



UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias
Departamento de Ciencias Biológicas Animales



Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario

**“CARACTERIZACIÓN DE CALIDAD DE FIBRA DE ALPACAS (*LAMA PACOS*),
PERTENECIENTES A LA AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA AYMARA,
DE LA REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA”**

HÉCTOR ANDRÉS PAVEZ AGUIRRE

PROFESOR GUÍA:
DR. VÍCTOR H. PARRAGUEZ GAMBOA

Santiago, Chile
2011

RESUMEN

Las comunas altiplánicas de la región de Arica y Parinacota poseen una población mayoritariamente aymara, la cual tiene como principal actividad económica la ganadería de camélidos sudamericanos, destacando la producción de fibra de alpaca. El objetivo del presente estudio fue caracterizar la calidad de la fibra y del vellón de alpacas, de acuerdo a su finura (DF), factor de confort (FC) y longitud en los rebaños pertenecientes a la ganadería familiar campesina de esta región, con el propósito de conocer las cualidades del producto que se comercializa. Para ello, se muestrearon 1.441 alpacas, de las cuales se recogieron tres muestras provenientes de la zona corporal paleta, costilla y grupa. Para el estudio de la fibra se consideró como factores de variación el color, edad, sexo y localidad. Para determinar las características en estudio (DF, FC y longitud) se utilizó el analizador óptico de diámetro de fibra (OFDA 2000). Los resultados mostraron que el vellón es heterogéneo, debido a la existencia de diferencias significativas de DF entre las muestras de paleta, costilla y grupa, donde la mayor finura corresponde a la grupa. Es importante destacar que las muestras de costilla no evidencian diferencias con el promedio del animal. Con respecto a FC, su comportamiento es inverso al DF. El análisis del color indica que el DF disminuye a medida que la pigmentación de la fibra es menor, lo que concuerda con lo reportado por otros autores. La variable sexo no evidenció diferencias en ninguna característica en estudio. De acuerdo a los resultados, la clasificación de la fibra de alpaca se encuentra entre “baby y superfine”, lo que a nivel regional corresponde a “alpaca baby” ($21,66 \pm 3,3$ μm , $89,0 \pm 12,0$ % y $112,1 \pm 30,5$ mm.; DF, FC y longitud respectivamente), considerándose muy adecuada para el mercado que demanda fibras para la confección de prendas de vestir con y sin contacto con la piel.

Palabras clave: alpaca, vellón, calidad de fibra, diámetro, factor de confort.

SUMMARY

The highland communities in the region of Arica and Parinacota has a population mostly aymara, which has South American camelid livestock as its main economic activity, especially the production of alpaca fiber. The aim of this study was to characterize the quality of the fiber and the fleece of alpacas, according to its fineness (DF), comfort factor (CF) and length in the flocks belonging to the aymara farmers, in order to know the quality of the alpaca fiber being marketed. To this end, 1.441 alpacas were sampled, collecting three samples each (shoulder blade, rib and rump). For the study of the fiber, color, age, sex and location were considered as variation factors. To determine the characteristics under study (DF, FC and longitude) an optical fiber diameter analyzer (OFDA 2000) was used. The results showed that the fleece is heterogeneous, due to the existence of significant differences between DF from samples of shoulder blade, rib and rump, where the greater fineness corresponds to the rump. Importantly rib samples show no differences with the average animal. With respect to FC, its tendency is opposite to DF. Color analysis indicates that the DF diminishes as the pigmentation of the fiber decreases, consistent with those reported by other authors. The variable sex showed no differences in any trait under study. According to the results, the classification of alpaca fiber is between "baby and superfine", which under local definition, corresponds to "baby alpaca" (21.74 ± 3.4 microns, 89.0 ± 12.0 % and 112.1 ± 30.5 mm., DF, FC and longitude, respectively), considered very suitable for market demand for making fiber clothing with and without contact with the skin.

Key Words: alpaca, fleece, fiber quality, diameter, comfort factor.

1. INTRODUCCIÓN

La Región de Arica y Parinacota, se constituyó como tal en octubre de 2007 cuando se promulgó la Ley N° 20.175. Está conformada por cuatro comunas: Arica, Camarones, General Lagos y Putre.

Una de las características a destacar de la Región de Arica y Parinacota, es que tres de las cuatro comunas se encuentran en el primer cuartil de las más aisladas del país. Dos de ellas en posiciones bastante extremas dentro del ranking de aislamiento: segundo (General Lagos) y noveno (Camarones); Putre y Arica se encuentra en el lugar 75^o y 280^o de este ranking respectivamente (CORDAP, 2008). Dicho aislamiento dice referencia a un territorio con un bajo nivel de accesibilidad, con escasa población y alta dispersión, baja presencia y cobertura de servicios básicos y públicos, cuyos factores provocan una situación de desventaja y desigualdad social con respecto al desarrollo del país (CORDAP, 2008).

Otra de las características a destacar, es la concentración de población aymara, la cual según estadísticas del Instituto Nacional de Estadísticas INE (2005), es el segundo grupo indígena más representativo de Chile y el más importante en la Región de Arica y Parinacota, así como también en la Región de Tarapacá. Es relevante mencionar que las explotaciones y superficies agropecuarias existentes en las comunas de General Lagos y Putre están aproximadamente en un 99% bajo el manejo de productores aymaras. Esta importante tendencia se repite en Camarones y Arica (con 97,3% y 44,4% respectivamente) (ODEPA, 2002).

Con respecto a las comunas de General Lagos y Putre, las superficies agropecuarias corresponden en su mayoría a praderas naturales, destinadas fundamentalmente a la crianza extensiva de ganado camélido (ODEPA, 2002). Dicho ganado está compuesto principalmente por llamas (*Lama glama*) y alpacas (*Lama pacos*), siendo la base productiva de todo asentamiento aymara en el altiplano chileno (Raggi, 2005; Zegarra, 2008). Dichas especies producen fibra, carne y cuero. La fibra se obtiene principalmente de

la alpaca, la cual cobra importancia por ser una de las pocas fuentes de ingresos del ganadero altoandino.

Esta investigación está orientada a evaluar la calidad de fibra de alpacas, mediante un método de medición de alta precisión, que además entrega datos relevantes para la clasificación del producto a comercializar, como también del proceso de selección de animales para reproducción.

1.1. Antecedentes generales

Los camélidos sudamericanos están representados por cuatro especies, dos de carácter doméstico como la alpaca y la llama y dos silvestres como la vicuña (*Vicugna vicugna*) y el guanaco (*Lama guanicoe*).

La alpaca y la llama proveen productos de alta calidad, como son la fibra y la carne, que a menudo constituyen el único medio de subsistencia de un vasto sector de la población altoandina. Las especies silvestres, vicuña y guanaco, que se consideran antecesoras de las especies domésticas, ofrecen igualmente un importante potencial de aprovechamiento sustentable dentro de los marcos legales establecidos (Fernández-Baca, 2005; Raggi, 2005).

1.2. Población de camélidos en la Región de Arica y Parinacota

Cuadro N°1: Existencia de alpacas por comuna en la Región de Arica y Parinacota.

Comuna	Alpacas	
	Informantes	Cabezas
Arica	8	108
Camarones	13	392
Putre	47	4.635
General Lagos	156	13.931
Total Regional	224	19.066
Total Nacional	755	26.147

Fuente: INE, 2007.

El cuadro N°1 muestra la cantidad de alpacas presentes en la Región de Arica y Parinacota, destacándose las comunas de General Lagos y Putre, las cuales concentran el 71 % del ganado alpaquero nacional, según datos

aportados por el último censo nacional agropecuario (INE, 2007).

1.3. Características generales de la fibra de alpaca

Existen dos razas de alpacas: Huacaya y Suri, las cuales se diferencian por sus características fenotípicas. La raza Huacaya es más rústica que la raza Suri, teniendo mayor resistencia al medio y adaptación al clima frío. Las crías son robustas y nacen con abundante lana. El vellón es de apariencia esponjosa, con fibras de menor longitud, lo que le da una apariencia más voluminosa al animal (Fernández-Baca, 2005).

Los vellones de las alpacas presentan diversos colores, que comprenden toda la gama que va desde el blanco hasta el negro. Este vellón puede tener un color uniforme o dos colores distribuidos en manchas (Raggi, 2005). Esta gran variedad de colores naturales, única entre las fibras textiles, la hace atractiva para un nicho de mercado interesado en la protección del medio ambiente (Chavez, 2008). Otra característica a destacar es su propiedad térmica, que la hace ideal como fuente de protección ante temperaturas extremas (frío y calor), ya que estas fibras permiten mantener la temperatura corporal porque contienen bolsillos microscópicos de aire en la médula que le otorgan adecuadas características aislantes y posibilitan que los artículos confeccionados con alpaca puedan ser usados en un amplio rango climático (Schmid *et al.*, 2006).

Como todas las fibras especiales, las fibras de alpaca son flexibles y suaves al tacto, poco inflamables, de bajo arielamiento y poco alergénicas. Además, los tejidos de estas fibras son de primera elección para la confección de vestidos con excelentes pliegues, apariencia, caída y lustrosidad, que en su conjunto confieren la apariencia de ser nuevos independiente del tiempo que puedan haber sido usados. Además, su poca capacidad de absorber humedad ambiental (máximo 10 a 15%) permite mantener su aspecto (Quispe *et al.* 2009).

1.4. Aspectos anatómicos de la fibra de alpaca

1.4.1. Estructura de la piel: La piel de alpaca es similar a la de otros mamíferos y está compuesta por dos capas principales bien definidas: una externa llamada epidermis y otra interna, mucho más gruesa conocida como dermis. La epidermis está formada por cuatro estratos, como el germinativo (donde nacen los demás estratos), espinoso, granuloso (consistentemente presente en la piel peluda) y el estrato córneo, que es el más superficial. La dermis, capa por debajo de la epidermis, se destaca principalmente porque en ella se encuentran los folículos pilosos, las glándulas sebáceas, las glándulas sudoríparas y el músculo erector del pelo. Se subdivide en dos estratos, dermis superficial (nidos foliculares) y dermis profunda (lugar donde se presentan los bulbos pilosos). La dermis, a diferencia de otras especies, se destaca por la distribución de los capilares sanguíneos, ya que éstos forman paquetes tortuosos alrededor de los grupos foliculares (Sosa, 2006).

1.4.2. Folículo piloso: Esta estructura es la que rodea a la fibra en formación, cubriendo todo el espesor de la dermis. En su base se aprecia un ensanchamiento que constituye el bulbo piloso, el cual presenta una papila de tejido conectivo con varios capilares. Los folículos de la alpaca, por su distribución, se clasifican en dos clases: simples y compuestos. Los simples contienen una sola fibra, con un diámetro bastante grueso. En cambio, los compuestos se encuentran formados por estructuras de diferentes tipos y grosores, las cuales se compactan y en la zona superficial se fusionan unos con otros y su emergencia es única. Este folículo compuesto toma el nombre de nido folicular, con un folículo primario y varios secundarios. El primario (FP), es el más grande y de mayor diámetro y está relacionado con la glándula sebácea, la glándula sudorípara y el músculo erector. Cabe señalar que el FP no está rodeado completamente por folículos secundarios (FS), sino que se localiza a un lado de ellos. Los FS son de menor diámetro y

con frecuencia van acompañados de glándulas sudoríparas.

La relación entre FS y FP, es en promedio de 7:1, en un rango que va de 2 a 17 FS por cada FP (Franco, 2006; Sosa, 2006).

1.4.3. Estructura física de la fibra: Esta consta de tres partes, siendo similar entre los animales: cutícula (capa más superficial), corteza y médula (Sosa, 2006). La cutícula está conformada por escamas, dando el aspecto de una superficie áspera. Dichas escamas, a medida que el diámetro disminuye, se tornan de aspecto semicoronal o coronal y por el contrario, a medida que la fibra se engruesa las escamas son más pequeñas y sus márgenes se vuelven más irregulares y próximos (Franco, 2006).

La formación especial de las células cuticulares, es la responsable de la propiedad fieltrante que tiene la lana, ya que les permite a las fibras adherirse unas a otras (Martinic, 1993). La corteza es una capa muy variable en la fibra de alpaca y aumenta su proporción relativa a medida que el diámetro disminuye (Franco, 2006), siendo en todos los casos la estructura de mayor volumen.

La resistencia y elasticidad de cualquier fibra dependen de la estructura de la corteza. Cualquier separación de las células corticales por acción mecánica o química la harán perder su resistencia y elasticidad (Martinic, 1993); además, la corteza presenta los pigmentos que diferencian las fibras según color (Martinic, 1993). Finalmente, la médula es la parte central de la fibra, se origina en el folículo y se manifiesta como un espacio longitudinal semivacío, que aumenta su incidencia con el grosor de la fibra. La forma y tamaño de la médula es muy variable como también su continuidad en la fibra (Martinic, 1993). La medulación es considerada indeseable, ya que es propia de pelos gruesos, rígidos y frágiles. Además presentan una menor capacidad de ser teñidos, debido a la menor proporción de corteza que toma la tinte (Martinic, 1993).

1.5. Panorama comercial de la fibra de alpaca

La fibra de alpaca ingresó al mercado mundial a principios del siglo XIX, destacándose por su gran suavidad y resistencia. La fuerza de la fibra no disminuye con la finura, haciéndola ideal para el proceso industrial. Sin embargo, debido a los bajos volúmenes de oferta en comparación con otras fibras de origen animal como el mohair, cashmere o pelo de camello, la fibra de alpaca está sujeta a fluctuaciones considerables de precio en el mercado internacional, lo que naturalmente se refleja en los precios que la industria paga al productor (Fernández-Baca, 2005). Pese a estas fluctuaciones, se ha notado que el consumo de prendas elaboradas con fibra de alpaca puede ser considerado dentro de los bienes “*giffen*”, es decir poseen una curva de demanda con pendiente positiva (Zegarra, 2008). Esto no varía mucho en la situación nacional, pese a que no existe en Chile un consumo sostenido de prendas confeccionadas con fibra de alpaca, a diferencia de los países vecinos Perú y Bolivia. No obstante, actualmente se están llevando a cabo acciones que permiten impulsar esta producción, las que están dirigidas principalmente a lograr asociar a los pequeños productores, los cuales de esta forma obtendrán un *stock* de fibra que puede ser comercializado. Ante esto y según información del Ministerio de Agricultura, en los seis primeros meses del 2009 se exportó a Argentina 900 kilos de fibra de alpaca evaluada en US\$ 5000. Cabe destacar que desde el año 2002 al 2008 se exportaban sólo 70 kilos por año entre fibra de alpaca y vicuña (MINAGRI, 2009).

1.6. Clasificación de la fibra de alpaca

El interés por industrializar la fibra implica un mejoramiento de la materia prima, siendo importante el proceso de clasificación previa a la comercialización. Para esto, las principales características que se toman en cuenta son la finura o diámetro, la longitud de mecha y la resistencia (Fernández-Baca, 2005). Cabe mencionar que el valor de fibra de camélidos,

como en todas las otras fibras de distintas especies, depende en gran medida del diámetro de fibra media (Frank *et al.*, 2006A; Sacchero, 2005). Es importante señalar que el diámetro de la fibra es medida en micrómetros (μm), el cual equivale a 1/1000000 de un metro. El diámetro promedio de fibra (DPF) de uso común a nivel internacional, desviación estándar (DE) y coeficiente de variación (CV), son mediciones que se entregan en los análisis con distribuciones normales (Yocum-McColl testing laboratories, INC, 2006).

Con respecto a la longitud, el promedio de ella tiene una influencia sobre el rendimiento al hilado y resistencia del hilo, como también en la uniformidad del producto (Lupton *et al.*, 2006).

Otra de las características a considerar en la comercialización de fibra es el color, el cual según la norma técnica peruana (NTP) establece procesos de clasificación de acuerdo a las diferentes tonalidades de colores básicos naturales de alpaca (IPAC Perú, 2009). El cuadro N°2 presenta la fibra de alpaca clasificada según diámetro, factor de comfort y longitud.

Pese a que el diámetro de la fibra, es la característica más importante para valorar su calidad, existen muy pocos antecedentes de

aquellos animales que se mantienen en el altiplano y sólo se registra información de animales trasladados desde el altiplano a la zona central del país, a los que se les realizó lanimetría una vez llegados a la sexta Región. Registrándose un promedio de fibra de $22,54 \pm 3,5 \mu\text{m}$ (Raggi, 2005; Castellaro, 1993).

1.7. Mediciones adicionales

1.7.1. Factor de comfort: Es el porcentaje de fibras menores a $30 \mu\text{m}$ (Yocum-McColl testing laboratories, INC, 2006). Fibras mayores a esta medida se relacionan con la sensación de picor de los tejidos debido a que las fibras de mayor diámetro son menos flexibles (Sacchero, 2005).

Según lo que señala Chaves (2008), cuando una prenda de fibra de alpaca, de lana u otra fibra animal tiene más del 5% de fibras con finura superior a los $30 \mu\text{m}$ se produce el efecto de picazón. Es necesario mencionar que el factor de comfort de una fibra tiene una relación directa con su precio. Por ejemplo, el *cashmere*, cuyo factor de comfort está por encima del 99%, tiene un precio cinco veces mayor al de una fibra de *Baby alpaca* (Chaves, 2008).

Cuadro N° 2: Fibra de Alpaca clasificada según diámetro, factor de comfort y longitud.

Calidad	Diámetro de la fibra		Factor de Comfort		Longitud		Humedad
	μm	CV%	%	CV%	mm	CV%	%
Royal	19,5	28,1	97,0	26-28	60,0	<50,0	12,5-13,5
Baby	22,5	28,6	91,0	27-30	65,0	<50,0	12,5-13,5
Superfine	26	29,3	81,5	27-30	72,0	<50,0	12,5-13,5
Huarizo	31,5	30,0	59,5	29-31	80,0	<50,0	12,5-13,5
Coarse	34,0	31,0	51,7	30-33	85,0	<50,0	12,5-13,5
Mixed Pieces	33,0	37,3	48,0	33-40	60,0	<50,0	12,5-13,5

Fuente: Inca Tops S.A., 2009. Donde CV es coeficiente de variación.

Cuadro N°3: Participación de distintas calidades en un vellón promedio

Calidad	Royal	Baby	Superfine	Huarizo	Adulto/inferiores	
					Gruesa	M. pieces
Finura (μm)	19,5	22,5	26,0	31,5	34,0	33,0
Rendimiento (%)	1,0	9,0	39,0	51,0		

Fuente: Chaves, 2008

1.7.2. Homogeneidad del vellón: Cuando se esquila una alpaca se obtiene el vellón, dentro del cual es posible encontrar diferentes calidades de fibra. La finura de la misma está determinada por su grosor, el cual varía entre los 19 y los 40 μm (Chaves, 2008).

Al clasificar un vellón promedio, se obtienen diferentes calidades en el mismo y, según lo que señala Chaves (2008), se obtienen distintos porcentajes de participación en el vellón. El cuadro N°3 muestra la participación de las distintas calidades en un vellón promedio. Para determinar su homogeneidad se realizan mediciones de diámetro de distintas zonas del vellón, estableciendo la existencia de diferencias significativas entre ellas, siendo homogénea si no hay diferencias y heterogénea si hay diferencias.

Ante la escasez de datos actualizados, el presente estudio realizó una descripción de calidad de fibra de alpaca en la Región de Arica y Parinacota, utilizando técnicas disponibles actualmente en Chile, para de esta manera contribuir en la caracterización del producto nacional a comercializar.

Considerando estos antecedentes, el objetivo general fue describir las características que determinan la calidad de la fibra de alpaca existente en los rebaños de la agricultura familiar campesina aymara de la Región de Arica y Parinacota.

Los objetivos específicos fueron:

- Establecer el diámetro promedio de la fibra según territorio, color, sexo y edad.
- Describir la longitud promedio de la fibra de alpaca.
- Obtener el factor de comfort promedio de las muestras analizadas.
- Determinar la homogeneidad del vellón, considerando muestras de paleta, costilla y grupa.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Obtención de muestras

Se recolectaron muestras de fibra de alpaca de raza Huacaya, de distintas zonas del altiplano de la Región de Arica y Parinacota.

Para efectos del presente estudio se establecieron cuatro zonas geográficas: General Lagos, Caquena, Parinacota y Guallatire. Las tres últimas corresponden a localidades del sector altiplánico de la comuna de Putre. Es importante destacar que las localidades involucradas corresponden al hábitat natural de los rebaños de alpaca, criados por las comunidades aymaras existentes en la zona.

En el cuadro N° 4 se observa el resumen de la cantidad de alpacas muestreadas por localidad, sexo, color y edad. Cabe considerar que los datos que corresponden a edad, sexo y en algunos casos color, son aportados por los ganaderos en el lugar donde se obtuvieron las muestras (que por lo general correspondió a los corrales). Las alpacas según edad se agruparon desde uno hasta seis años, incluyendo en el sexto año a todo ejemplar que pudiera superar esta edad. El sexo se agrupó en hembras, machos y capón (estos últimos corresponden a machos castrados). Finalmente, por color se agrupó en siete tonalidades, las cuales son descritas en la figura N°1. Es importante mencionar que el color LF deriva de las siglas en inglés "Light-fawn" (beige claro), de aspecto intermedio entre el color blanco y el color vicuña (color correspondiente a dicha especie), siendo difícil su apreciación ya que puede confundirse con un vellón blanco sucio. El color guallata es una mezcla de animales blanco con negro o viceversa, no obstante y, para efectos del presente trabajo, se consideró como una mezcla de dos o más tonalidades apreciadas en la figura N°1.

Todas las muestras se encuentran en la base de datos aportados por el Centro Internacional de Estudios Andinos (INCAS), ubicado en la comuna de Putre perteneciente a la Universidad de Chile.

2.2. Determinaciones y métodos

De un total de 1.441 alpacas, se recolectaron tres muestras por animal provenientes: paleta, costilla y grupa. Las muestras fueron extraídas con tijeras de uso común, tomando una mecha de no menos de un centímetro de diámetro, cortando a ras de piel. Dichas muestras fueron

Cuadro 4: Resumen de muestras por localidad en alpacas, según sexo, color y edad.

		N	GLA (n)	CA (n)	PA (n)	GU (n)	
Sexo	Capón	38	29	-	-	9	
	Hembra	861	454	173	62	172	
	Macho	541	271	105	45	120	
	Subtotal sexo	1.440	754	278	107	301	
Color	Blanco	384	232	78	20	54	
	LF	43	28	8	2	5	
	Vicuña	265	168	49	26	22	
	Café	411	188	87	35	101	
	Gris	119	49	19	13	38	
	Negro	186	79	37	10	60	
	Guallata	24	10	-	-	13	
	Subtotal color	1.432	754	278	106	293	
	Edad	1 año	297	150	56	37	54
		2 años	372	218	49	19	86
3 años		229	164	18	7	40	
4 años		200	121	21	11	47	
5 años		134	60	32	8	34	
6 años		199	41	95	23	40	
Subtotal edad		1.431	754	271	105	301	

Clave: General Lagos (GLA), Caquena (CA), Parinacota (PA) y Guallatire (GU).

Cuadro N°5: Factores de corrección de diámetro de fibra usados en muestras de los sectores de paleta, costilla y grupa.

	N	Estado		Factor de Corrección
		Sucio DF	Limpio DF	
Paleta	7	21,17±1,82 ^a	20,41±1,93 ^a	0,965139
Costilla	7	20,31±2,36 ^a	19,60±2,69 ^b	0,962926
Grupa	7	20,29±2,09 ^a	19,41±2,30 ^b	0,956303
Promedio	7	20,59±1,86 ^a	19,81±2,25 ^b	

Letras distintas en cada fila, muestran diferencias significativas cuando $p \leq 0,05$

Figura N°1: Colores analizados en el presente estudio



analizadas en estado “sucio”, es decir tal como fueron recolectadas.

Con el objetivo de determinar si existían diferencias entre fibra sucia y limpia, se tomaron muestras de siete alpacas. Se midieron en estado natural y, posteriormente se procedió a lavarlas con una solución de alcohol desnaturalizado 96° y hexano, para luego ser nuevamente evaluadas, obteniendo un valor de fibra limpia. Este procedimiento permitió obtener factores de corrección de fibra sucia para las muestras de paleta, costilla y grupa. El cuadro N° 5 señala los factores usados en cada caso.

Utilizando el factor de corrección para todas las muestras se procedió a los siguientes análisis: Homogeneidad del vellón, diámetro promedio, factor de comfort y longitud.

- Homogeneidad del vellón: Se analizaron un total de 4.323 muestras, provenientes de la paleta, costilla y grupa (1.441 muestras por zona corporal). Para la determinación de diferencias, se obtuvo un promedio de cada zona corporal para posteriormente establecer la existencia de diferencias estadísticamente significativas.
- Diámetro (DF): Se obtuvo un promedio por cada animal. Para esto se promediaron las muestras provenientes de la paleta, costilla y grupa, obteniendo un valor por alpaca.

Figura N°2: OFDA 2000 portátil



Clave: 1, Láser; 2, paleta de muestreo y 3, computador (software).

Cada promedio de diámetro, al igual que las dos siguientes determinaciones se obtuvieron a través del “Analizador Óptico de Diámetro de Fibra 2000” (OFDA 2000, Figura N°2). Este equipo se basa en la digitalización y posterior análisis de imágenes, para lo cual se utiliza una submuestra de mecha obtenida de cada zona del animal (paleta, costilla y grupa) la cual se coloca en una paleta de muestreo. En dicha paleta se procura extender cada submuestra para evitar el montaje de unas fibras sobre otras, interfiriendo en las lecturas. Luego, se procedió a registrar el diámetro mediante el uso de un láser el cual entrega una imagen que es analizada por el software del OFDA 2000. Hay que destacar que este instrumento de medición realiza determinaciones sobre fibra sucia, ya que no considera restos vegetales y superficies irregulares, entre otros contaminantes que interfieran en la medición de la fibra (Elvira, 2007).

- Factor de Comfort (FC): Se determinó como promedio de cada muestra y a su vez de cada animal, similar al caso del diámetro. El OFDA 2000 entrega, al igual que en el diámetro y longitud, los valores expresados como promedios porcentuales.

- Longitud (L): Se determinó como promedio de las tres muestras obtenidas por cada animal. Para esto se usaron los resultados arrojados por el OFDA 2000. Cabe considerar que no se conoce la frecuencia de esquila, por lo que el largo de mecha se describirá, pero no se analizará ni se discutirá en profundidad.

Hay que mencionar que el procedimiento de captura de datos por el OFDA 2000, se realizó a temperatura y humedad ambiente.

2.3. Análisis estadístico

El diámetro de fibras, factor de comfort y longitud de la fibra se calculó en términos del promedio y desviación estándar (DS) promedio de las muestras.

Las muestras, fueron comparadas de acuerdo a localidad (General Lagos, Caquena, Parinacota y Guallatire), a su vez se dividieron por color, sexo y edad. Esto con el objeto de revelar la existencia de diferencias dentro de cada localidad. Además, se presenta un

resumen general por localidad, color, sexo, edad y comuna, con el fin de poder comparar a nivel regional estos parámetros y las características físicas determinadas en las mediciones.

Para identificar estas diferencias entre tres o más grupos, se realizaron comparaciones utilizando un análisis de varianza de una vía, con una prueba *post hoc* de Tukey que estableció cuáles grupos son diferentes para cada factor (localidad, color, edad y sexo). Dichas diferencias se consideran significativas cuando $p \leq 0,05$.

En el caso de las comunas (General Lagos y Putre) así como también en las localidades que sólo se muestrearon machos y hembras, se requirió hacer una prueba estadística para diferenciar promedios utilizando la prueba de T-Student.

El análisis estadístico correspondientes al DF se realizó en base a fibra limpia (ya que se aplicó el factor de corrección), esto a diferencia de los análisis de FC y longitud que fueron analizados en base a fibra sucia.

3. RESULTADOS

3.1. Homogeneidad del vellón

El cuadro N°6 resume los DF analizados según zona corporal muestreada:

Cuadro N°6: Finura de la fibra de alpaca según muestras de paleta, costilla y grupa.

Zona de muestreo	n	DF (µm)	DE (µm)	CV (%)
Paleta	1.441	22,15 ^a	3,54	15,98
Costilla	1.441	21,61 ^b	3,40	15,73
Grupa	1.440	21,21 ^c	3,39	15,96
Promedio animal	1.440	21,66^b	3,31	15,28

Clave: Diámetro de fibra (DF), desviación estándar (DE) y coeficiente de variación (CV). Letras distintas, muestran diferencias significativas cuando $p \leq 0,05$

El análisis demuestra que el menor DF es encontrado en la zona de la grupa, a continuación le sigue la costilla y la paleta. Las diferencias entre las tres zonas fueron significativas entre los grupos muestreados.

Sin embargo, las muestras provenientes de costilla no presentaron diferencias significativas con el promedio obtenido por animal.

3.2. Análisis de DF, FC y longitud, según localidad.

3.2.1. General Lagos

En esta localidad se analizaron un total de 754 alpacas. El cuadro N°7, resume los resultados de la localidad de General Lagos especificando los datos de finura (DF y FC) y, longitud de acuerdo a: color, edad y sexo, factores que se describen a continuación.

3.2.1.1. Color

Se obtuvieron DF promedios que fluctúan entre los $20,48 \pm 3,0$ µm y $22,75 \pm 3,0$ µm de DF. El blanco fue el color de menor DF, presentado diferencias significativas solo con el color negro. LF, vicuña, café, gris y guallata no evidenciaron diferencias significativas con ningún grupo en General Lagos.

En cuanto al FC (porcentaje de fibras menores a 30 µm), no se presentaron diferencias significativas.

Con respecto a la longitud y al igual que en el caso anterior, no se presentaron diferencias significativas entre ningún color muestreado en General Lagos.

3.2.1.2. Edad

Los menores DF coinciden con las alpacas de menor edad. Animales de uno y dos años presentaron diferencias significativas con animales de tres, cuatro y cinco años, que a su vez son los de mayor DF. Con respecto a los animales de cuatro y cinco años, aparte de diferenciarse de los de uno y dos años, también fueron diferentes a los de seis.

La variable FC según edad, presenta la misma tendencia de diferencias significativas que en la variable DF. Las alpacas de uno y dos años (menor DF) son las de mayor FC y, las de cuatro y cinco años son las de menor FC (mayor DF).

Cuadro N°7: Finura y longitud de la fibra de alpaca, según color, sexo y edad, correspondiente a la localidad de General Lagos

	n	DF (μm)	FC (%)	L (mm)
Color				
Blanco	232	20,48 \pm 3,0 ^b	92,7 \pm 8,9	106,7 \pm 29,3
Light Fawn	28	20,69 \pm 3,1 ^{ab}	92,3 \pm 8,3	106,4 \pm 25,5
Vicuña	168	21,18 \pm 3,2 ^{ab}	90,5 \pm 11,7	102,6 \pm 26,9
Café	188	21,33 \pm 3,0 ^{ab}	90,0 \pm 11,0	106,6 \pm 28,2
Gris	49	21,91 \pm 2,9 ^{ab}	88,0 \pm 10,1	106,2 \pm 25,9
Negro	79	22,75 \pm 3,0 ^a	85,8 \pm 10,6	112,9 \pm 31,2
Guallata	10	22,39 \pm 3,8 ^{ab}	86,6 \pm 11,3	114,8 \pm 31,5
Sexo				
Capón	29	20,90 \pm 2,4	91,9 \pm 7,2	107,4 \pm 31,1
Hembra	454	21,30 \pm 3,1	90,2 \pm 10,7	106,9 \pm 28,7
Macho	271	21,11 \pm 3,2	90,7 \pm 10,6	105,7 \pm 28,0
Edad				
1 año	150	20,24 \pm 2,5 ^c	93,7 \pm 6,9 ^c	90,2 \pm 18,3 ^b
2 años	218	20,22 \pm 2,5 ^c	93,4 \pm 6,7 ^c	115,8 \pm 27,7 ^a
3 años	164	21,79 \pm 3,0 ^{ab}	89,1 \pm 10,4 ^{ab}	105,3 \pm 31,1 ^a
4 años	121	22,83 \pm 3,5 ^a	85,0 \pm 13,8 ^a	109,6 \pm 28,3 ^a
5 años	60	22,49 \pm 3,9 ^a	85,6 \pm 15,0 ^a	107,7 \pm 25,9 ^a
6 años	41	21,12 \pm 3,3 ^{bc}	90,8 \pm 10,9 ^{bc}	110,2 \pm 31,8 ^a

Clave: Letras distintas indican diferencias significativas en las respectivas columnas cuando $p \leq 0,05$.

Cuadro N°8: Finura y longitud de la fibra de alpaca, según color, sexo y edad, correspondiente a la localidad de Caquena

	n	DF (μm)	FC (%)	L (mm)
Color				
Blanco	78	22,40 \pm 4,0 ^{ab}	85,7 \pm 16,9 ^{ab}	104,5 \pm 31,1
Light Fawn	8	21,51 \pm 3,4 ^b	89,3 \pm 11,3 ^b	110,0 \pm 39,4
Vicuña	49	21,25 \pm 2,3 ^b	91,5 \pm 6,3 ^b	104,5 \pm 27,3
Café	87	22,55 \pm 3,4 ^{ab}	86,4 \pm 11,7 ^{ab}	109,7 \pm 27,4
Gris	19	21,23 \pm 2,8 ^b	90,4 \pm 7,6 ^b	121,9 \pm 30,2
Negro	37	24,67 \pm 4,9 ^a	75,7 \pm 23,0 ^a	109,6 \pm 34,9
Sexo				
Hembra	173	22,88 \pm 3,9 ^a	84,5 \pm 16,0 ^a	111,3 \pm 30,3 ^a
Macho	105	21,71 \pm 3,4 ^b	88,5 \pm 13,0 ^b	103,0 \pm 29,3 ^b
Edad				
1 año	56	20,99 \pm 2,3 ^c	91,3 \pm 6,9 ^c	83,7 \pm 16,9 ^c
2 años	49	20,98 \pm 3,2 ^c	90,9 \pm 9,1 ^c	127,5 \pm 26,7 ^a
3 años	18	21,14 \pm 2,7 ^c	91,1 \pm 8,0 ^c	129,7 \pm 29,3 ^a
4 años	21	25,36 \pm 4,9 ^a	74,3 \pm 24,3 ^a	141,1 \pm 24,7 ^a
5 años	32	25,01 \pm 4,3 ^{ab}	76,2 \pm 21,3 ^{ab}	102,9 \pm 31,4 ^b
6 años	95	22,74 \pm 3,6 ^{bc}	85,4 \pm 14,3 ^{bc}	103,1 \pm 24,7 ^b

Clave: Letras distintas indican diferencias significativas en las respectivas columnas cuando $p \leq 0,05$.

La longitud presenta un comportamiento distinto al de las otras dos variables, DF y FC. En este caso el grupo que reúne a las alpacas de un año presenta la menor longitud promedio, diferenciándose significativamente con todos los demás grupos.

3.2.1.3. Sexo

El menor DF se obtuvo en los animales castrados, seguidos por los machos y finalmente se encuentran las hembras, aunque las diferencias no son significativas. Esto se repitió en el caso del FC como también en la longitud.

3.2.2. Caquena

Con un total de 278 alpacas analizadas, los resultados de la localidad de Caquena se especifican en el cuadro N°8 señalando los datos de finura y longitud de acuerdo a: color, edad y sexo, factores que se describen a continuación.

3.2.2.1. Color

Se analizaron alpacas de todas las tonalidades descritas, salvo guallata. Los colores de menor DF son el gris, vicuña y LF (bajo los 22 μm). Estos colores presentaron diferencias significativas con el color negro, siendo este el de mayor DF. El blanco y el café, no presentaron diferencias significativas con ningún grupo. Esta tendencia también se aprecia en los resultados del FC, donde el color negro, presenta el menor valor.

En cuanto a la variable longitud, no hubo diferencias significativas entre colores.

3.2.2.2. Edad

Los animales de uno, dos y tres años son los de menor DF siendo significativamente diferentes con los de cuatro y cinco años. Las alpacas de seis años se diferenciaron significativamente con el cuarto grupo etéreo. Al igual que en el análisis por color, el FC mostró una tendencia de diferencias significativas idéntica respecto al DF. En este

caso los mayores FC (por sobre el 90%) se encuentran en los tres primeros años.

La longitud de la fibra de las alpacas de Caquena fue menor en el grupo de un año, al igual que en las alpacas de General Lagos. Los animales de un año presentaron diferencias significativas con todos los demás grupos etéreos. Los animales de dos, tres y cuatro muestran las mayores longitudes, además de ser diferentes de los de uno, cinco y seis años.

3.2.2.3. Sexo

Del total de animales analizados en Caquena el 62% corresponde a hembras y el 38% corresponde a machos. Según el análisis realizado, el grupo de las hembras tuvo un DF significativamente mayor al descrito en los machos. Esta tendencia también se apreció con FC, en que los machos presentaron un porcentaje significativamente mayor al de las hembras.

En cuanto a la longitud de la fibra, las hembras presentaron una mayor longitud en comparación con los machos, siendo esta diferencia significativa.

3.2.3. Parinacota

En esta localidad se analizaron un total de 107 animales. El cuadro N°9, señala los datos de finura y longitud de acuerdo a: color, edad y sexo, factores que se describen a continuación.

3.2.3.1. Color

Los resultados presentaron un rango de $20,94 \pm 1,6 \mu\text{m}$ a $23,86 \pm 3,6 \mu\text{m}$ (blanco y café respectivamente). Cabe mencionar que ningún grupo de color evidenció diferencias significativas de DF en Parinacota.

En cuanto al FC el mayor valor está asociado al blanco, el cual es el único color que presentó un FC mayor a 90%, nos obstante y, al igual que en DF, no se evidenciaron diferencias significativas entre ningún grupo. Con respecto a la longitud, sólo se apreciaron diferencias significativas entre LF ($72,5 \pm 3,5 \text{ mm}$) y gris ($123,3 \pm 30,0 \text{ mm}$).

Cuadro N°9: Finura y longitud de la fibra de alpaca, según color, sexo y edad, correspondiente a la localidad de Parinacota

	n	DF (μm)	FC (%)	L (mm)
Color				
Blanco	20	20,94 \pm 1,6	92,7 \pm 4,2	116,4 \pm 20,0 ^{ab}
Light Fawn	2	23,48 \pm 5,5	83,6 \pm 15,7	72,5 \pm 3,5 ^b
Vicuña	26	22,70 \pm 3,8	85,5 \pm 17,3	119,8 \pm 34,8 ^{ab}
Café	35	23,86 \pm 3,6	80,9 \pm 15,5	102,8 \pm 35,4 ^{ab}
Gris	13	23,59 \pm 3,1	82,0 \pm 12,6	123,3 \pm 30,0 ^a
Negro	10	23,53 \pm 2,0	84,3 \pm 7,1	118,5 \pm 32,9 ^{ab}
Sexo				
Hembra	62	22,85 \pm 3,3	85,3 \pm 13,7	114,1 \pm 36,2
Macho	45	23,13 \pm 3,3	83,9 \pm 14,3	111,3 \pm 26,7
Edad				
1 año	37	21,59 \pm 1,5	90,3 \pm 5,0	100,0 \pm 16,3 ^b
2 años	19	21,68 \pm 2,1	90,5 \pm 7,0	138,8 \pm 16,1 ^a
3 años	7	23,43 \pm 3,9	81,4 \pm 14,3	118,8 \pm 30,4 ^{ab}
4 años	11	25,06 \pm 3,1	77,3 \pm 14,3	117,4 \pm 33,0 ^{ab}
5 años	8	24,54 \pm 4,8	77,4 \pm 24,0	144,0 \pm 24,9 ^a
6 años	23	24,80 \pm 4,1	77,1 \pm 17,7	101,7 \pm 43,7 ^b

Clave: Letras distintas indican diferencias significativas en las respectivas columnas cuando $p \leq 0,05$.

Cuadro N°10: Finura y longitud de la fibra de alpaca, según color, sexo y edad, correspondiente a la localidad de Guallatire

	n	DF (μm)	FC (%)	L (mm)
Color				
Blanco	54	21,28 \pm 3,3 ^a	90,2 \pm 10,3 ^{ab}	134,0 \pm 26,2
Light Fawn	5	18,17 \pm 1,7 ^b	97,9 \pm 2,1 ^b	122,4 \pm 24,8
Vicuña	22	21,11 \pm 3,0 ^{ab}	91,5 \pm 9,3 ^{ab}	130,2 \pm 28,6
Café	101	21,53 \pm 3,0 ^a	89,8 \pm 10,3 ^{ab}	124,4 \pm 30,7
Gris	38	20,73 \pm 3,2 ^{ab}	91,1 \pm 9,5 ^{ab}	137,4 \pm 26,6
Negro	60	22,89 \pm 3,0 ^a	85,7 \pm 12,2 ^a	131,6 \pm 29,0
Guallata	13	22,08 \pm 3,2 ^a	88,4 \pm 9,8 ^{ab}	117,0 \pm 32,7
Sexo				
Capón	9	22,35 \pm 2,5	88,5 \pm 6,6	121,8 \pm 14,3
Hembra	172	21,70 \pm 3,3	89,1 \pm 11,3	130,4 \pm 27,8
Macho	120	21,31 \pm 2,9	90,3 \pm 9,5	128,6 \pm 31,0
Edad				
1 año	54	20,00 \pm 2,3 ^c	93,9 \pm 6,5 ^c	91,2 \pm 10,2 ^b
2 años	86	20,29 \pm 2,6 ^c	93,5 \pm 6,0 ^c	139,9 \pm 19,5 ^{1a}
3 años	40	22,38 \pm 2,7 ^{ab}	87,1 \pm 10,0 ^{ab}	138,0 \pm 24,7 ^{1a}
4 años	47	21,99 \pm 3,2 ^b	88,3 \pm 11,6 ^{bc}	134,9 \pm 29,0 ^{1a}
5 años	34	22,87 \pm 2,7 ^{ab}	86,5 \pm 8,8 ^{ab}	138,3 \pm 24,6 ^{1a}
6 años	40	24,01 \pm 3,6 ^a	81,6 \pm 15,6 ^a	136,2 \pm 28,8 ^{1a}

Clave: Letras distintas indican diferencias significativas en las respectivas columnas cuando $p \leq 0,05$.

3.2.3.2. Edad

Los mayores promedios de DF, por sobre los 24 μm se encontraron en animales de cuatro, cinco y seis años, bajo ese valor se hallan las demás edades. En ningún grupo existieron diferencias significativas.

Al igual que en el caso anterior, la característica FC no presentó diferencias significativas, entre los grupos etáreos.

La longitud de fibra se presentó en un rango que va desde los $100,0 \pm 16,3$ mm (alpacas de un año), hasta los $144,0 \pm 24,9$ mm (alpacas de cinco años). Los grupos de animales de uno y seis años son diferentes a los de dos y cinco años. Las alpacas de tres y cuatro años se encuentran entre medidas de tipo intermedio, sin presentar diferencias significativas.

3.2.3.3. Sexo

Entre hembras y machos se analizaron 107 animales, de los cuales el 57,9% era hembra y 42,1% macho. El promedio de DF de las hembras fue menor que los machos, aunque no hubo diferencia significativa. Esto último se repite en los registros de FC y longitud.

3.2.4. Guallatire

En este sector se contó con 301 alpacas analizadas. Observamos en el cuadro N°10 el resumen de los datos de finura y longitud de acuerdo a: color, edad y sexo, factores que se describen a continuación.

3.2.4.1. Color

El análisis de color contempló un estudio de 293 alpacas con DF promedios que van desde los 18 μm , hasta los 23 μm . En primer lugar hay que destacar LF, color en promedio más fino, seguido por el DF del gris. El color blanco, café, negro y guallata, presentan promedios superiores a 21,5 μm siendo significativas sus diferencias con el color LF.

Respecto al FC, sólo se presentaron diferencias significativas entre el color LF (destacando con un valor de $97,9 \pm 2,1\%$) y el color negro con un valor bajo el 90%.

En cuanto a la longitud de fibra, los resultados se presentaron homogéneos, sin diferencias significativas entre las distintas tonalidades.

3.2.4.2. Edad

La diferencia entre el mayor y el menor DF fue de 4,01 μm . Los animales de uno y dos años son los que presentaron los menores DF, siendo estos dos promedios significativamente diferentes con los grupos de tres, cuatro, cinco y seis. Este último grupo además de diferenciarse de las alpacas de uno y dos años, se diferencia también con las alpacas de cuatro.

Los animales de uno y dos años presentaron los mayores FC, mostrando diferencias significativas con los grupos de tres, cinco y seis. Las alpacas de cuatro años se diferencian solamente con las de seis.

Respecto a la variable longitud, las alpacas de un año presentaron diferencias significativas con todos los demás grupos etáreos.

3.2.4.3. Sexo

En Guallatire, la evaluación de la finura de la fibra por sexo incluyó, al igual que en General Lagos, a animales castrados. Estos son los que presentaron el mayor DF, seguido por las hembras y por último los machos. No hubo diferencias significativas entre sexos.

Con respecto a la variable FC y longitud de mecha, tampoco presentaron diferencias significativas entre sexos.

3.3. Análisis general de variables y factores

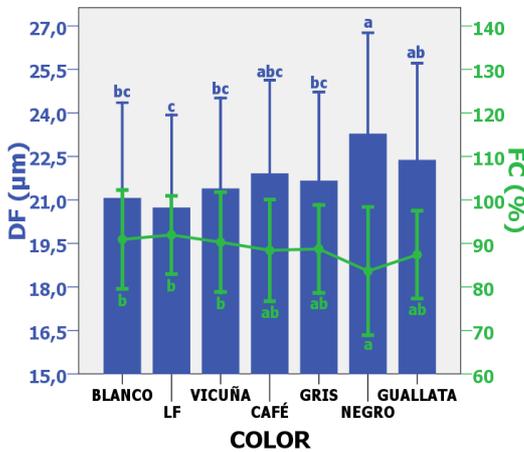
A continuación se presentan los resultados de la totalidad de las alpacas estudiadas, estableciendo las variables en estudio (DF, FC y longitud) para cada color, edad, sexo, localidad, comuna y finalmente Región.

3.3.1. Color

Se analizaron un total de 1.432 alpacas correspondientes al 99,4% de las alpacas muestreadas.

Según lo que expresa la figura N° 3 respecto a DF y FC, el rango de DF obtenido se encuentra entre $20,68 \pm 3,2 \mu\text{m}$, correspondiente a LF y $23,22 \pm 3,5 \mu\text{m}$, DF promedio del negro. Esta última tonalidad mostró diferencias significativas con el blanco ($21,01 \pm 3,3 \mu\text{m}$), LF, vicuña ($21,34 \pm 3,1 \mu\text{m}$) y gris ($21,61 \pm 3,1 \mu\text{m}$), mientras que con el café ($21,86 \pm 3,2 \mu\text{m}$) y guallata ($22,32 \pm 3,3 \mu\text{m}$) no evidenció diferencias. El guallata se diferencia solo del grupo LF.

Figura N° 3: Diámetro y factor de confort, según color.

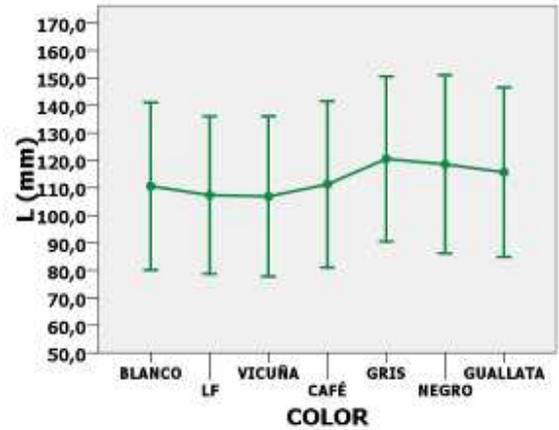


Clave: Letras diferentes indican diferencias de DF y FC cuando $p \leq 0,05$.

Respecto al FC, los tres primeros lugares en cuanto a mayor valor lo obtuvieron los colores vicuña ($90,3 \pm 11,5 \%$), blanco ($90,9 \pm 11,3 \%$) y LF ($92,0 \pm 9,0 \%$), presentando diferencias significativas con el color negro con un FC de $83,7 \pm 14,7\%$. Colores como el guallata, café y gris presentaron porcentajes menores, $87,4 \pm 10,1\%$, $88,4 \pm 11,7 \%$ y $88,7 \pm 10,1 \%$ respectivamente.

El grupo de alpacas de color gris obtuvo la mayor longitud, con un promedio de $120,6 \pm 30,1 \text{ mm}$ (figura N°4), seguido por el color negro ($118,6 \pm 32,5 \text{ mm}$), guallata ($115,7 \pm 30,9 \text{ mm}$), café ($111,3 \pm 30,3 \text{ mm}$), blanco ($110,6 \pm 30,4 \text{ mm}$), LF ($107,4 \pm 28,7 \text{ mm}$) y vicuña ($106,9 \pm 29,2 \text{ mm}$). No existieron diferencias significativas entre colores.

Figura N° 4: Longitud, según color.

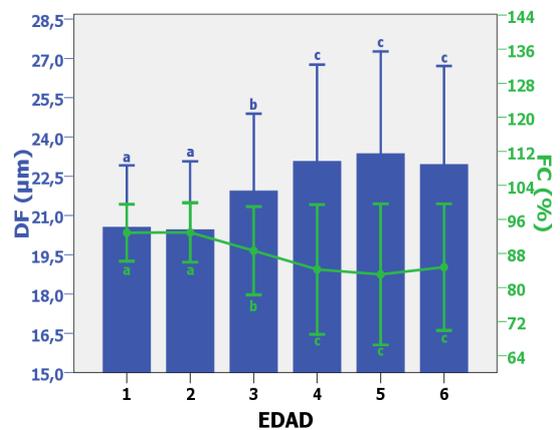


Clave: Letras distintas indican diferencias de longitud cuando $p \leq 0,05$.

3.3.2. Edad

Se analizaron 1.431 alpacas. El menor valor de DF (figura N°5) se inicia con los animales de dos años con un promedio de $20,41 \pm 2,6 \mu\text{m}$ y al igual que los de un año ($20,52 \pm 2,4 \mu\text{m}$), se diferencian significativamente con los siguientes promedios: $21,89 \pm 2,9 \mu\text{m}$ (tres años), $22,90 \pm 3,8 \mu\text{m}$ (seis años), $23,02 \pm 3,4 \mu\text{m}$ (cuatro años) y $23,31 \pm 3,9 \mu\text{m}$ (cinco años). Además hay que destacar que las alpacas de tres años presentaron un promedio intermedio con diferencias significativas con todos los demás promedios analizados.

Figura N° 5: Diámetro y factor de confort, según edad.

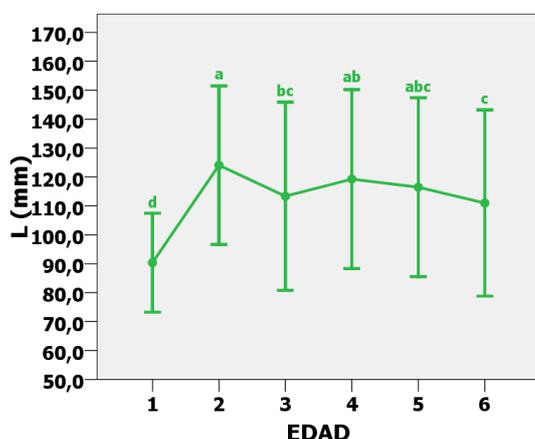


Clave: Letras minúsculas indican diferencias de DF y FC cuando $p \leq 0,05$.

Los FC más altos los presentaron los grupos de uno y dos años con un $92,9\pm 6,7\%$ y $92,9\pm 7,0\%$ respectivamente. Ambos grupos presentan diferencias significativas con las alpacas de tres ($88,7\pm 10,4\%$), cuatro ($84,3\pm 15,2\%$), cinco ($83,1\pm 16,6\%$) y seis años ($84,8\pm 14,9\%$). El tercer mayor porcentaje fue obtenido por los animales de tres años, los cuales se diferencian significativamente de los de uno, dos, cuatro, cinco y seis años.

La longitud (figura N°6) no presenta el mismo comportamiento en cuanto a diferencias como en el caso del DF y FC. En este caso el grupo de las alpacas de un año se diferencian con todas las edades, con un promedio de longitud de $90,4\pm 17,1$ mm. Las alpacas de dos años ($124,1\pm 27,4$ mm) además de diferenciarse con las de uno, presentaron diferencias significativas con las de tres y seis años ($113,4\pm 32,5$ mm y $111,0\pm 32,2$ mm; respectivamente). Este último grupo de seis años, también presenta diferencias significativas con las alpacas de cuatro años, que tienen una longitud de $119,3\pm 30,9$ mm.

Figura N° 6: Longitud, según edad.



Clave: Letras distintas indican diferencias de longitud cuando $p\leq 0,05$.

3.3.3. Sexo

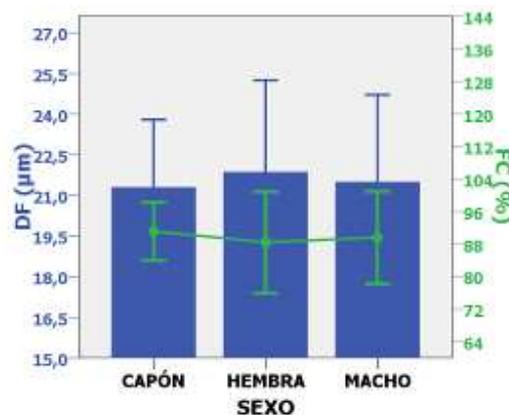
Con 1.441 alpacas analizadas con un porcentaje de 2,64% de capones, 59,79% de hembras y 37,57% de machos, los resultados según DF, FC y longitud son los siguientes: Siguiendo el orden de menor a mayor DF (figura N°7), los animales castrados

presentaron el promedio de DF más pequeño con $21,24\pm 2,5\mu\text{m}$, le siguen los machos con un promedio de $21,45\pm 3,2\mu\text{m}$ y finalmente se encuentran las hembras con el mayor DF de $21,81\pm 3,4\mu\text{m}$. Hay que destacar que a pesar de los distintos valores en los promedios, no hubo diferencias significativas.

Los FC, siguen la misma tendencia con un mayor porcentaje por parte del grupo capón con $91,1\pm 7,1\%$. Le siguen los machos con $89,6\pm 11,4\%$ y finalmente las hembras con un FC de $88,5\pm 12,5\%$. Tampoco se establecieron diferencias significativas entre los grupos.

Finalmente la evaluación de las longitudes estableció que el mayor promedio es representado por las hembras con $113,0\pm 30,7$ mm, siguen los capones con $110,8\pm 28,5$ mm y finalmente los machos con $110,7\pm 30,4$ mm. Al igual que en los dos casos anteriores no hubo diferencias significativas.

Figura N° 7: Diámetro y factor de comfort, según sexo.



Clave: Letras distintas indican diferencias de longitud cuando $p\leq 0,05$.

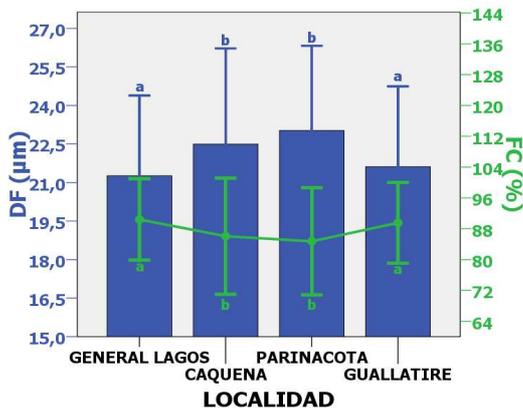
3.3.4. Localidad

Considerando un total de 1.441 animales según localidad podemos señalar que el 52,4% de alpacas provienen de General Lagos, el 19,3% de Caquena, el 7,4% de Parinacota y el 20,9% de Guallatire.

General Lagos ocupó el primer lugar en los DF más finos (figura N°8) con un promedio de $21,21\pm 3,1\mu\text{m}$, le sigue Guallatire ($21,57\pm 3,1\mu\text{m}$). Ambas localidades presentaron

diferencias significativas con Caquena ($22,45 \pm 3,7 \mu\text{m}$) y Parinacota ($22,97 \pm 3,3 \mu\text{m}$). El FC (figura N°8) presentó porcentajes de $90,4 \pm 10,6\%$ y $89,5 \pm 10,5\%$ correspondientes a General Lagos y Guallatire respectivamente, ambos porcentajes presentaron significativas diferencias con los promedios de Caquena ($86,1 \pm 15,1\%$) y Parinacota ($84,7 \pm 13,9\%$). Las longitudes (figura N°9) provenientes de General Lagos, Caquena y Parinacota ($106,5 \pm 28,5 \text{mm}$, $108,2 \pm 30,2 \text{mm}$ y $112,9 \pm 32,4 \text{mm}$ respectivamente) presentaron diferencias significativas con Guallatire, cuyo promedio de longitud fue $129,5 \pm 28,8 \text{mm}$.

Figura N° 8: Diámetro y factor de confort, según localidad.



Clave: Letras distintas indican diferencias de DF y FC cuando $p \leq 0,05$.

3.3.5. Comuna

Considerando a General Lagos como comuna, el 52,3% de las muestras provinieron de allá y el 47,7% de Putre.

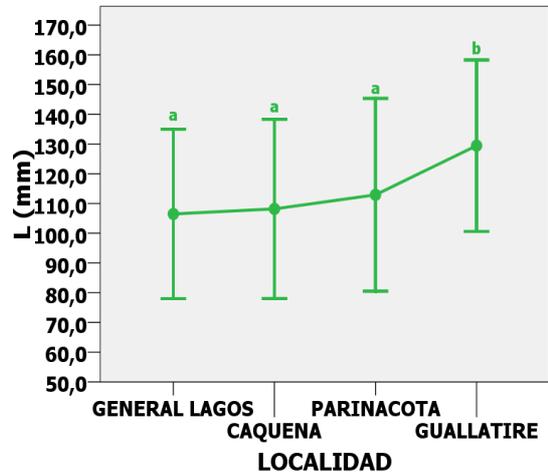
En las evaluaciones de DF, la comuna de General Lagos presentó en promedio de $21,21 \pm 3,1 \mu\text{m}$, mientras que en Putre es de $22,14 \pm 3,4 \mu\text{m}$.

En relación al FC, General Lagos presentó un porcentaje de $90,4 \pm 10,6\%$, en cambio Putre arrojó un FC de $87,4 \pm 13,2\%$.

Con respecto a la longitud, General Lagos presentó una longitud menor, con un largo de $106,5 \pm 28,5 \text{mm}$, siendo Putre $11,7 \text{mm}$ más larga ($118,2 \pm 31,5 \text{mm}$).

Todos los valores antes mencionados, DF, FC y longitud, son estadísticamente diferentes.

Figura N° 9: Longitud, según localidad.



Clave: Letras distintas indican diferencias de longitud cuando $p \leq 0,05$.

3.3.6. Región

Considerando 1.441 muestras, se obtuvieron los siguientes resultados:

La Región de Arica y Parinacota, presentó una fibra de alpaca con un DF promedio de $21,66 \pm 3,3 \mu\text{m}$, un FC de $89,0 \pm 12,0\%$ y una longitud de $112,1 \pm 30,5 \text{mm}$.

4. DISCUSIÓN

El análisis de la homogeneidad del vellón arrojó diferencias entre las tres zonas corporales analizadas, siendo las muestras correspondientes a la zona de la grupa la que posee el DF más fino. Esto no concuerda con lo descrito por McGregor (2006), que señala que las muestras correspondientes a la costilla son las que presentarían menor diámetro. Además dicho autor señala que las muestras obtenidas del flanco o costilla, están orientadas para seleccionar animales con bajo DF y con un alto peso del vellón.

Otra de las características a señalar es el bajo coeficiente de variación de DF en las muestras de paleta, costilla y grupa de las alpacas en estudio, al ser esto comparado con lo reportado por Lupton *et al.* (2006) y McGregor (2006), manifestaría la existencia de un vellón que quizás sea heterogéneo entre las distintas zonas

corporales muestreadas, pero poco variable dentro de cada una de ellas.

Con respecto a la calidad de la fibra según color, se observó menores diámetros en las tonalidades LF, blanco y vicuña, existiendo, al igual como señalan Oria *et al.* (2009), una relación inversa entre la oscuridad del color de la fibra y su calidad, decreciendo ésta última al ir del blanco al negro pasando por los colores crema y café. Pese a que en el presente estudio la fibra de menor diámetro correspondió al color LF, el comportamiento según localidad, indicó que en General Lagos y Parinacota, la más fina correspondió al color blanco, seguido por el color LF, aumentado el diámetro conforme aumenta la pigmentación en la fibra. Este comportamiento del color de las fibras se observó en estudios realizados por Wang *et al.* (2003), McGregor y Butler (2004), Lupton *et al.* (2006) y Oria *et al.* (2009). Estudios de caracterización de fibra de alpaca en Chile, difieren con el presente estudio. Por ejemplo Valjalo (1964), indica que el menor diámetro se encuentra en fibras de color roano (gris rojizo), seguidos de los guallata ($22,89 \pm 2,5 \mu\text{m}$ y $24,77 \pm 4,1 \mu\text{m}$ respectivamente). Al igual que el mencionado estudio anterior, Martinic (1993) señala que el color gris ($25 \pm 5,1 \mu\text{m}$) y el color café ($25,6 \pm 25,6 \mu\text{m}$) se encuentran entre los dos más finos. Es más, el color blanco es el color que presenta el mayor diámetro ($28,7 \pm 28,7 \mu\text{m}$). Es probable que dichas diferencias con el presente estudio se deban a la procedencia de los animales, ya que las muestras correspondían a alpacas de la zona central.

Pese a las notorias diferencias entre los dos últimos trabajos y el presente, Castellaro (1993), informó resultados más acordes a los que se encontraron en este estudio, con un diámetro de fibra liderado por el color gris, vicuña y blanco ($21,2 \pm 0,5$; $22,3 \pm 0,8$ y $22,5 \pm 0,6 \mu\text{m}$ respectivamente). Es importante destacar que los trabajos realizados tanto por Valjalo (1964) como por Castellaro (1993), se realizaron con muestras de alpaca provenientes de distintos sectores altiplánicos de la actual Región de Arica y Parinacota.

El color LF, además de ser la fibra más fina en el presente estudio, también es la de mayor FC, siendo esta variable correlacionada con el diámetro y, en cada localidad acompaña al color que representaba a la correspondiente medición de DF más fino (FC más altos, asociados a menores DF). En cambio, FC más bajos, asociados a mayores DF).

Los resultados de FC se diferencian notoriamente con los reportados por Lupton *et al.* (2006), ya que los resultados entregados por este autor, según el criterio de color, no superan el 80,3% (cifra que corresponde al color blanco). Sin embargo, en ese estudio se demuestra que al igual que en el caso del DF, se observan FC más altos asociados a fibras menos pigmentadas.

Con respecto a la edad, este también es uno de los factores que influencia el DF. El incremento de la edad se acompaña de un incremento del DF (McGregor y Butler, 2004). Esta situación es la que ocurre con alpacas muestreadas en las cuatro localidades en estudio, ya que los animales clasificados en las edades de un año y dos años, presentaron diferencias significativas con los animales de otras edades. Estas dos edades mencionadas, al igual como señala Martinic (1993), Quispe *et al.* (2007), Lupton *et al.* (2006) y Montes *et al.* (2008), presentaron los diámetros más finos.

Las edades de un año y dos años analizadas por localidad, como también vistas de manera regional muestran diámetros menores a $22 \mu\text{m}$, siendo clasificados como de calidad *Baby*. Además, a esto se suma que ambas edades superan FC del 90%, siendo animales de alto valor, considerando estas dos variables (Chaves, 2008). Con respecto a las cuatro edades restantes, presentaron FC superiores al 83%. Comparando esta variable con la obtenida en alpacas de Estados Unidos, descritas por Lupton *et al.* (2006), demuestran un mejor FC que inclusive las alpacas de un año (82,7%) del señalado trabajo.

Se destaca, a su vez, el comportamiento del DF según localidad, ya que en General Lagos, Parinacota y Guallatire, presentó un aumento

brusco del diámetro a partir de los dos años de edad, aumento que también se observa en Caquena pero a partir de los tres años. Esta última localidad al igual que General Lagos, presenta un aumento del diámetro hasta los cuatro años para luego descender, lo cual se puede explicar por una disminución de la densidad folicular, cuando el animal crece (Frank *et al.* 2006 B), como también por lo que señala Antonini (2010), que debido a las condiciones ambientales desfavorables podrían afectar negativamente tanto el número como la actividad fisiológica de los folículos secundarios de la piel, llevando a un adelgazamiento de la fibra.

Con respecto a la longitud, el grupo de un año presenta el menor promedio, siendo el grupo de dos años el de mayor longitud, esto posiblemente debido a lo mencionado por Raggi (2005), que la esquila se efectúa cada dos a tres años. Este comportamiento también se observa en General Lagos, Parinacota y Guallatire. En Caquena, según los datos obtenidos, existe inclusive la posibilidad de que en algunos rebaños la esquila haya sido realizada a los cuatro años. No obstante, pese a la existencia de estos datos, no se puede confirmar y ahondar en este tema, por no conocer los lapsos de tiempo entre las esquilas. Hay que considerar la importancia de este manejo, ya que la esquila bianual es inadecuada debido a que produce un freno en la velocidad de crecimiento del vellón, un mayor número de fibras resacas y quebradizas, además de un deterioro progresivo de la limpieza de éste (CORDAP, 2005).

El presente estudio demostró que no existe diferencia de DF entre sexos, aunque hubo una tendencia a mayor finura en los machos castrados, le siguen los enteros y finalmente se encuentran las hembras con un DF mayor. Esto concuerda con lo expresado por McGregor y Butler (2004), que describe que no hay efecto del sexo en DF. No obstante, lo que señala Lupton *et al.* (2006), se diferencia con los resultados obtenidos en esta investigación, ya que en su estudio los capones presentaron el mayor DF, seguido por las hembras y luego los machos con el menor promedio, siendo esta

diferencia entre los capones y machos-hembras significativa. Es importante señalar que según lo que describe Quispe *et al.* (2007), el sexo (al igual que la edad) tiene efectos altamente significativos con respecto al DF. Esta tendencia, es también mencionada por Montes *et al.* (2008), que expresa que el promedio obtenido en hembras es significativamente mayor que en machos. Esto último, es compatible con lo obtenido solo en la localidad de Caquena, donde machos y hembras presentaron diferencias significativas.

Con respecto al efecto del sexo sobre la longitud de fibra, no se apreciaron diferencias significativas. Esto es diferente a lo mencionado por Lupton *et al.* (2006), ya que las alpacas analizadas en su estudio sí presentaron diferencias entre machos y hembras, mostrando estas últimas una longitud promedio inferior que en los machos, tendencia diferente a lo analizado en este trabajo, salvo en la localidad de Caquena.

Como se ha mencionado anteriormente el DF versus FC según localidad, varían de manera inversa, ya que conforme aumenta el diámetro, disminuye el FC, como también si disminuye el diámetro, aumenta el FC.

Las localidades de General Lagos y Guallatire, presentaron promedio de DF menores y FC mayores, a los que se observa como promedio regional ($21,66 \pm 3,3 \mu\text{m}$ y 89%). Este promedio regional, se diferencia de los promedios aportados por Lupton *et al.* (2006) ($27,85 \pm 5,35 \mu\text{m}$ y 68,4%), en Estados Unidos y Montes *et al.* (2008) ($22,7 \mu\text{m}$), en el sector de Huancavelica en Perú.

Finalmente, considerando la clasificación de fibras aportado por Inca Tops S.A (2009), la clasificación de fibras en cuanto a color, edad, sexo y localidad, considerando DF, FC y longitud de fibra, se encuentra entre Superfine y Baby alpaca. Ambas clasificaciones, como señala Chaves (2008) están orientadas a la confección de prendas que están en contacto directo con la piel (clasificación *Baby*), como también vestimentas que sirven de protección, como sweaters, abrigos o mantas (clasificación Superfine).

5. CONCLUSIÓN

Los animales, de menor edad y de colores menos pigmentados están asociados a menores DF y mayores FC.

General Lagos y Guallatire presentan mejor calidad de fibra en comparación con Caquena y Parinacota. Estas diferencias requieren de un estudio más acabado para analizar las posibles causas.

Como se mencionó, el desconocimiento de la fecha de esquila, no permitió analizar los efectos de edad, sexo, localidad y color sobre la longitud de la fibra.

El vellón es heterogéneo, no obstante, las pequeñas diferencias en el promedio y el bajo coeficiente de variación de las distintas zonas del vellón indica un mejor nivel que otros países.

La fibra de alpaca en la Región de Arica y Parinacota según las pautas de clasificación existentes y los parámetros entregados en el presente trabajo, permiten clasificar la fibra de alpaca entre las de mayor calidad, siendo apta para la confección de prendas de vestir que pudieran estar en contacto con la piel.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento y dedicatoria a todas las personas que han estado en mi vida en esta etapa que finaliza. Para empezar, a las personas que me apoyaron en terreno en la obtención de muestras, Rodrigo Fuentes, Luis Mamani y Enrique Pérez. A mi profesor guía, Víctor Hugo Parraguez por su compromiso desde que asumí como su tesista. A mis amigos que me han acompañado a través de todos estos años como estudiante, a mis hermanas y sobrinas por su cariño y apoyo. A Francisca, por ser la compañera de mis sueños, por brindarme su fuerza y compañía en esta etapa que termina para iniciar otra. A mis padres, Marinalda y Héctor, que me han brindado su amor y fuerza inagotables, responsabilidad y ganas continuas de superarme, simplemente gracias papás.

Y finalmente un agradecimiento a las personas de la localidad de Caquena, que en una parte trascendental de mi etapa como estudiante me motivaron y orientaron lo que ha futuro quiero que sea mi desempeño profesional, a todos muchas gracias.

BIBLIOGRAFÍA

ANTONINI, M. 2010. Hair follicle characteristics and fibre production in South American camelids. *Animal* 4: 1460–1471.

CHAVES, L. 2008. Fibra de alpaca: Oportunidades para su aprovechamiento. [En línea]. <<http://www.comexperu.org.pe/archivos%5Crevista%5Cmayo08%5Cportada.pdf>> [consulta: 17 de junio de 2010].

CORDAP. 2005. Ficha técnica llama y alpaca. Región de Tarapacá. [En línea]. <<http://www.aricaparinacota.cl/sectoresproductivos/agropecuaria.htm>> [consulta: 12 de agosto de 2010].

CORDAP. 2008. Informe de Caracterización socioeconómica de la Región de Arica y Parinacota. [En línea]. <<http://www.aricaparinacota.cl/estadisticas/INFORMEDECARACTERIZACIONSOCIOECONOMICA.pdf>> [consulta: 4 Noviembre 2009].

CASTELLARO, G. 1993. Primer informe anual. Centro de mejoramiento genético de alpacas (*Lama pacos* Linn.). Programa de ecología y manejo, INIA.

ELVIRA, M. 2007. Presentación del instrumento de medición de finura OFDA 2000: uso y aplicaciones. [En línea]. <http://www.inta.gov.ar/chubut/info/documentos/lan/Presentacion_OFDA_2000.pdf> [consulta: 13 de agosto de 2010]

FERNÁNDEZ-BACA, S. 2005. Situación actual de los camélidos sudamericanos en Perú. [En línea]. <<http://www.rlc.fao.org/es/ganaderia/pdf/2914per.pdf>> [consulta: 12 Agosto 2009].

FRANCO, F. 2006. Efecto del nivel alimenticio sobre el rendimiento y calidad de fibra en alpacas. [En línea]. <http://www.cybertesis.edu.pe/sisbib/2006/franco_ff/pdf/franco_ff.pdf> [consulta: 19 Agosto 2009].

- FRANK, E.; HICK, M.; GAUNA, C.; LAMAS, H.; RENIERI, C. Y ANTONINI, M.** 2006A. Phenotypic and genetic description of fibre traits in South American domestic camelids (llamas and alpacas). *Small Ruminant Research* 61: 113-129.
- FRANK, E.; HICK, M.; LAMAS, H.; GAUNA, C. Y MOLINA, M.** 2006B. Effects of age-class, shearing interval, fleece and color types on fiber quality and production in Argentine Llamas. *Small Ruminant Research* 61: 141-152.
- INCA TOPS S.A.** 2009. La fibra de alpaca. [En línea]. <<http://www.aptpperu.com/articulos/FAIKT.pdf>> [Consulta: 10 de junio de 2010].
- INE.** 2005. Estadísticas sociales de los pueblos indígenas en Chile, Censo 2002. Santiago Chile.
- INE.** 2007. VII Censo nacional agropecuario y forestal. [En línea]. <<http://www.censoagropecuario.cl/index2.html>> [consulta: 12 de Agosto 2009].
- IPAC PERÚ.** 2009. PNTP 231.301 - Fibra De Alpaca Clasificada. [En línea]. <<http://www.ipacperu.org/pntp231301.php>> [consulta: 7 de Agosto de 2009].
- LUPTON, C.; MCCOLL, A. Y STOBART, R.H.** 2006. Fiber characteristics of the Huacaya Alpaca. *Small Ruminant Research* 64: 211-224.
- MARTINIC, C.** 1993. Estudio de las características físicas de la fibra de los camélidos sudamericanos en Chile. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía y Ciencias Forestales, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- MCGREGOR, B. Y BUTLER, K.** 2004. Sources of variation in fibre diameter attributes of Australian Alpacas and implications for fleece evaluation and animal selection. *Australian Journal of agricultural research* 55: 433-442.
- MCGREGOR, B.** 2006. Variation in and sampling of alpaca fleeces. [En línea]. <<http://new.dpi.vic.gov.au/notes/agg/specialty-animals/ag1000-variation-in-and-sampling-of-alpaca-fleeces>> [consulta: 13 de Diciembre de 2010].
- MINAGRI.** 2009. Ministerio de agricultura proyecta incremento de exportaciones aymaras de fibra de camélidos. [En línea]. <http://www.minagri.gob.cl/noticias.php?id_noticia=901> [Consulta: 05 Noviembre 2009].
- MONTES, M.; QUICAÑO, I.; QUISPE, R.; QUISPE, E. Y ALFONSO, L.** 2008. Quality characteristics of Huacaya alpaca fibre produced in the Peruvian Andean Plateau region of Huancavelica. *Spanish Journal of Agricultural Research* 6: 33-38.
- ODEPA, CONADI.** 2002. Agricultura aymara y atacameña: Análisis socio espacial a partir del VI Censo Nacional Agropecuario. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.
- ORIA, I.; QUICAÑO, I.; QUISPE, E. Y ALFONSO L.** 2009. Variabilidad del color de la fibra de alpaca en la zona altoandina de Huancavelica-Perú. *Animal Genetic Resources Information* 45: 79-84.
- QUISPE, E.; FLORES, A.; ALFONSO, L.; GALINDO, A.** 2007. Algunos aspectos de la fibra y peso vivo de alpacas Huacaya de color blanco en la Región de Huancavelica. [En línea]. <http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_de_camelidos/150-Quispe_alpacas.pdf> [consulta: 10 de junio de 2010].
- QUISPE, E.; RODRÍGUEZ, T.; ÑIGUEZ, L. Y MUELLER, J.** 2009. Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. *Animal Genetic Resources Information* 45: 1-14.
- RAGGI, L.** 2005. Situación actual de los camélidos sudamericanos en Chile. [En línea]. <<http://www.rlc.fao.org/es/ganaderia/pdf/2914chi.pdf>> [consulta: 12 Agosto 2009].
- SACCHERO, D.** 2005. Utilización de medidas objetivas para determinar calidad en lanas. [En línea]. <http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina_lana/69-calidad_lanas.pdf> [consulta: 12 Agosto 2010].
- SCHMID, S.; LEHMANN, B.; KREUZER, M.; GÓMEZ, C. Y GERWIG, C.** 2006. The value chain of alpaca fiber in Peru, an economic analysis. Tesis de Master. Swiss Federal Institute of Technology Zurich. Switzerland.

SOSA, C. 2006. Determinación de receptores para Prolactina en células epiteliales de folículos pilosos primarios y secundarios de piel de alpaca (Lama Pacos) mediante inmunohistoquímica. [En línea]. <http://www.cybertesis.edu.pe/sisbib/2006/sosa_nc/pdf/sosa_nc.pdf> [consulta: 19 Agosto 2009].

VALJALO, J. 1964. Algunas características lanométricas de fibras de alpacas chilenas. Para optar al título de ingeniero agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

WANG, X.; WANG, L. Y LIU, X. 2003. The Quality and Processing Performance of Alpaca Fibres. [En línea].

<<https://rirdc.infoservices.com.au/downloads/03-128.pdf>> [consulta: 13 de diciembre de 2010].

YOCUM-McCOLL TESTING LABORATORIES, INC. 2006. Fiber Testing Terminology. [En línea]. <http://www.laurelhighlandsalpacos.com/images/Handout_FIBER_TESTING_TERMINOLOGY.pdf> [consulta: 25 de marzo de 2011].

ZEGARRA, R. 2008. Producción y comercialización de las prendas de alpaca, una alternativa para el desarrollo económico del altiplano boliviano. [En línea]. <http://www.cybertesis.umsa.bo:8080/umsa/2008/zegarra_mr/pdf/zegarra_mr.tex.pdf> [consulta: 19 Agosto 2009].