adecuado método de pre-secado y almacenamiento, de modo que el forraje henificado conserve su valor nutritivo, palatabilidad y digestibilidad.

2.6.2. La alfalfa (*Medicago sativa* L.)

La alfalfa es una leguminosa perenne de crecimiento erecto, posee raíz principal pivotante bien desarrollada, puede penetrar profundidades de 2 a 6 metros. Sus hojas son compuestas, abundantes, trifoliadas o multifoliadas. Los tallos son erectos que varían de 10 – 25 por planta que nacen de la corona y de donde también nacen los brotes. Presentan flores moradas, violetas con distintas tonalidades agrupadas en racimos. El fruto es una legumbre, son retorcidos y tienen 1 a 5 espirales, cada legumbre lleva varias semillas pequeñas de forma arriñonada. La alfalfa es la que tiene

mayor valor nutritivo de todas las cosechas que se cultivan comúnmente para heno. La alfalfa es muy rica en proteína y minerales, contiene diez vitaminas diferentes por lo menos y constituye un pasto excelente para el pastoreo del ganado vacuno en producción de leche o para engorde de vacunos, ovinos y alpacas. La digestibilidad de materia seca y de nutrientes digestibles totales es alta en el estado de floración y pasado la floración declina su digestibilidad (Choque, 2005).

2.6.3. Sales minerales

Suplemento mineral con alto contenido de calcio y fósforo, enriquecido con minerales y vitaminas A, D₃ y E cubre las exigencias metabólicas requeridas para la reproducción, crecimiento y producción de los animales. Los minerales son compuestos útiles para el organismo animal, por ser constituyentes estructurales, además son activadores de diversas enzimas biológicas, manteniendo y regulando las propiedades físicas del estado coloidal de la materia viva y la regulación del equilibrio ácido básico en la sangre y los fluidos corporales, casi todos los elementos minerales esenciales cumplen una o varias funciones catalíticas en las células (Verástegui, 1995).

2.6.4. Sal común

Es el suplemento mineral más común y el más importante en la alimentación de los animales y el hombre. Se agrega a las dietas de diferentes especies animales con la finalidad de satisfacer las necesidades de Na y Cl. Puede ser enriquecida con yodo (yoduro de potasio, 1 parte de yodo por 10000 partes de sal). En la formulación de raciones se utiliza de 0.2 a 1.0% (Castro y Chirinos, 2008).

2.7. Fibra de alpacas

La fibra de alpaca es una estructura organizada, formada principalmente de una proteína llamada queratina con átomos de azufre en sus moléculas, que son

características de los pelos, cuernos, pesuñas y restantes estructuras epidérmicas, y crece desde la raíz de la dermis (Kadwell *et al.*, 2001). La fibra de alpaca morfológicamente es compleja lo que hace que sea resistente al ataque microbiano y desgaste mecánico la cual está constituida por tres partes:

- **Capa cuticular**, es la capa que rodea a la fibra y constituye aproximadamente el 10% de la misma; está formado por un plano de células de forma poligonal, superpuestas unas sobre otras, unidas con notable resistencia por una membrana finísima que le permite cumplir el papel de encerrar y proteger a las células de la capa cortical.
- **Capa cortical**, está protegida por la cutícula y constituye el cuerpo de la fibra es el 90% de la misma está formado por células alargadas, muy delgadas y fusiformes que son responsables de la resistencia y elasticidad de la fibra.
- **Capa medular**, en los CSA la médula se encuentra más acentuada a medida que el diámetro es mayor, las fibras finas no presentan médula, solo tienen vestigios de ellas; en cambio las fibras gruesas si presentan médula (Tapia, M. 1999).

La producción de fibra depende predominantemente del funcionamiento de los folículos pilosos, en periodos largos de crecimiento, la fase anágena (fase activa de desarrollo folicular o crecimiento) es la que predomina (Rogers, 2006), frente a la fase catágena (fase de transición y/o reducción de la papila pilosa y arrugamiento del saco piloso y queratinización) y telógena (fase de reposo donde se reduce de tamaño el folículo por reducción de la papila y saco piloso) (Torres de Jasauí *et al.*, 2007). Existen dos tipos de folículos: los folículos primarios (FP) relacionados con la glándula sebácea, la glándula sudorípara y el músculo que dan origen a los pelos largos y gruesos. Los folículos secundarios (FS) con frecuencia van acompañados de glándulas sudoríparas y

originan la fibra fina y comienzan a desarrollarse alrededor de los folículos primarios (San Martín, 2007). Los CSA tienen una alta eficiencia digestiva con alimentos de baja calidad que está relacionada con el mayor tiempo de retención del alimento en su tracto digestivo (San Martín y Bryant, 1989; Sponheimer *et al.*, 2003).

La finura del vellón de alpacas varían con la localización corporal, de este modo es más fino y largo en zonas de la espalda, dorso y flancos, siendo más grueso y corto en zonas de las extremidades y cabeza (Carpio, 1991), debiendo tomarse en cuenta estas consideraciones para la determinación de la zona muestral representativa para evaluar las características de la fibra de un vellón de alpaca.

La toma de muestra se realiza en la zona del costillar medio [“midside”] (Turner *et al.*, 1953), que se encuentra localizada horizontalmente en la tercera costilla y perpendicularmente en la parte media entre las líneas superior dorsal e inferior ventral. Basado en este método, Aylan-Parker y McGregor, (2002) demostraron que en alpacas, la zona del “midside” también resulta representativa para evaluación de la finura media y peso del vellón. Sin embargo, algunos investigadores utilizan para caracterizar al vellón tres zonas de muestreo: paleta, costillar medio y grupa, lo cual incrementa la mano de obra y los costos de evaluación (Huanca *et al.*, 2007).

En las mediciones de la fibra, el método utilizado debe proporcionar información del diámetro promedio de la muestra (en micras), la desviación estándar y el coeficiente de variación, a fin de ser considerado en planes de mejoramiento genético, así como en la comercialización de animales y de fibra (Hoffman, 2003).

2.7.1. Características físicas de la fibra de alpaca

2.7.1.1. Diámetro de la fibra

Se refiere al diámetro que existe cuando la fibra se corta transversalmente (Gillespie y Flanders, 2010). Se mide en micrómetros (μm), lo que equivale a una milésima parte de un milímetro (Cottle, 2010; Poppi y McLennan, 2010) y define la finura de fibra, este parámetro físico es considerado el principal criterio de selección en poblaciones de alpaca de todo el mundo (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).

Estudios acerca del efecto de la nutrición sobre el crecimiento y calidad de la fibra en alpacas son escasos. Agramonte, (1988) observó mayor producción y mayor diámetro de fibra en animales criados en pasturas cultivadas que en praderas naturales. Russel y Redden (1997) sometieron a un grupo de alpacas a un régimen nutricional de submantenimiento (0.7 M) seguido por otro de sobremantenimiento (2M), encontrando que la alpaca es altamente sensible a la manipulación nutricional y que su efecto sobre la producción de fibra se ejerce más a través de cambios en el largo de la fibra que en el diámetro.

Con el objetivo de determinar las características textiles de la fibra de alpacas Huacaya procedentes de Corani Carabaya, se analizaron 240 muestras de fibra con el equipo OFDA 2000 y los resultados mostraron 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).

El diámetro de fibra se incrementa conforme avanza la edad de $19.04 \pm 1.55 \mu$, $20.39 \pm 2.09 \mu$, $21.01 \pm 1.52 \mu$, $21.04 \pm 1.51 \mu$ en 2 años, 3 años, 4 años y 5 años, respectivamente ($P \leq 0.05$); según zona corporal el diámetro de fibra fue de $20.62 \pm 1.86 \mu$, $20.33 \pm 1.77 \mu$ y $20.16 \pm 1.95 \mu$ en paleta, costillar y grupa, respectivamente sin diferencia significativa ($P > 0.05$) (Pacco, 2010).

Franco *et al.*, (2009) reportaron que niveles alimenticios bajos en energía y proteína afinan la fibra, disminuye su crecimiento en longitud, diámetro y por tanto también disminuye el volumen de la misma ($23.97 \mu\text{m}$ contra $25.75 \mu\text{m}$, $294.7 \mu\text{m}/\text{día}$ contra $319.6 \mu\text{m}/\text{día}$ y $132.95 \mu\text{m}^3/\text{día}$ contra $162.79 \mu\text{m}^3/\text{día}$ respectivamente). Melo, (2006) menciona, que el menor diámetro de fibra para el factor edad de alpacas pertenece a la categoría A ($19.27 \pm 2.43 \mu$) y el mayor diámetro en alpacas que pertenecen a la categoría C ($20.95 \pm 2.86 \mu$). Esto indica que el diámetro de fibra aumenta en relación directa con la edad del animal ($P \leq 0.05$), además que el diámetro de fibra aumenta desde los dos años de edad hasta los cuatro años de vida, para luego decaer al quinto año de vida.

2.7.1.2. Longitud de fibra

La longitud de fibra está dada por la proliferación celular que sucede en el bulbo piloso de los folículos, proceso que es gobernado por el factor genético y medio ambiental, destacando en este último que la alimentación es considerado como los de mayor influencia en la longitud de fibra, 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).

Longitud de fibra constituye uno de los parámetros más importantes en la clasificación de la fibra para su posterior uso en el proceso textil, ya sea en el sistema de peinado o cardado. El peinado requiere fibras largas y de adecuada resistencia y el cardado puede aceptar fibras cortas no muy largas ni resistentes (Carpio, 1991).

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 4 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 100cm² sobre el costillar medio derecho, midiéndose el diámetro (D) y la longitud (L). El T₂ fue significativamente superior al T₁ (p<0.05) en rendimiento de la fibra (5.22 vs 4.43g/100cm²), D (25.75 vs 23.97μ), L (319.6 y 294.7μ/d) y V (162.8 vs 132.95 x 10⁻³μ/d, respectivamente), en tanto que la relación L/D fue similar en ambos tratamientos. 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 D en el incremento de la fibra resultante es mayor que el aporte de L. (Franco *et al.*, 2009).

En la región de Huancavelica, se tomaron muestras de fibra de 31 alpacas hembras adultas, para determinar los valores de longitud de fibra para el costillar medio, la longitud de fibra fue de 9 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).

2.7.1.3. Factor de confort (FC) y factor de picazón (FP)

El factor de confort (FC) se define como el porcentaje de las fibras menores de 30 μ m que tiene un vellón, conocido también como factor de comodidad; si más del 5% de fibras son mayores a 30 μ m, entonces el tejido resulta ser no confortable para su uso por la picazón que siente el consumidor en la piel (McLennan y Lewer, 2005; Mueller, *et al.* 2010). Contrariamente, el porcentaje de fibras mayores a 30 μ 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 factor de picazón igual o menor a 5% (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 (Mueller, 2010 y Sacchero, 2008).

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 alpacas de color blanco provenientes de 8 comunidades de 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).

2.7.1.4. Índice de curvatura (IC)

El índice de curvatura (IC) de la fibra es una característica textil adicional que puede ser utilizado para describir la propiedad espacial de una masa de fibras; esta propiedad, que es común en 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 grado de curvatura del rizo está relacionado con la frecuencia del número de rizos en la fibra, cuando la curvatura es menor a 50 grados/mm se describe como curvatura baja, si la curvatura se encuentra en un rango de 60 y 90 grados/mm se le

considera como curvatura media, y cuando sobrepasa los 100 grados/mm es considerada como una curvatura alta (Holt, 2006).

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 (Ormachea *et al.*, 2013).

Al comparar el grado de curvatura en diferentes especies, Mike (2006) demostró que estos valores están relacionados inversamente al diámetro de fibra, por ejemplo: la vicuña con 13 μ m de diámetro de fibra presenta una curvatura de 88.00 grad/mm, el guanaco con 14.6 μ m tiene una curvatura de 81.00 grad/mm y así sucesivamente.

El índice de curvatura en alpacas ha sido estudiado en Perú por Siguayro y Gutiérrez (2010), quienes encuentran valores entre 47.66 grad/mm y 54.01 grad/mm en alpacas, mientras que Quispe, (2010) encuentra una media de 38,8 grad/mm; al parecer la fibra de alpaca Suri tiene menor curvatura que la Huacaya 15 grad/mm a 35 grad/mm contra 25 a 60 grad/mm respectivamente (Holt, 2006). Marín (2007) reportó para alpacas Huacaya de 1 año de edad valores de 47.14 grad/mm para hembras y 47.22 grad/mm para machos.

2.8. Características físicas de la fibra de llama

La llama produce diferentes tipos de fibras. Un problema mayor de la fibra de llama deriva de su elevada medulación (proporción de cerdas) (PRORECA, 2003). Los estudios sobre diferenciación se remontan al clásico trabajo de Tellería (1983) quién evidenció contrastes en calidad de fibras en animales contemporáneos de diferentes

zonas del Altiplano Central, particularmente involucrando animales K'aras. Martinez *et al.* (1997) describió por primera vez las fracciones de fibras sin medulación (20,2%), con medulación fragmentada (36,7%), medulación continua (39,4%) y kemp (3,7%), y evaluó sus diámetros, siendo la fibra fina no medulada ($25,5\mu\text{m}$) y la fibra gruesa ($40,7\mu\text{m}$). Si el vellón de llama es clasificado (en diferentes partes del cuerpo) y descordado (remoción de los pelos gruesos), se obtiene una buena proporción de fibras finas.

Maquera, (1991) en el CIP La Raya UNA - Puno, al evaluar el diámetro de fibra descordada de llamas K'aras y Ch'akus, encontró promedios de 21.02 y 18.28 micras, para animales de un año de edad, respectivamente; y en animales de dos años 25.47 y 22.07 micras, respectivamente; y al analizar la longitud de fibra descordada de llamas de un año de edad, encontró promedios de 5.10, 6.20 y 6.70cm para K'ara, intermedia y Ch'aku respectivamente. Por otro lado, Ayala (1992) en llamas de la Estación Experimental de Patacamaya – Bolivia, reportó un promedio del diámetro de fibra descordada de 22.70 micras, para animales de dos años de edad, no encontrando diferencias significativas ($P>0.05$) entre sexos. Así mismo, Pumayalla (1999), obtuvo promedios de longitud de fibra descordada de 6.93, 9.40 y 9.80cm, para llamas K'ara, intermedia y Ch'aku, respectivamente.

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 descordar, se tomaron muestras de 10g de fibra de vellones de 227 llamas Ch'aku de la región Apurímac, Perú. Las fibras sin descordar y descordadas fueron analizadas con el equipo

OFDA 2000; se consideraron las variables sexo y edad, el FC en fibra sin descender fue de $89.53 \pm 0.96\%$ y descerdada de $92.27 \pm 0.88\%$ (Layme *et al.*, 2016).

Las llamas presentan una finura de fibra promedio mayor a las fibras de alpacas, debido a su considerable porcentaje de cerdas, haciendo necesario realizar un proceso de descerdado y de esta forma utilizarla en la elaboración de productos más finos y de buena calidad (Rossi, 2004).

2.9. Equipo de análisis del diámetro de fibra

El diámetro de fibra constituye la medida objetiva de mayor importancia. De ahí que se ha desarrollado varios instrumentos de medición. En un principio se empleaban los microscopios de proyección (lanámetro), pero debido a su mayor laboriosidad se buscaron otros equipos más precisos y rápidos.

El *Air Flow* fue un avance importante en este sentido. Sin embargo, a pesar de su rapidez y precisión, este no informaba la frecuencia de los distintos diámetros presentes en la muestra. En los últimos años, se ha extendido el uso de nuevos instrumentos de medición, el Laserscan y el OFDA. Estos además de ser rápidos y precisos, proporcionan una información adicional sobre la frecuencia de los diámetros y su variabilidad (Baxter, 2002).

2.9.1. Análisis óptico del diámetro de fibra (OFDA)

Uno de los equipos de medición del diámetro de fibra es el OFDA 2000, instrumento que permite utilizarse dentro del centro de producción. En cada lectura se obtiene el diámetro fibra, desviación estándar, índice de curvatura, factor de confort en tiempo real aplicando factor de corrección por grasa y también se obtiene un histograma con las observaciones señaladas (Hansford *et al.*, 2002). Durante el proceso de la

medición muestra la posición de los puntos más finos y más gruesos a lo largo de la fibra (McColl, 2004), es útil en programas de mejoramiento genético en alpacas (Ormachea, 2012). El equipo está diseñado para trabajar en condiciones desfavorables, y tiene una excelente rapidez. Es absolutamente portátil pesa 17Kg, posee la más alta tecnología asociada a imágenes microscópicas digitales un procesador equipado con Windows 98, donde hace correr su potente software (Baxter, 2002).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar del estudio

El estudio se realizó en Centro Experimental La Raya de la UNA – Puno, ubicado en el Distrito de Santa Rosa, Provincia de Melgar, Región Puno, a una altitud de 4200m, entre las coordenadas 14°30'33" Latitud Sur y 70°57'12" Longitud Oeste, en el km 205 de la carretera Puno – Cusco (Holgado *et al.*, 1979), entre los meses de junio – setiembre del año 2018, el clima es variado, registrándose temperaturas de 16.9°C como máximo en los meses de octubre y noviembre y un mínimo de -9.7°C en los meses de junio y julio, con una temperatura media de 8.5°C y una precipitación pluvial promedio anual de 655mm y con alta evaporación (SENAMHI, 2018).

El análisis químico de los forrajes se realizó en Laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, en mes de setiembre del año 2018. El análisis de fibras de alpacas y llamas se realizó en Laboratorio de Fibras del Proyecto Especial Camélidos Sudamericanos (PECSA) del Gobierno Regional de Puno, ubicado en Jr. Carabaya N° 351 – Puno.

3.2. Materiales

3.2.1. Instalaciones

- Cercos de paneles metálicas para el manejo de los animales.
- 4 cercos colectivos de malla metálica con techo de calamina para alimentación y permanencia de los animales.
- Galpón para procesamiento físico de forrajes.

3.2.2. Alimentos

- 180 pacas de heno de avena (promedio 16Kg).
- 200 pacas de heno de alfalfa (promedio 14Kg).
- Sales minerales (Rocsalfos).
- Sal común.

3.2.3. Animales

- 15 alpacas Huacayas machos de 2 años de edad.
- 15 llamas (10 Ch'akus y 5 K'aras) machos de 2 años de edad.

3.2.4. Materiales de campo

- 25 metros de mallas arpilleras (1m de ancho) para elaboración de comederos.
- 50m de driza para sujeción de comederos.
- Pintura esmalte para identificación de animales (numeración).
- Registro de campo, bolígrafo y tablero para toma de datos.
- Cámara fotográfica digital (24 mpx).
- 8 lavadores para bebedero de los animales.
- 4 lavadores para comederos adicionales de los animales.
- 4 lavadores para recojo y pesado de alimentos rechazados.
- Un rollo de manguera (100m) de media pulgada para suministro de agua.
- 2 Palas para mezclar alimentos.
- Plástico de doble ancho para proteger alimentos procesados.
- Combustible gasolina de 90 octanos, para el funcionamiento del motor de los molinos.
- Sojas para el manejo de los animales.
- 1 mesa mediana para registro de los datos.

- Bolsitas de polietileno para colección de muestras de fibras de llamas y alpacas.
- 1 tijera para obtener muestras de fibras.
- Plumón indeleble para rotular las muestras de fibra.
- Tinta Epson de color negro para marcado de fibra a nivel de piel.
- Bolsitas de papel para muestras de alimento.

3.2.5. Materiales de laboratorio

a) Materiales

- Vaso de Berzelius de 250mL.
- Vaso precipitado de 50, 100, y 250mL.
- Fiola de 100, 250 y 1000mL.
- Probeta graduada de 10, 20 y 50mL.
- Bureta graduada de 50mL.
- Matraz Erlenmeyer de 25, 50 y 100mL.
- Matraz Kitasato de 2000mL.
- Embudo de 45mmø.
- Campana de desecación.
- Crisol de 20mL para incineración.
- Varillas de vidrio, pinzas, cucharilla para pesado de reactivos muestras.
- Pisceta.
- Papel celulosa.
- Papal filtro de poro fino.
- Papel aluminio.
- Bolsas de papel bon 80g.

b) Equipos

- Balanza analítica con capacidad de 200/0.0001g para análisis de laboratorio.
- Estufa para desecar las muestras.
- Molino manual.
- Mufla de incineración.
- Extractor Soxhlet.
- Destilador Kjeldahl.
- Digestora de fibra.
- Calorímetro de bomba.

c) Reactivos

- Acido Bórico, H_3BO_3 2%.
- Acido Sulfúrico, H_2SO_4 1.25%.
- Hidróxido de sodio, NaOH 1.25%.
- Solución indicadora (Tashiro):
 - Rojo de metileno.
 - Azul de metileno.
- Solución detergente neutro (SDN):
 - Laurel sulfato de sodio, 30g.
 - Etileno diaminotetracético (EDTA), 18.61g.
 - Tetraborato sodio decahidrato, 6.81g.
 - Etilen glicol monoetil éter, 10mL.
 - Fosfato ácido disódico anhidro, 4.56g.
 - Decahidronaftaleno (Decalina).
- Alambre de la bomba calorimétrica.

- Carbonato de sodio.
- Rojo de metilo.
- Agua destilada.

3.2.6. Equipos de campo

- Balanza digital con plataforma con capacidad de 500/0.1kg para pesar animales.
- Balanza digital con capacidad de 50/0.01Kg para pesar alimentos.
- Molino picador forrajero marca TRAPP modelo TRF – 800.
- Picador forrajero marca TRAPP modelo ES – 600.
- Vernier para medir longitud de fibra.
- Equipo OFDA 2000 para análisis de diámetro de fibra.

Distribución de animales

Los animales fueron distribuidos en forma aleatoria en 3 grupos de llamas y 3 grupos de alpacas, cada grupo conformado por 5 animales, tabla 1.

Tabla 1. Distribución experimental de llamas y alpacas

ESPECIE	GRUPO A	GRUPO B	GRUPO C	TOTAL
LLAMAS	1A	1B	1C	15
	2A	2B	2C	
	3A	3B	3C	
	4A	4B	4C	
	5A	5B	5C	
ALPACAS	1A	1B	1C	15
	2A	2B	2C	
	3A	3B	3C	
	4A	4B	4C	
	5A	5B	5C	
TOTAL	10	10	10	30

3.3. Metodología

El trabajo de investigación tuvo dos etapas (pre experimental y experimental), con una duración total de 97 días (3.2 meses), de los cuales 15 días de acostumbramiento de los animales y 82 días de alimentación con tratamiento físico de forrajes.

3.3.1. Etapa pre-experimental

En el presente trabajo de investigación se utilizó 15 llamas machos de 2 años de edad y 15 alpacas machos de la raza Huacaya de 2 años de edad, con un peso promedio de 97.6 ± 9.9 Kg y 48.8 ± 3.8 Kg respectivamente. Estos animales fueron pre seleccionados como futuros reproductores de la población de 352 alpacas machos (blancas y colores) y 18 llamas machos, de la cabaña Llok'eta (5000m de altitud) del Centro Experimental La Raya de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, en buen estado de salud sin defectos congénitos ni hereditarios, luego han sido trasladados al lugar del experimento propiamente dicho, sin embargo, los animales que han sido considerados como testigo del experimento permanecieron en la población de alpacas y llamas.

3.3.1.1. Periodo de acostumbramiento

El periodo de acostumbramiento tuvo una duración de 2 semanas, la misma que se realizó en un potrero cercado de malla metálica donde consumieron pasto natural y se suministró heno de avena y alfalfa de manera gradual para evitar cambios bruscos a la nueva alimentación que podría causar alguna alteración en la fisiología digestiva. Durante este periodo se marcó la fibra a nivel de la piel de la región del costillar medio de cada animal con tinta Epson de color negro, región que representa mayor uniformidad respecto al diámetro de la fibra (Aylan-Parker y McGregor, 2002).

De igual modo durante este periodo a todos los animales se les suministro por vía oral un antiparasitario a base de closantel 12g (Prosantel Se 12%) en la dosis que indica el fabricante.

3.3.1.2. Instalaciones utilizadas:

- **Boxes**, se utilizaron 4 boxes con sus respectivos comedores y cada box fue acondicionado para confinamiento de un total de 5 animales (5m de largo x 3m de ancho), los boxes fueron a base de malla metálica y palos de eucalipto con sus respectivos techos de calamina.
- **Cercos**, los cercos se armaron a base de paneles metálicas, para el adiestramiento, pesado y manejos de los animales.
- **Almacén (galpón)**, esta instalación fue lavado por completo y sirvió para almacenamiento y tratamiento físico de forrajes (molido y picado).

3.3.1.3. Formulación de dieta experimental

Las dietas experimentales para llamas y alpacas, estaban elaborados con heno de avena (*Avena sativa* L.) y heno de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en proporción (1:1), procesados físicamente con molino forrajero marca TRAPP modelo TRF – 800, a 12mm \emptyset de tamaño de partícula y picado con picador forrajero marca TRAPP modelo ES – 600, a 24mm \emptyset de tamaño de partícula, con adición de sales minerales y sal común; formulado según las recomendaciones nutricionales para camélidos, estimados factorialmente (Carmean *et al.*, 1992; Van Saun, 2006; Flores y Guevara, 1994; Roque, 2009) (Tablas 2). La mezcla fue ajustada con el formulador solver.

Tabla 2. Dieta experimental para la alimentación de alpacas y llamas machos.

Alimentos	Mezcla %	Valor nutricional de la dieta (en 100 % de materia seca)	
		Heno de avena	49.80
Heno de alfalfa	49.80	Proteína Cruda, % mín.	12.00
Sales minerales (Rocsalfos)	0.20	Fósforo, % mín.	0.30
Sal común	0.20	Sodio, % mín.	0.18
Total	100.00	FDN, % mín.	51.56

Fuete: Roque, B. (2009).

3.3.1.4. Estimación del alimento ofrecido

El consumo de materia seca (CMS) para ambos grupo de alpacas fue ajustado a un nivel de alimentación de $60\text{g}/\text{W}_{\text{Kg}}^{0.75}$, (alimentación *ad libitum*) y de igual modo para ambos grupos de llamas fue ajustado a un nivel de alimentación de $67\text{g}/\text{W}_{\text{Kg}}^{0.75}$ (alimentación *ad libitum*) (Ramírez, 2017). Las mismas que se ajustaron en el período de acostumbramiento. La dieta suministrada para cada grupo animal fue la misma en composición nutricional, variando solamente en tamaño de partícula para cada grupo de alpacas y llamas, siendo 12mmø para alpacas y llamas del grupo A; y 24mmø para alpacas y llamas del grupo B. Así mismo para cumplir el nivel de consumo *ad libitum*, con alimento a libre disposición se agregó una determinada cantidad de alimento adicional a las cantidades de alimento estimado a fin de evitar deficiencia y restricción del alimento ofrecido, ya que la estimación se realizó con datos experimentales (Ramírez, 2017), la adición de alimento estuvo sujeto a la cantidad final de alimento a ofrecer, para el caso de alpacas se ofreció un máximo de 8Kg/día/grupo y para el caso de llamas se ofreció un máximo de 14Kg/día/grupo, a partir de esa base se fue ajustando la cantidad de alimento ofreció en el período de alimentación conforme evoluciona la ganancia de peso hasta llegar a la ración máxima.

3.3.2. Etapa experimental

3.3.2.1. Alimentación de los animales

Alimentación de llamas. Las llamas del grupo A (n=5) han sido alimentados en forma grupal con dieta experimental conformado por heno de avena y alfalfa (1:1) molido a 12mmø de tamaño de partícula; las llamas del grupo B (n=5), han sido alimentados en forma grupal con dieta experimental conformado por heno de avena y alfalfa (1:1), picado 24mmø de tamaño de partícula y las llamas del grupo C (n=5) han sido alimentados al pastoreo junto con la población de alpacas y llamas.

Alimentación de alpacas. Las alpacas del grupo A (n=5) han sido alimentados en forma grupal con dieta experimental conformado por heno de avena y alfalfa (1:1) molido a 12mmø de tamaño de partícula, igualmente las alpacas del grupo B (n=5), han sido alimentados en forma grupal con dieta experimental conformado por heno de avena y alfalfa (1:1), picado 24mmø de tamaño de partícula y el grupo C (n=5) ha sido alimentados al pastoreo junto con la población de alpacas y llamas. El horario de alimentación para ambas especies fue en tres partes: 8:00am, 12:00pm y 4:00pm, con la finalidad de minimizar alimento rechazado; igualmente todos los días se le ofreció agua limpia y fresca a voluntad (*ad libitum*) a todos los animales.

3.3.2.2. Obtención de muestra de fibra

Al final del experimento, se tomó muestras de fibra de llamas y alpacas en una cantidad aproximada de 5g y se depositó en bolas de polietileno, con sus datos de identificación correspondiente. La toma de muestra se realizó en la zona marcada del costillar medio izquierdo “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 (mayor uniformidad) para evaluar el diámetro de fibra (Aylan Parker y McGregor, 2002), al mismo tiempo se midió longitud de crecimiento de la fibra.

3.3.3. Etapa de análisis de laboratorio

Los análisis químicos de los alimentos (heno de avena y alfalfa) se realizó en Laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, los resultados se muestran en ANEXO la tabla 8 y 9.

3.3.4. Determinación de las características físicas de la fibra de alpacas y llamas

El análisis de las características físicas de la fibra de llamas y llamas se hizo en el Laboratorio de Fibras del Proyecto Especial Camélidos Sudamericanos (PECSA), que está ubicado en Jr. Carabaya N° 351 de la ciudad de Puno. 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 al etapa de antes y después del experimento, 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 fue introducido en el equipo OFDA 2000 para hacer las mediciones, el procedimiento anterior se hizo para cada muestra y en la misma secuencia. En la determinación de la longitud de fibra se utilizó el método directo, para tal efecto se utilizó un vernier, colocándose entre sus pinzas internas la fibra que ha crecido durante el experimento (medición desde la piel hasta la marca con tinte).

3.4. Análisis estadístico

Los datos se expresaron en medidas de tendencia central y dispersión (promedio y desviación estándar, respectivamente). Los datos de las características físicas de la fibra, por efecto del tratamiento físico de forrajes y al pastoreo en llamas y alpacas se analizaron a través de análisis de varianza (ANOVA), utilizando Diseño Bloque Completamente al Azar, con dos bloques (llamas y alpacas) y tres tratamientos (12mmø, 24mmø y pastoreo), mediante el programa estadístico SAS, según el siguiente modelo aditivo lineal fijo, aun nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (Kuehl, 2001):

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta.

μ = Efecto media de la población.

β_i = Efecto de bloques.

α_i =Efecto de tratamientos.

ϵ_{ij} =Efecto del error experimental.

La comparación de medias entre tratamientos, se realizó a través de la prueba de Tukey, las variables a medir fue, las características físicas de la fibra de llamas y alpacas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la Tabla 3, se muestra las medias de algunas características físicas de la fibra de llamas y alpacas del Centro Experimental La Raya.

Tabla 3. Efecto de dos dietas fibrosas y pastos naturales sobre algunas características físicas de la fibra de llamas y alpacas

VARIABLE	GRUPO A	GRUPO B	GRUPO C	P(value)
	12mm \emptyset	24mm \emptyset	Pastoreo	
\emptyset , Inicial (μm)	21.81 \pm 3.0 ^a	20.92 \pm 3.6 ^a	22.88 \pm 2.4 ^a	0.3364
\emptyset , Final (μm)	24.09 \pm 3.6 ^a	23.64 \pm 4.2 ^a	24.41 \pm 2.2 ^a	0.8559
\emptyset , Diferencia (μm)	2.28 \pm 1.4 ^{ab}	2.72 \pm 1.3 ^a	1.53 \pm 0.8 ^b	0.0588
Longitud, cm	2.06 \pm 0.6 ^a	2.17 \pm 0.5 ^a	2.11 \pm 0.2 ^a	0.6940
FC, %	89.91 \pm 7.8 ^a	90.82 \pm 8.9 ^a	87.86 \pm 4.5 ^a	0.5702
IC, Grad/mm	43.87 \pm 6.9 ^{ab}	46.39 \pm 7.5 ^a	38.72 \pm 8.0 ^b	0.0361

^{ab} Superíndices diferentes dentro de filas indican diferencia estadística (P<0.05).

\emptyset = Diámetro

FC = Factor de confort

IC = Índice de curvatura

4.1. Diámetro de la fibra

En la comparación de medias (tabla 3), existe diferencia estadística (P<0.05) sobre engrosamiento de la fibra por efecto de dos dietas fibrosas y pastos naturales, siendo menor para pastoreo (1.53 \pm 0.8 μm) con ligera similitud con 12mm \emptyset (2.28 \pm 1.4 μm) y diferente con 24mm \emptyset (2.72 \pm 1.3 μm), por consiguiente, la prueba demuestra que a mayor tamaño de partícula de las dietas hay un engrosamiento de

diámetro de la fibra de llamas y alpacas; el engrosamiento de la fibra se debería a que las dietas de mayor tamaño de partícula está relacionado con el mayor tiempo de retención en el tracto digestivo, mayor tiempo de remasticación (rumia) e insalivación del bolo alimenticio, por ende mayor eficiencia en el aprovechamiento de nutrientes que llegan al bulbo piloso de los folículos, proceso que provoca el engrosamiento de la fibra tanto en llamas y alpacas reportado por San Martín y Bryant (1989) y Sponheimer *et al.*, (2003). El efecto de alimentación con dos niveles contrastantes de energía (T_1 y T_2 ofreciéndoles 0.73 y 1.23 veces el requerimiento energético de mantenimiento por 84 días) sobre calidad de fibra en alpacas, el T_2 fue significativamente superior al T_1 ($P < 0.05$) en diámetro de la fibra ($25.75\mu\text{m}$ vs $23.97\mu\text{m}$), reportados por Franco *et al.* (2009), resultado similar al resultado del estudio. La suplementación con dietas de bajo contenido nutricional en alpacas, disminuye la producción de fibra, debido a la disminución de la tasa de crecimiento y diámetro de la fibra, observándose también que estos animales producen fibras más finas, reportado por Russel y Redden (1997), Franco y San Martín (2007). De igual modo, Agramonte, (1988) observa una mayor producción y mayor diámetro de fibra en animales criados en pasturas cultivadas que en praderas naturales. El diámetro de la fibra tiene una relación inversa con respecto al factor confort, es decir a menor diámetro de la fibra el factor confort es mayor, reportado por Quispe *et al.* (2009), resultado concordante con los resultados del estudio ($23.640\mu\text{m}$ vs 90.82% , $24.090\mu\text{m}$ vs 89.91% y $24.41\mu\text{m}$ vs 87.86%).

4.2. Longitud de fibra

Las medias de crecimiento de fibra se muestra en la tabla 3, que fue de $2.06 \pm 0.6\text{cm}$ para $12\text{mm}\varnothing$, $2.17 \pm 0.5\text{ cm}$ para $24\text{mm}\varnothing$ y $2.11 \pm 0.2\text{ cm}$ para pastos naturales, al análisis estadístico no hay diferencia significativa ($P > 0.05$), este resultado se debería al igual composición nutritiva de las dietas fibrosas (tabla 8 y 9) y del mismo

sexo de las llamas y alpacas. Sin embargo, Reden (1997) menciona que las alpacas altamente sensibles a la manipulación nutricional y que su efecto sobre la producción de fibra se ejerce más a través de cambios en el largo de la fibra que en el diámetro, de igual modo Agramonte (1988), observó una mayor crecimiento, y mayor diámetro de fibra en animales criados en pasturas cultivadas que en praderas, del mismo modo Franco *et al.*, (2009), al evaluar el efecto de alimentación de dos niveles contrastantes de energía (T₁ y T₂ ofreciéndoles 0.73 y 1.23 veces el requerimiento energético de mantenimiento), reporta que el T₂ fue significativamente superior al T₁ (P<0.05) en el crecimiento de la fibra (319.6 y 294.7 μ /d), es decir T₂ (2.68cm) y T₁ (2.46cm) en 84 días de evaluación; esta diferencia entre tratamientos se debe a dos niveles contrastes de energía, en contraste las dietas del estudio tiene el mismo composición nutricional, solo diferenciándose en tamaño de partícula (12mm \emptyset y 24mm \emptyset). Existe una relación directa entre el diámetro y la longitud, a mayor longitud de fibra mayor diámetro variando en función a la raza, y el crecimiento promedio de fibra en alpacas Huacayas es de un cm por mes, reportado por Quispe *et al.* (2009), resultado coincidente con los resultados del estudio (2.06, 2.17 y 2.11cm por 84 días).

4.3. Factor de confort (FC)

El factor confort general fue de 89.91 \pm 7.8% para 12mm \emptyset , 90.82 \pm 8.9% para 24mm \emptyset y 87.86 \pm 4.5% para pastos naturales (tabla 3), al análisis estadístico no existe diferencia significativa (P>0.05), por consiguiente la prueba demuestra que el tamaño de partícula de la dieta no tiene efecto sobre el factor confort de la fibra de llamas y alpacas, la similitud de los resultados probablemente se debe a la misma edad y sexo de las llamas y alpacas. Lupton *et al.* (2006), menciona el factor de confort presenta variaciones altamente significativas para el efecto de la edad disminuyendo estos valores conforme aumenta la edad de los animales. Ormachea *et al.* (2015), reporta

factor de confort en alpacas hembras de 96.19% y 94.99% para alpacas machos habiendo diferencia ($P < 0.05$). Cottle (2010), reporta que la industria textil prefiere vellones con un factor de confort igual o mayor a 95% y con un factor de picazón igual o menor a 5%, los resultados del estudio (89.91, 90.82 y 87.86%) no estaría dentro de los rangos del requerimiento de la industria textil de prendas de vestir.

4.4. Índice de curvatura (IC)

Comparación de medias de índice de curvatura de fibras de llamas y alpacas se muestra en la tabla 3, siendo 43.87 ± 6.9 grad/mm para $12\text{mm}\varnothing$, 46.39 ± 7.5 grad/mm para $24\text{mm}\varnothing$ y 38.72 ± 8.0 grad/mm pastos naturales, al análisis estadístico habiendo diferencia significativa ($P < 0.05$) entre pastoreo y $24\text{mm}\varnothing$ de tamaño de partícula y con ligera similitud con $12\text{mm}\varnothing$, el resultado se debería al resultado reportado por Mike (2006), quien demuestra que el índice de curvatura tiene una relación inversa con el engrosamiento de la fibra, lo que coincide con los resultados del estudio (46.39 Grad/mm vs $23.64\mu\text{m}$, 43.87 Grad/mm vs $24.09\mu\text{m}$ y 38.72 Grad/mm vs $24.41\mu\text{m}$), es decir las fibras con alta índice de curvatura tienen menor diámetro. Holt (2006), menciona que el índice de curvatura menores a 50 grad/mm se considera como curvatura baja, lo que los resultados del presente trabajo (43.87 , 46.39 y 38.72 Grad/mm) se consideraría como curvatura baja. Ormachea *et al.* (2015), reporta en alpacas de dos años de 43.43 ± 5.44 grad/mm, en tres años 41.21 ± 6.48 grad/mm y en cuatro años 41.27 ± 6.90 grad/mm, no encontrando efecto del factor edad sobre esta variable.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se realizó el trabajo y a partir de los resultados se concluye, que el procesamiento físico de heno de avena y alfalfa (1:1) tiene efecto sobre diámetro e índice de curvatura de la fibra de llamas y alpacas, pero no tiene efecto sobre crecimiento (longitud) y factor de confort de la fibra de los mismos animales.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar trabajos similares con mayor número de repeticiones (alimentación con concentrado fibroso) en diferentes épocas seca de año.

Se recomienda realizar trabajos similares con animales de diferentes edades y sexos.

Se recomienda realizar trabajos de investigación en alpacas de la raza Suri con dos, tres y cuatro años de edad en época seca del año.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agramonte M. 1988. Incremento del peso corporal de crías y ritmo de crecimiento de la fibra de alpacas en dos sistemas de producción. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Cusco: Univ. Nacional San Antonio Abad del Cusco. 72 p.
- Antonini M., Gonzales M., Frank E., Hick M., Pierdominici F., Catalano N y Castrignano F. 2001. Frecuencia de escalas de células cuticulares para los diferentes tipos de vellón de camélidos sudamericanos domésticos. Publicación N° 105. EAAP. Wageningen. Países Bajos.
- Ayala, C. 1992. Crecimiento de fibra y peso vivo en llamas de la estación experimental Patacamaya Bolivia. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú. 90 p.
- 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.
- Baxter, P. 2002. Comparisons between OFDA, Airflow and Laserscan on raw merino wool – proposal to amend IWTO - 47, IWTO Raw Wool Group Report 03, Nice.
- Bowen, R., 2003. Digestive Anatomy in Ruminants. Colorado State University.
- Brenes, E.; Madrigal, K.; Pérez, F. y Valladares, K. 2001. Proyecto andino de competitividad, diagnóstico competitivo y recomendaciones estratégicas. Lima - Perú.
- Bryant, F.C., and R. D. Farfan. 1994. Dry season forage selection by alpaca (*Lama pacos* L.) in Southern Peru. *J. Range Manage.* 37:330:333.
- Carmean, B. R., Johnson, K. A., Johnson, D. E., and Johnson, L.W., 1992. Maintenance energy requirement of llamas. *Am. J. Vet. Rs.* 53(9):1696-1698. PMID: 1329588 [PubMed - indexed for MEDLINE]
- Carpio M. 1991. La fibra de camélidos. En: Novoa y Flores. Producción de rumiantes menores: Alpacas. Lima: RERUMEN. p. 297-359.

- Castro, J. I., Chirinos, D. M., 2008. Manual de formulación de raciones balanceadas para animales, Biblioteca nacional del Perú N°2008-01646, Huancayo - Perú, pag 50, 54, 55, 72.
- CENAGRO 2012. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA Resultados Definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario 2012
- Contreras A. 2009. Estructura cuticular y características físicas de la fibra de alpaca Huacaya (*Vicugna pacos*) de color blanco en la Región de Huancavelica. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Huancavelica: Univ Nacional de Huancavelica. 90 p.
- Corliss, W., 2000. The babirusa: a quasi-ruminant pig. A Most Unusual Southeast Asian Pig. *Animal Kingdom*. 91:46.
- Choque, J. M. 2005. Producción y Manejo de Especies Forrajeras. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú.
- Cottle, D. J. 2010. Wool preparation and metabolism. In: cottle, D. J. (Editor), international sheep and wool handbook. Nottingham university press, nottingham.
- 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
- Engelhardt, W., and W. Schneider, 1977. Energy and nitrogen metabolism in the llama. *Anim. Res. and Develop*. 5:68-72.
- FAO. 2009. Howtofeedtheworld in 2050. 2009. towards 2030/2050. High-Level Expert Forum. Rome 12-13 October 2009. FAO, Rome.
- Fernández Baca, S. 2005. Situación actual de los camélidos sudamericanos en Perú. Proyecto de Cooperación Técnica en apoyo de la crianza y aprovechamiento de los Camélidos Sudamericanos en la Región Andina TCP/RLA/2914. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

- 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*.
- Flores, E. and Guevara, V., 1994. Estimation of Metabolizable Energy Requirements for Maintenance and Gain in Growing Alpacas (*Lama pacos*). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Folkesson, P., 2007. Alpacka-en utfodringsstudie i fält. A field study on feeding of Alpacas in Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala.
- Franco F., San Martin F. Ara M., Olazábal L y Carcelén F. 2009. Efecto del nivel alimenticio sobre el rendimiento y calidad de fibra en alpacas. *Rev. Inv. Vet. Perú*. 20(2): 187-195.
- Gentry, A., J. Clutton-Brock & C.P. Groves. 2004. The naming of wild animal species and their domestic derivatives. *Journal Archaeological Science* 31: 645-651.
- Gillespie, J. y F. Flanders. 2010. Modern livestock and poultry production, 8th Edition, Delmar Cengage Learning, Clifton Park, NY.
- González BA, Palmas RE, Zapata B, Marín JC. 2006. Taxonomic and biogeographical status of guanaco *Lama guanicoe* (*Artiodactyla, Camelidae*). *Mammal Review* 36: 157-178.
- 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.
- Hansford, K. A; Marler, J.W. and McLachlan, I.M. 2002. Using OFDA 2000 and FLEECESCAN to prepare lots for sale and sheep selection: a case study, paper 35, Wool Industry Science Technology Conference, October 2002, Hamilton, Victoria, Australia.
- Hoffman E, Fowler ME. 1995. Fiber. In: The alpaca book. USA: Ed. Clay Press. p 44-84.
- Hoffman E. 2003. Fiber. In: The complete alpaca book. USA: Ed. Bonny Doon.

- Holgado, D., Farfan, R.D., Tapia, M. E., 1979. Evaluación agrostologica de los pastisales de la Raya, Puno, Peru. *Rev. Inv. Pec. (IVITA)*. 4: 32-37
- 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.
- Huanca T., Apaza N. y Lazo A. 2007. Evaluación del diámetro de fibra en alpacas de las comunidades de los distritos de Cojata y Santa Rosa – Puno. *Arch. Latinoamer. Prod. Anim.*, 15 (Supl. 1):480.
- INEI. 2012. Instituto Nacional de Estadística e Informática. IV Censo Nacional Agropecuario.
- Iñiguez L, Alem R, Wauer A, Mueller J. 1998. Fleece types, fiber characteristics and production system of an outstanding llama population from Southern Bolivia. *Small Ruminant Res* 30: 57-65.
- Irlbeck, N., 2002. Basics of Alpaca Nutrition, Part 1. *Alpacas Magazine*.
- Hintz, H. F., H. F. Schryver, and M. Halbert, 1973. A note on the comparison of digestion by new world camels, sheep and ponies. *Anim. Prod.* 16(3):303-305.
- Kadwell, M., M. Fernandez, H.F. Stanley, R. Baldi, J.C. Wheeler, R. Rosadio & M.W. Bruford. 2001. Genetic analysis reveals the wild ancestors of llama and alpaca. *Proceedings of the Royal Society London B* 268: 2575–2584.
- Kuehl, R. 2001. *Diseño de Experimentos. Principios Estadísticos para el Diseño y Análisis de Investigaciones. Versión Española de la 2da Edición.* Thomson-Learning. The University of Arizona.
- 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.
- Lechner-Doll, M., W. Von Engelhardt, H.M. Abbas, L. Mousa, L. Luciano, and E. Reale, 1995. Particularities in forestomach anatomy, physiology and biochemistry of camelids compared to ruminants. In: Tisserand JL (ed) *Elevage et alimentation*

- du dromadaire-camel production and nutrition. Options méditerranéennes, Serie B: Etudes et Recherches Nr 13, CIHEAM, Paris, pp 19-32.
- López, S., M. D. Carro, J. S. Gonzales, and F. J. Ovejero. 1998. "Comparison of different in vitro and in situ methods to estimate the extent and rate of degradation of hays in the rumen." *Animal Feed Science and Technology* 73:99-113.
- Lupton, C.J., McColl, A., and Stobart, R.H. 2006. Fiber characteristics of the Huacaya alpaca. *Small Ruminant Research* 64, 211–224.
- Maquera, E. 1991. Persistencia fenotípica y caracterización de los tipos de llama kara y lanuda. Tesis de Magíster Scientiae en Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. 108 p.
- Marin, E. 2007. Efecto del sexo sobre las características tecnológicas y productivas en alpacas tuis para su uso en la industria textil. Tesis de Magíster Scientiae en Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.
- Martinez, Z., L. C. Iñiguez & T. Rodríguez. 1997. Influence of effects on quality traits and relationships between traits of the llama fleece. *Small Ruminant Research* 24: 203–212.
- McColl, A. 2004. Methods for measuring microns. *Alpacas Magazine*. Herd Sire 164-168.
- 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*
- 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.
- Melo, C. 2006. Diámetro de fibra en alpacas Huacayas ganadoras en ocho ferias ganaderas y su relación con el porcentaje de médula y número de rizos. Tesis. FMVZ-UNA-Puno.

- Mike, S. 2006. "Wool Technology and Sheep Breeding, 2002 50(4)" with permission of Australian Wool Testing Authority, Limited. Copyright © 2002 AWTA, Ltd. www. journal alpaca of fiber.
- 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.
- Navarre, C.B., D.G. Pugh, A.M. Heath, and A. Simpkins., 1999. Analysis of first gastric compartment fluid collected via percutaneous paracentesis from healthy llamas. J. Am. Vet. Med. Assoc. 214:812-815.
- Ormachea, E., Calsín, B. y Olarte, C. 2015. Características textiles de la fibra en alpacas Huacaya del distrito de CoraniCarabaya, Puno. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 17(2), 215-220.
- Ormachea, E., B. Calsin, C. Olarte y D. Quiñones. 2013. Diámetro de fibra, factor de confort e índice de curvatura en alpacas Huacaya de las comunidades de Quelccaya y Chimboya del distrito de Corani - Carabaya – Puno. Tesis Universidad Nacional del Altiplano.
- Ormachea, E. 2012. Características de la fibra de alpaca analizadas con el método OFDA 2000. *Revista de Investigación del IIPC ALLPAK´A VOL 16 N° 1*: Pag 83 – 91.
- Pacco, C. 2010. Diámetro de fibra, numero de rizos y porcentaje de pelos en alpacas reproductores de plantel Huacaya del SPAR Macusani. Tesis Med. Vet. Zoot. UNA Puno.
- Poppi, D. P., and S. R. McLennan, 2010. Nutritional research to meet future challenges. *Anim. Prod. Sci.*
- Pumayalla, D. A. 1999. Análisis de fibra de la llama de Bolivia. UNA- Lima Perú.
- 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., Alfonso L., Flores A., Guillén H. y Ramos Y. 2009. Bases to an improvement program of the alpacas in highland region at Huancavelica-Perú. *Archivos de. Zootecnia*. 58 (224): 705-716.
- Quispe, E. C., Ramos, H., Mayhua, P. y Alonso, L. 2010. Fibre characteristics of vicuña (*Vicugna vicugna*). *Small Ruminant Research*. 93: 64-66
- Ramírez, L., 2005. Los rumiantes domésticos. *Mundo Pecuario*. Vol I (2):38-40. Universidad de Los Andes – Trujillo. Venezuela.
- Ramírez, J. 2017. Efecto del nivel de consumo de alimento sobre la retención de energía en llamas y alpacas. Tesis de Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Nacional del altiplano Puno- Perú.
- 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.
- Roque, B. 2009. Determinación de los requerimientos energéticos de mantenimiento y ganancia de peso de alpacas (*Vicugna pacos*) en crecimiento mediante la técnica de sacrificio comparativo. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- ROSSI, A. C. 2004. Camélidos sudamericanos. Disponible en ITF. (http://www.Zoetenocampo.com/Documentos/camelidos_rossi.htm). Accesado en 01/10/2004.
- Russel A.J. y Redden H.L. 1997. The effect of nutrition on fibre growth in the alpaca. *Anim. Scie.*, 64: 509-512.
- Sacchero, D. 2008. Biotecnología aplicada en camélidos sudamericanos. Gráfica Industrial IERL - Huancayo- Perú.
- San Martín, F., and F. C. Bryant. 1989. Nutrition of domesticated South American llamas and sheep. *Small Ruminant Res.* 2:191-216.

- San Martín, F., 1991. Nutrición y Alimentación de alpacas y llamas. En: Producción de Rumiantes Menores. Editor C. Novoa. Programa de Apoyo en Investigación de Rumiantes Menores, pp 72-99.
- San Martín F. 1996. Nutrición en alpacas y llamas. Fondo Contravalor Perú-Suiza, CISA/IVITA, Fac. Med. Vet., Univ. Nac. Mayor San Marcos. Pub. Cient. IVITA N° 27: 28 p.
- San Martín, F. 2007. Efecto del nivel alimenticio sobre el rendimiento y calidad de fibra en alpacas. Edit. Sirvis Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima – Perú.
- Schoenian, S. 2005. Teaching Integrated Parasite Management to Sheep & Goat Producers.
- SENAMHI, 2018. Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú. www.senamhi.gob.pe.
- Siguayro, R. y Gutiérrez, A. 2010. Comparación de las características físicas de las fibras de la llama ch'aku (*lama glama*) y la alpaca huacaya (*lama pacos*) del centro experimental quimsachata del INIA, Puno. Perú.
- Sponheimer, M., T. Robinson, B. Roeder, J. Hammer, L. A y liffe, B. Passey, T. Cerling, D. Dearing, and J. Ehleringer. 2003. Digestion and passage rates of grass hays by llamas, alpacas, goats, rabbits and horses. Technical note. Small Ruminant Research. 48: 149-154.
- Stanley HF, Kadwell M, Wheeler JC. 1994. Molecular evolution of the family *Camelidae*: a mitochondrial DNA study. Proc R SocLond. B. 256:1-6.
- 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.
- Tapia, M. 1999. Tecnología de fibras animales. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNA – Puno – Perú.

- Tellería, P.W. 1983. Estudio sobre algunas características físicas y químicas de la fibra de llama. Tesis Ing. Agr., Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia, pp. 57.
- 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.
- Turner H. N., Hayman R. H., Riches J. H., Roberts N. F. y Wilson L. T., 1953. Physical Definition of Sheep and Their Fleece for Breeding and Husbandry Studies. Divisional Report No. 4 (Series S.W.-2), Division of Animal Health and Production, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Melbourne, Australia, 92 pág.
- Vallenas, A., Cummings, J. F., and Munnell, J. F., 1971. A gross study of the compartmentalized stomach of two New-World Camelids, the llama and guanaco. *J. Morph.* 134:399-424.
- Van Saun, R. J. 2006. Vitamin D and phosphorus interrelationships in alpacas. Pp. 123-126, In: Proceedings Australian Alpaca Association National Conference, Adelaide, South Australia, Australia, August 18-20, 2006.
- Van Saun, R.J., 2006. Nutrient requirements of South American camelids: A factorial approach. *Small Rum. Res.* 61:165-186.
- Verástegui, S. 1995. Radiografía de la nutrición. Editorial Universitaria UNA. Puno, Perú.
- Wensvoort, J., Kyle, D. J., Orskov, E. R., and Bourke, D. A., 2004. Biochemical Adaptation of Camelids During Fasting. *J. Camel Sci.* 1: 71-75.
- Wheeler JC. 1995. Evolution and present situation of the South American Camelidae. *Biol J Linn Soc.* 54: 271-295.
- Wheeler JC. 2006. Capítulo 3: Historia Natural de la Vicuña. En: Investigación, conservación y manejo de las vicuñas – Proyecto MACS. Vila, B. (ed). Proyecto MACS-Argentina-INCO- Unión Europea. Buenos Aires, 208 pp.

ANEXOS

Tabla 4. Estimación de consumo de materia seca para alpacas del grupo A

N°	ARETE	PESO		CMS/d		
		(Kg)	$W_{Kg}^{0.75}$	$60g/W_{Kg}^{0.75}$	10% H° (g)	10% H° (Kg)
1A	16H784F	51.6	19.25	1155.15	1283.50	1.28
2A	16H607F	46.8	17.89	1073.58	1192.87	1.19
3A	16H102E	50.2	18.86	1131.56	1257.29	1.26
4A	16H522F	47.4	18.06	1083.89	1204.32	1.20
5A	16H512F	49.4	18.63	1118.01	1242.24	1.24
Alimento ofrecido				5562.20	6180.22	6.18

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Estimación de consumo de materia seca para alpacas del grupo B

N°	ARETE	PESO		CMS/d		
		(Kg)	$W_{Kg}^{0.75}$	$60g/W_{Kg}^{0.75}$	8% H° (g)	8% H° (Kg)
1B	16H158E	49.8	18.75	1124.79	1222.60	1.22
2B	16H648F	54.8	20.14	1208.47	1313.56	1.31
3B	16H635F	49.4	18.63	1118.01	1215.23	1.22
4B	16H160F	48.4	18.35	1100.99	1196.73	1.20
5B	16H601F	47.2	18.01	1080.46	1174.41	1.17
Alimento ofrecido				5632.73	6122.53	6.12

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Estimación de consumo de materia seca para llamas del grupo A

N°	ARETE	PESO		CMS/d		
		(Kg)	$W_{Kg}^{0.75}$	$67g/W_{Kg}^{0.75}$	10% H° (g)	10% H° (Kg)
1A	16LL033E	92.2	29.75	1993.53	2215.03	2.22
2A	S/A	87.8	28.68	1921.74	2135.27	2.14
3A	S/A	114.6	35.03	2346.73	2607.48	2.61
4A	16LL023F	110.8	34.15	2288.12	2542.36	2.54
5A	16LL024E	90.0	29.22	1957.75	2175.28	2.18
Alimento ofrecido				10507.88	11675.42	11.68

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Estimación de consumo de materia seca para llamas del grupo B

N°	ARETE	PESO		CMS/d		
		(Kg)	$W_{Kg}^{0.75}$	$67g/W_{Kg}^{0.75}$	8% H° (g)	8% H° (Kg)
1B	16LL053E	105.4	32.90	2203.97	2395.62	2.40
2B	16LL013E	93.8	30.14	2019.42	2195.02	2.20
3B	16LL047E	106.2	33.08	2216.50	2409.24	2.41
4B	16LL032E	103.4	32.43	2172.53	2361.44	2.36
5B	16LL009E	107.8	33.46	2241.50	2436.41	2.44
Alimento ofrecido				10853.92	11797.74	11.80

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Análisis químico de tratamiento físico de forrajes a 12mmø

Forraje	H°	PC	EE	FDN	CT	CNF	ENERGIA BRUTA	
							Kcal/Kg MS	Mcal/Kg MS
Avena	1.6	8.4	4.6	54.0	8.0	24.9	4209.4	4.21
Alfalfa	2.4	16.0	5.4	45.3	10.7	22.7	4127.8	4.13
Promedio	2.0	12.2	5.0	49.7	9.4	23.8	4168.6	4.17

Fuente: Elaborado en base a la investigación.

Tabla 9. Análisis químico de tratamiento físico de forrajes a 24mmø

Forraje	H°	PC	EE	FDN	CT	CNF	ENERGIA BRUTA	
							Kcal/Kg MS	Mcal/Kg MS
Avena	1.6	8.3	5.5	55.3	8.2	22.7	4190.7	4.19
Alfalfa	2.4	16.1	5.6	46.4	10.0	21.9	4112.2	4.11
Promedio	2.0	12.2	5.6	50.9	9.1	22.3	4151.5	4.15

Fuente: Elaborado en base a la investigación.

H° : Humedad**PC** : Proteína cruda**EE** : Extracto etéreo**FDN** : Fibra detergente neutra**CT** : Ceniza total**CNF** : Carbohidratos no fibrosos

Tabla 10. Análisis de fibra de llamas al inicio del experimento (OFDA 2000)

ARETE	RAZA	SEXO	COLOR	EDAD	\emptyset	SD	CV	FC	IC
				Años	μm	μm	%	%	Grad/mm
1-1A-16LL033E	K'ARA	MACHO	GUANACO	2.5	25.2	11.2	44.4	86.0	42.4
1-2A-S/A	CH'AKU	MACHO	PLOMO	2.5	20.6	6.7	32.4	91.6	34.8
1-3A-S/A	K'ARA	MACHO	CAFÉ ROJO	2.5	26.2	9.4	35.8	82.0	40.5
1-4A-16LL023F	CH'AKU	MACHO	CAFÉ ROJO	2.5	21.7	8.5	39.1	91.2	34.9
1-5A-16LL024E	K'ARA	MACHO	BLANCO	2.5	25.9	11.7	45.3	83.1	45.8
1-1B-16LL053E	K'ARA	MACHO	GUANACO	2.5	26.6	12.0	45.1	83.6	39.4
1-2B-16LL013E	CH'AKU	MACHO	CAFÉ ROJO	2.5	18.5	5.6	30.3	94.9	38.6
1-3B-16LL047E	CH'AKU	MACHO	CAFÉ CLARO	2.5	19.6	6.5	33.4	94.4	50.4
1-4B-16LL032E	K'ARA	MACHO	CAFÉ OSCURO	2.5	26.4	10.8	40.8	81.9	40.5
1-5B-16LL009E	K'ARA	MACHO	GUANACO	2.5	22.7	12.9	56.7	94.3	56.6
1-1C-16LL096F	CH'AKU	MACHO	BLANCO car am.	2.5	21.1	6.8	32.2	91.0	41.2
1-2C-16LL054E	CH'AKU	MACHO	PLOMO OSCURO	2.5	19.2	6.2	32.1	94.3	26.9
1-3C-16LL130F	K'ARA	MACHO	LF	2.5	27.0	11.1	41.3	83.6	45.5
1-4C-16LL028F	CH'AKU	MACHO	NEGRO car. bl	2.5	21.0	6.1	28.9	93.6	33.4
1-5C-16LL110F	CH'AKU	MACHO	BLANCO car neg	2.5	21.5	7.3	34.1	89.3	41.1
\bar{x}				2.5	22.9	8.9	38.1	89.0	40.8
DS				0.0	3.0	2.6	7.5	5.1	7.2
CV %				0.0	13.2	28.8	19.8	5.7	17.5

Tabla 11. Análisis de fibra de llamas al final del experimento (OFDA 2000)

ARETE	RAZA	SEXO	COLOR	EDAD	\emptyset	SD	CV	FC	IC
				Años	μm	μm	%	%	Grad/mm
2-1A-16LL033E	K'ARA	MACHO	GUANACO	2.5	27.8	11.7	42.0	79.8	40.3
2-2A-S/A	CH'AKU	MACHO	PLOMO	2.5	21.9	6.7	30.7	88.8	36.3
2-3A-S/A	K'ARA	MACHO	CAFÉ ROJO	2.5	29.6	12.6	42.6	69.2	36.3
2-4A-16LL023F	CH'AKU	MACHO	CAFÉ ROJO	2.5	26.2	9.7	37.1	82.9	33.1
2-5A-16LL024E	K'ARA	MACHO	BLANCO	2.5	27.5	12.6	45.8	80.0	42.4
2-1B-16LL053E	K'ARA	MACHO	GUANACO	2.5	31.7	14.2	44.9	64.4	33.7
2-2B-16LL013E	CH'AKU	MACHO	CAFÉ ROJO	2.5	20.2	6.1	30.1	92.3	36.4
2-3B-16LL047E	CH'AKU	MACHO	CAFÉ CLARO	2.5	24.2	7.6	31.5	84.4	48.2
2-4B-16LL032E	K'ARA	MACHO	CAFÉ OSCURO	2.5	29.0	11.5	39.6	70.6	39.3
2-5B-16LL009E	K'ARA	MACHO	GUANACO	2.5	25.6	12.6	49.4	88.5	48.5
2-1C-16LL096F	CH'AKU	MACHO	BLANCO car am.	2.5	23.6	7.5	31.9	85.9	42.3
2-2C-16LL054E	CH'AKU	MACHO	PLOMO OSCURO	2.5	20.4	5.0	24.7	96.9	20.6
2-3C-16LL130F	K'ARA	MACHO	LF	2.5	28.2	6.6	25.1	83.0	47.9
2-4C-16LL028F	CH'AKU	MACHO	NEGRO car. bl	2.5	24.2	6.7	27.9	86.0	18.9
2-5C-16LL110F	CH'AKU	MACHO	BLANCO car neg	2.5	22.9	7.7	33.5	87.7	35.1
\bar{x}				2.5	25.5	9.3	35.8	82.7	37.3
DS				0.0	3.4	3.0	7.9	8.8	8.8
CV %				0.0	13.5	32.4	22.0	10.7	23.5

Tabla 12. Análisis de fibra de alpacas al inicio del experimento (OFDA 2000)

ARETE	RAZA	SEXO	COLOR	EDAD	\emptyset	SD	CV	FC	IC
				Años	μm	μm	%	%	Grad/mm
1-1A-16H784F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	20.3	4.4	21.8	97.8	54.1
1-2A-16H607F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	21.3	5.8	27.0	94.7	51.6
1-3A-16H102F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	19.6	4.8	24.4	96.9	52.0
1-4A-16H522F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	17.3	4.6	26.8	98.3	49.5
1-5A-16H512F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	20.0	5.5	27.6	95.2	41.2
1-1B-16H158E	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	18.1	4.6	25.4	97.7	60.0
1-2B-16H648F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	20.4	5.2	25.6	95.7	52.4
1-3B-16H635F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	18.1	5.1	28.0	97.6	40.2
1-4B-16H160F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	15.9	3.9	24.5	99.6	51.6
1-5B-16H601F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	22.9	5.7	25.0	91.8	44.4
1-1C-16H786M	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	24.3	8.4	34.4	85.3	45.1
1-2C-16H700F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	23.9	7.1	29.5	86.9	41.8
1-3C-16H665F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	22.7	6.2	27.0	91.1	43.2
1-4C-16H241F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	22.1	5.9	26.6	92.5	47.5
1-5C-16H354E	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	26.0	5.8	22.3	81.8	42.9
\bar{X}				2.5	20.9	5.5	26.4	93.5	47.8
DS				0.0	2.8	1.1	3.0	5.3	5.7
CV %				0.0	13.6	20.5	11.4	5.7	12.0

Tabla 13. Análisis de fibra de alpacas al final del experimento (OFDA 2000)

ARETE	RAZA	SEXO	COLOR	EDAD	\emptyset	SD	CV	FC	IC
				Años	μm	μm	%	%	Grad/mm
2-1A-16H784F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	24.3	5.2	23.4	93.7	44.6
2-2A-16H607F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	21.4	5.5	28.1	96.6	51.7
2-3A-16H102F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	21.9	4.9	24.5	96.3	55.7
2-4A-16H522F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	18.5	4.8	29.0	98.7	49.1
2-5A-16H512F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	21.8	5.5	27.6	95.4	41.1
2-1B-16H158E	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	20.5	3.9	21.0	99.1	56.1
2-2B-16H648F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	21.9	5.3	26.6	95.6	46.6
2-3B-16H635F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	20.3	4.8	26.2	98.1	40.3
2-4B-16H160F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	18.8	3.8	22.4	99.3	57.0
2-5B-16H601F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	24.2	6.0	26.9	92.6	47.5
2-1C-16H786M	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	26.2	6.6	25.0	81.6	42.0
2-2C-16H700F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	25.0	5.6	22.5	88.4	38.1
2-3C-16H665F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	23.9	6.0	25.2	89.0	39.1
2-4C-16H241F	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	23.1	6.2	26.9	91.0	48.6
2-5C-16H354E	HUACAYA	MEACHO	BLANCO	2.5	26.6	6.1	22.8	78.3	33.2
\bar{X}				2.5	22.6	5.3	25.2	92.9	46.0
DS				0.0	2.5	0.8	2.4	6.3	7.2
CV %				0.0	11.0	15.1	9.5	6.8	15.5

Tabla 14. Características físicas de la fibra por efecto de 12mm \emptyset de tamaño de partícula de la dieta, llamas del grupo A

ARETE	RAZA	COLOR	DIAMETRO DE FIBRA			LONGITUD DE FIBRA		FC %	IC Grad/mm
			Inicial (μ m)	Final (μ m)	Diferencia (μ m)	cm	μ m/d		
			25.2	27.8	2.6	1.2	146.3		
1A-16LL033E	K'ARA	GUANACO							
2A-S/A	CH'AKU	PLOMO	20.6	21.9	1.3	1.9	231.7	90.2	35.6
3A-S/A	K'ARA	CAFÉ ROJO	26.2	29.6	3.4	1.4	170.7	75.6	38.4
4A-16LL023F	CH'AKU	CAFÉ ROJO	21.7	26.2	4.5	2.0	243.9	87.1	34.0
5A-16LL024E	K'ARA	BLANCO	25.9	27.5	1.6	1.4	170.7	81.6	44.1
\bar{x}			23.9	26.6	2.7	1.6	192.7	83.5	38.7
DS			2.6	2.9	1.3	0.3	42.6	5.6	4.1
CV %			10.8	10.9	49.0	22.1	22.1	6.7	10.7

FC = Factor de confort.

IC = Índice de curvatura.

Tabla 15. Características físicas de la fibra por efecto de 24mm \emptyset de tamaño de partícula de la dieta, llamas del grupo B

ARETE	RAZA	COLOR	DIAMETRO DE FIBRA			LONGITUD DE FIBRA		FC %	IC Grad/mm
			Inicial (μ m)	Final (μ m)	Diferencia (μ m)	cm	μ m/d		
			26.6	31.7	5.1	1.4	170.7		
1B-16LL053E	K'ARA	GUANACO							
2B-16LL013E	CH'AKU	CAFÉ ROJO	18.5	20.2	1.7	2.1	256.1	93.6	37.5
3B-16LL047E	CH'AKU	CAFÉ CLARO	19.6	24.2	4.6	2.2	268.3	89.4	49.3
4B-16LL032E	K'ARA	CAFÉ OSCURO	26.4	29.0	2.6	1.5	182.9	76.3	39.9
5B-16LL009E	K'ARA	GUANACO	22.7	25.6	2.9	1.5	182.9	91.4	52.6
\bar{x}			22.8	26.1	3.4	1.7	212.2	84.9	43.2
DS			3.7	4.4	1.4	0.4	46.1	9.1	7.3
CV %			16.5	16.9	42.1	21.7	21.7	10.7	16.9

FC = Factor de confort.

IC = Índice de curvatura.

Tabla 16. Características físicas de la fibra por efecto de pastos naturales, llamas del grupo C

ARETE	RAZA	COLOR	DIAMETRO DE FIBRA			LONGITUD DE FIBRA			FC	IC
			Inicial (µm)	Final (µm)	Diferencia (µm)	cm	µm/d	%		
1C-16LL096F	CH'AKU	BLANCO	21.1	23.6	2.5	2.1	256.1	88.5	41.8	
2C-16LL054E	CH'AKU	PLOMO OSCURO	19.2	20.4	1.2	1.9	231.7	95.6	23.8	
3C-16LL130F	K'ARA	LF	27.0	28.2	1.2	1.6	195.1	83.3	46.7	
4C-16LL028F	CH'AKU	NEGRO	21.0	24.2	3.2	2.2	268.3	89.8	26.2	
5C-16LL110F	CH'AKU	BLANCO	21.5	22.9	1.4	2.1	256.1	88.5	38.1	
\bar{x}			22.0	23.9	1.9	2.0	241.5	89.1	35.3	
DS			3.0	2.8	0.9	0.2	29.1	4.4	10.0	
CV %			13.4	11.8	47.7	12.1	12.1	4.9	28.2	

FC = Factor de confort.

IC = Índice de curvatura.

Tabla 17. Características físicas de la fibra de los tres grupos de llamas

VARIABLE	LLAMAS DEL GRUPO A (12mmØ)					LLAMAS DEL GRUPO B (24mmØ)					LLAMAS DEL GRUPO C (Pastoreo)					\bar{x}	General		
	1A	2A	3A	4A	5A	1B	2B	3B	4B	5B	1C	2C	3C	4C	5C				
Ø, Inicial (µm)	25.2	20.6	26.2	21.7	25.9	23.92	26.6	18.5	19.6	26.4	22.7	22.76	21.1	19.2	27.0	21.0	21.5	21.96	22.88
Ø, Final (µm)	27.8	21.9	29.6	26.2	27.5	26.60	31.7	20.2	24.2	29.0	25.6	26.14	23.6	20.4	28.2	24.2	22.9	23.86	25.53
Ø, Difer. (µm)	2.6	1.3	3.4	4.5	1.6	2.68	5.1	1.7	4.6	2.6	2.9	3.38	2.5	1.2	1.2	3.2	1.4	1.90	2.65
Long. cm	1.2	1.9	1.4	2.0	1.4	1.58	1.4	2.1	2.2	1.5	1.5	1.74	2.1	1.9	1.6	2.2	2.1	1.98	1.77
Long, µm/d	146.3	231.7	170.7	243.9	170.7	192.68	170.7	256.1	268.3	182.9	182.9	212.20	256.1	231.7	195.1	268.3	256.1	241.46	215.45
FC, %	82.9	90.2	75.6	87.1	81.6	83.46	74.0	93.6	89.4	76.3	91.4	84.93	88.5	95.6	83.3	89.8	88.5	89.13	85.84
IC, Grad/mm	41.4	35.6	38.4	34.0	44.1	38.68	36.6	37.5	49.3	39.9	52.6	43.16	41.8	23.8	46.7	26.2	38.1	35.29	39.04

Tabla 18. Características físicas de la fibra por efecto de 12mmø de tamaño de partícula de la dieta, alpacas del grupo A

ARETE	RAZA	COLOR	DIAMETRO DE FIBRA		LONGITUD DE FIBRA		FC	IC	
			Inicial (µm)	Final (µm)	Diferencia (µm)	cm			µm/d
1A-16H784F	HUACAYA	BLANCO	20.3	24.3	4.0	2.7	329.3	95.8	49.4
2A-16H607F	HUACAYA	BLANCO	21.3	21.4	0.1	2.4	292.7	95.7	51.7
3A-16H102F	HUACAYA	BLANCO	19.6	21.9	2.3	2.5	304.9	96.6	53.9
4A-16H522F	HUACAYA	BLANCO	17.3	18.5	1.2	2.5	304.9	98.5	49.3
5A-16H512F	HUACAYA	BLANCO	20.0	21.8	1.8	2.6	317.1	95.3	41.2
\bar{x}			19.7	21.6	1.9	2.5	309.8	96.4	49.1
DS			1.5	2.1	1.4	0.1	13.9	1.3	4.8
CV %			7.5	9.6	76.7	4.5	4.5	1.3	9.8

FC = Factor de confort.

IC = Índice de curvatura.

Tabla 19. Características físicas de la fibra por efecto de 24mmø de tamaño de partícula de la dieta, alpacas del grupo B

ARETE	RAZA	COLOR	DIAMETRO DE FIBRA		LONGITUD DE FIBRA		FC	IC	
			Inicial (µm)	Final (µm)	Diferencia (µm)	cm			µm/d
1B-16H158E	HUACAYA	BLANCO	18.1	20.5	2.4	2.6	317.1	98.4	58.1
2B-16H648F	HUACAYA	BLANCO	20.4	21.9	1.5	2.5	304.9	95.7	49.5
3B-16H635F	HUACAYA	BLANCO	18.1	20.3	2.2	2.6	317.1	97.9	40.3
4B-16H160F	HUACAYA	BLANCO	15.9	18.8	2.9	2.7	329.3	99.5	54.3
5B-16H601F	HUACAYA	BLANCO	22.9	24.2	1.3	2.6	317.1	92.2	46.0
\bar{x}			19.1	21.1	2.1	2.6	317.1	96.7	49.6
DS			2.7	2.0	0.7	0.1	8.6	2.9	7.0
CV %			14.0	9.6	31.9	2.7	2.7	3.0	14.0

FC = Factor de confort.

IC = Índice de curvatura.

Tabla 20. Características físicas de la fibra por efecto de pastos naturales, alpacas del grupo C

ARETE	RAZA	COLOR	DIAMETRO DE FIBRA			LONGITUD DE FIBRA			FC	IC
			Inicial (µm)	Final (µm)	Diferencia (µm)	cm	µm/d	%		
1C-16H786M	HUACAYA	BLANCO	24.3	26.2	1.9	2.2	268.3	83.5	43.6	
2C-16H700F	HUACAYA	BLANCO	23.9	25.0	1.1	2.1	256.1	87.7	40.0	
3C-16H665F	HUACAYA	BLANCO	22.7	23.9	1.2	2.3	280.5	90.1	41.2	
4C-16H241F	HUACAYA	BLANCO	22.1	23.1	1.0	2.2	268.3	91.8	48.1	
5C-16H354E	HUACAYA	BLANCO	26.0	26.6	0.6	2.4	292.7	80.1	38.1	
\bar{x}			23.8	25.0	1.2	2.2	273.2	86.6	42.2	
DS			1.5	1.5	0.5	0.1	13.9	4.8	3.9	
CV %			6.4	5.9	40.7	5.1	5.1	5.5	9.1	

FC = Factor de confort.

IC = Índice de curvatura.

Tabla 21. Características físicas de la fibra de los tres grupos de alpacas

ARIABLE	ALPACAS DEL GRUPO A (12mmø)					ALPACAS DEL GRUPO B (24mmø)					ALPACAS DEL GRUPO C (Pastoreo)					\bar{x}	General		
	1A	2A	3A	4A	5A	1B	2B	3B	4B	5B	1C	2C	3C	4C	5C				
Ø, Inicial (µm)	20.3	21.3	19.6	17.3	20.0	19.70	18.1	20.4	18.1	15.9	22.9	19.08	24.3	23.9	22.7	22.1	26.0	23.80	20.86
Ø, Final (µm)	24.3	21.4	21.9	18.5	21.8	21.58	20.5	21.9	20.3	18.8	24.2	21.14	26.2	25.0	23.9	23.1	26.6	24.96	22.56
Ø, Difer. (µm)	4.0	0.1	2.3	1.2	1.8	1.88	2.4	1.5	2.2	2.9	1.3	2.06	1.9	1.1	1.2	1.0	0.6	1.16	1.70
Long. cm	2.7	2.4	2.5	2.5	2.6	2.54	2.6	2.5	2.6	2.7	2.6	2.60	2.2	2.1	2.3	2.2	2.4	2.24	2.46
Long, µm/d	329.3	292.7	304.9	304.9	317.1	309.76	317.1	304.9	317.1	329.3	317.1	317.07	268.3	256.1	280.5	268.3	292.7	273.17	300.00
FC, %	95.8	95.7	96.6	98.5	95.3	96.36	98.4	95.7	97.9	99.5	92.2	96.71	83.5	87.7	90.1	91.8	80.1	86.59	93.22
IC, Grad/mm	49.4	51.7	53.9	49.3	41.2	49.06	58.1	49.5	40.3	54.3	46.0	49.61	43.6	40.0	41.2	48.1	38.1	42.15	46.94

Tabla 22. Análisis de varianza, características físicas de la fibra de llamas y alpacas

	F. de V.	G. L.	S. C.	C. M.	F	P - valor
Ø Inicial (µm)	Bloques	1	30.60300	30.60300	3.61	0.0685
	Tratamientos	2	19.26200	9.63100	1.14	0.3364
	Error	26	220.31800	8.47377		
	Total	29	270.18300			
Ø Final (µm)	Bloques	1	66.30533	66.30533	6.94	0.0140
	Tratamientos	2	2.99267	1.49633	0.16	0.8559
	Error	26	248.47667	9.55679		
	Total	29	317.77467			
Ø Diferencia(µm)	Bloques	1	6.81633	6.81633	5.96	0.0218
	Tratamientos	2	7.24067	3.62033	3.17	0.0588
	Error	26	29.73667	1.14372		
	Total	29	43.79367			
Longitud cm	Bloques	1	3.60533	3.6053	44.04	<.0001
	Tratamientos	2	0.06067	0.0303	0.37	0.6940
	Error	26	2.12867	0.0819		
	Total	29	5.79467			
FC %	Bloques	1	410.70000	410.7000	10.33	0.0035
	Tratamientos	2	45.64067	22.82033	0.57	0.5702
	Error	26	1033.59400	39.75362		
	Total	29	1489.93467			
IC Grad/mm	Bloques	1	469.65633	469.6563	11.69	0.0021
	Tratamientos	2	304.14067	152.0703	3.78	0.0361
	Error	26	1044.81667	40.18526		
	Total	29	1818.61367			

Tabla 23. Prueba de Tukey para características físicas de la fibra de llamas y alpacas

	Tratamiento	n	Medias	Tukey (p<0.05)
Ø Inicial (µm)	Pastoreo	10	22.880	a
	12mmØ	10	21.810	a
	24mmØ	10	20.920	a
	Total	30	65.610	
Ø Final (µm)	Pastoreo	10	24.410	a
	12mmØ	10	24.090	a
	24mmØ	10	23.640	a
	Total	30	72.140	
Ø Diferencia(µm)	24mmØ	10	2.720	a
	12mmØ	10	2.280	ab
	Pastoreo	10	1.530	b
	Total	30	6.530	
Longitud cm	24mmØ	10	2.170	a
	Pastoreo	10	2.110	a
	12mmØ	10	2.060	a
	Total	30	6.340	
FC %	24mmØ	10	90.840	a
	12mmØ	10	89.930	a
	Pastoreo	10	87.890	a
	Total	30	268.660	
IC Grad/mm	24mmØ	10	46.410	a
	12mmØ	10	43.900	ab
	Pastoreo	10	38.760	a
	Total	30	129.070	

PANEL FOTOGRAFICO



FIGURA 1. Población de alpacas y llamas



FIGURA 2. Alpacas y llamas seleccionadas para la investigación



FIGURA 3. Adquisición de heno de alfalfa (Arequipa).



FIGURA 4. Descarga de heno de alfalfa en Centro Experimental La Raya.



FIGURA 5. Molino picador forrajero marca TRAPP modelo TRF – 800.



FIGURA 6. Picador forrajero marca TRAPP modelo ES – 600.



FIGURA 7. Molido de heno de alfalfa a 12mm ϕ de tamaño de partícula.



FIGURA 8. Picado de heno de alfalfa a 24mm ϕ de tamaño de partícula.



FIGURA 9. Pesado de sal común.



FIGURA 10. Sal mineral (Rocsalfos).



FIGURA 11. Pesado de mezclas alimenticias.



FIGURA 12. Preparación de la mezcla de heno de avena y alfalfa (1:1).



FIGURA 13. Boxes colectivos.



FIGURA 14. Cubículos de permanencia de los animales.



FIGURA 15. Tratamiento físico del forraje a 12mm ϕ de tamaño de partícula.



FIGURA 16. Tratamiento físico del forraje a 24mm ϕ de tamaño de partícula.



FIGURA 17. Pesado de la dieta para llamas del grupo A.



FIGURA 18. Dietas pesadas para un día, para los cuatro grupos de animales.



FIGURA 19. Alimentación de alpacas del grupo B (24mm \varnothing de tamaño de partícula).



FIGURA 20. Alimentación de alpacas del grupo A (12mm \varnothing de tamaño de partícula).



FIGURA 21. Alimentación de llamas del grupo A (12mm \varnothing de tamaño de partícula).



FIGURA 22. Alimentación de llamas del grupo B (24mm \varnothing de tamaño de partícula).



FIGURA 23. Suministro de agua *at libitum* a las alpacas.



FIGURA 24. Suministro de agua *at libitum* a las llamas.



FIGURA 25. Alimentación de alpacas y llamas en pastos naturales (grupo testigo).



FIGURA 26. Grupo de llamas testigo.



FIGURA 27. Medición de crecimiento de la fibra en alpacas.



FIGURA 28. Muestreo de la fibra en la región del costillar medio de la alpaca.



FIGURA 29. Muestras de fibra de alpacas.



FIGURA 30. Muestras de fibra de las alpacas del grupo C (testigo).



FIGURA 31. Muestras etiquetadas de heno de alfalfa y avena para Laboratorio.



FIGURA 32. Muestra de alfalfa molido a 12mmø.



FIGURA 33. Muestra de heno de alfalfa picado a 24mmø.



FIGURA 34. Muestra de heno de avena molido a 12mmø.



FIGURA 35. Muestra de heno de avena picado a 24mmø.



FIGURA 36. Molido de los forrajes para su análisis químico en Laboratorio.



FIGURA 37. Laboratorio de Nutrición Animal FMVZ UNA – PUNO.



FIGURA 38. Pesado de muestras de alimentos para su análisis respectivo.



FIGURA 39. Determinación de FDN (filtrado de muestra).



FIGURA 40. Determinación de proteína cruda (titulación)



FIGURA 41. Muestras de fibra en Laboratorio de Fibras (PECSA).



FIGURA 42. Equipo OFDA (PECSA Puno).