Revista RENPYS "Recursos Naturales Producción y Sostenibilidad"
ISSN 2953-6561
https://doi.org/10.61236/renpys.v3i1.626
Publicación Semestral. Vol. 3, No. 1, enero-junio 2024, Ecuador (p. 32-41). Edición continua

Lavado de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*) mediante compuestos biodegradable y carbonato de calcio

Joselyn Freire[1], Maritza Vaca[1*], Manuel Almeida[1]

[1] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Ecuador.

***Dirección para correspondencia:** maritza.vaca@espoch.edu.ec

Fecha de Recepción: 24/11/2023 Fecha de Aceptación: 09/01/2024 Fecha de Publicación: 26/01/2024

Resumen

El presente estudio llevado a cabo en el Laboratorio de Fibras Agroindustriales y Curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Se evaluaron los efectos del lavado de la fibra de alpaca con distintas concentraciones de bicarbonato de sodio, en combinación con detergente biodegradable. Se emplearon 16 unidades experimentales, cada una con 200 g de fibra, distribuidas en cuatro tratamientos replicados cuatro veces. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar para el análisis de resultados, utilizando estadísticas descriptivas, análisis de varianza (ADEVA), prueba de Tukey y la prueba de Kruskal-Wallis. El procedimiento experimental abarcó la selección y despunte de la fibra, eliminación de impurezas, lavado con diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio, secado, escarmenado y, hilado manual. Los resultados revelaron propiedades físicas de la fibra antes del lavado, como diámetro, longitud de mecha y número de rizos. Además, se evaluaron variables sensoriales del hilo, como intensidad de blancura, tacto y brillantez. Se analizaron también propiedades mecánicas del hilo, como resistencia a la tensión y porcentaje de elongación. Se concluyó que el bicarbonato de sodio influyó positivamente en la intensidad de blancura y características sensoriales del hilo de alpaca. A pesar de un mayor costo asociado al tratamiento con 150 g de bicarbonato, este enfoque resultó más rentable en términos de beneficio/costo, destacando la importancia de las prácticas de lavado y procesamiento en la producción de hilos de alpaca de alta calidad para el mercado textil.

Palabras claves: Alpaca, Fibra, Bicarbonato de Sodio, Detergente Biodegradable.

Washing of alpaca fiber (*Vicugna pacos*) with biodegradable compounds and calcium carbonate

Abstract

The present study was carried out at the Agroindustrial Fibers and Tannery Laboratory of the Faculty of Livestock Sciences of the Polytechnic School of Chimborazo. The effects of washing alpaca fiber with different concentrations of sodium bicarbonate, in combination with biodegradable detergent, were evaluated. Sixteen experimental units were used, each with 200 g of fiber, distributed in four treatments replicated four times. A completely randomized design was applied for the analysis of results, using descriptive statistics, analysis of variance (ADEVA), Tukey's test and the Kruskal-Wallis test. The experimental procedure included the selection and trimming of the fiber, removal of impurities, washing with different concentrations of sodium bicarbonate, drying, chastening and manual spinning. The results revealed physical properties of the fiber before washing, such as diameter, wick length, and number of curls. In addition, sensory variables of the thread, such as intensity of whiteness, touch and brilliance, were evaluated. Mechanical properties of the yarn, such as tensile strength and percentage of elongation, were also analyzed. It was concluded that baking soda positively influenced the intensity of whiteness and sensory characteristics of alpaca yarn. Despite a higher cost associated with treatment with 150 g of bicarbonate, this approach proved more cost-effective in terms of benefit/cost, highlighting the importance

IDs Orcid:
Joselyn Nathaly Freire Chasi: http://orcid.org/0000-0003-4915-3203
Maritza L Vaca-Cardenas: https://orcid.org/0000-0003-4474-4354
Manuel Enrique Almeida Guzman: https://orcid.org/0000-0003-2722-7259

Artículo científico: Lavado de fibra de Alpaca (*Vicugna pacos*) mediante compuestos biodegradable y carbonato de calcio.

of washing and processing practices in the production of high-quality alpaca yarns for the textile market.

Keywords: Alpaca, Fiber, Biodegradable Detergent, Baking Soda.

1. INTRODUCCIÓN

Las alpacas (*Vicugna pacos*) son camélidos sudamericanos de considerable importancia económica, debido a la fuente de fibra de lana, carne y transporte para las familias que viven en las tierras altas de los Andes (Contreras, 2019; Pallotti et al., 2020). La alpaca es un animal de equilibrado caminar y cuerpo esbelto cubierto de fibra que en su conjunto se denomina vellón, presentando colores variados desde el blanco al negro, pasando por el ruano y gris (Quispe E., Gutiérrez J., & Poma A. 2012.), siendo el color blanco el más apreciado por los productores (Wheeler, J. 2004). Si bien todos los camélidos producen fibra, la de alpaca es la mejor (Vásquez et al., 2015), siendo esta una de las más lujosas y finas del mundo (Tchilinguirian, 2011). Su distribución espacial es muy amplia debido a su gran capacidad de adaptación a diferentes medios (García y Mayta 2018; Sepúlveda, 2011) y en Norteamérica existen pequeños grupos de criadores que han formado lo que se conoce como "cooperativas de fibra", con el fin de abaratar su producción (Jurado et al.,2014).

En el Ecuador su introducción ha sido reciente; pero existe un gran desarrollo debido a su rentabilidad por la venta de fibra (Manso, 2011). Por eso las alpacas se crían principalmente para la extracción de fibra, que es un producto muy valorado en la industria textil, su calidad tiene estrecha relación con la piel (de Castro Sasahara et al., 2022).

La alpaca es especializada en la producción de fibra, creada de un proceso de selección, practicado desde épocas precolombinas (Aguirre y Montero, 2011). Es considerada el oro de los Andes, la fibra de alpaca se le mide en micrones y cuanto mayor el micronaje más suave es (Aynibolivia, 2015). Las fibras de mayores diámetros se encuentran en la región del pecho y de los miembros con un promedio de 40 micras (Bustinza, 2001).

Sus principales características de la calidad de su fibra son: el diámetro, longitud de mecha, número de rizos, resistencia a la tensión, porcentaje de elongación (Feeley et al., 2016). La fibra de alpaca es muy importante debido a que es sedosa, suave, duradera; ya que proporcionan beneficios como: propiedades de resistencia y aislante térmico, elasticidad, antialérgica, higroscópica, puesto que pueden absorber la humedad del ambiente sin mojarse y conservan su brillo natural. Las características de la fibra van a depender de factores como sexo, edad, alimentación y altitud (Zárate, 2012). Las fibras de menor diámetro serán utilizadas para la confección de prendas más finas (Cordero, et al., 2011). La fibra entre una de sus primeras transformaciones sufre el proceso de la esquila, seguido del lavado el cual es importante para mejorar su calidad, suavidad y apariencia para el uso humano, también ayudándonos en su proceso productivo y en su comercialización, con la finalidad de extraer al máximo materias extrañas que se adhieren a la fibra con productos amigables con el ambiente, como detergentes biodegradables (Huebla y Rea, 2019). Su utilización reduce la contaminación ambiental, debido a que poseen surfactantes o tensoactivos que se descomponen de forma natural en un corto tiempo, logrando obtener una fibra e hilo de alpaca de mejor calidad(Marin & Monroy, 2013; Feeley et al., 2016), el detergente biodegradable al ser combinado con el bicarbonato permite que exista una mejor limpieza, ayudándonos a incrementar el poder de blanquear, eliminando manchas y a suavizarla, obteniendo una fibra libre de impurezas las mismas que mejoran su capacidad de absorción del tinte y una distribución más uniforme del color, también nos ayuda a reducir olores desagradables, (Rosas, 2010; Paredes et al., 2014), al ser lavado con un detergente comercial este hace que la fibra sea más dura y necesite de un suavizante, lo que lo hace más tóxico.

Para comprobar lo expuesto se planteó los siguientes objetivos: Establecer las propiedades físicas de la fibra de alpaca. Comparar las propiedades físicas y sensoriales de la fibra de alpaca cuando es lavada con un detergente comercial vs un detergente biodegradable con diferentes niveles de bicarbonato de sodio (50, 100 y 150 g). Definir las características mecánicas y sensoriales del hilo de alpaca obtenido mediante el lavado con detergente comercial vs un detergente biodegradable con diferentes niveles de bicarbonato de sodio. Estimar el beneficio/costo de la fibra de alpaca cuando es lavada con detergente comercial y detergente biodegradable con diferentes niveles de bicarbonato de sodio.

2. METODOLOGÍA

2.1 Ubicación y duración del estudio

La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Fibras Agroindustriales y Curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicado en el km 1½ de la Panamericana Sur, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, con una duración de 60 días.

2.2 Tamaño y procesamiento de la muestra

Se utilizaron 16 unidades experimentales, cada una contó con 200 g de fibra, sumando un total de 3200 g. Estos tratamientos consistieron en el uso de detergente

biodegradable con distintas cantidades de bicarbonato de sodio (50 g, 100 g y 150 g), comparado con un grupo de control sin adición de bicarbonato de sodio. Cada uno de los 4 tratamientos propuestos se replicó 4 veces.

2.3 Diseño Experimental

Se aplicó a los resultados un Diseño Completamente al Azar (Padron, 2009). Las pruebas estadísticas utilizadas en el trabajo experimental incluyeron:

- Estadística descriptiva: Para caracterizar la fibra de alpaca.
- Análisis de varianza (ADEVA): Para analizar las diferencias entre las medias.
- Comparaciones múltiples entre las medias con la prueba de Tukey.
- Prueba de Kruskal-Wallis: Aplicada a variables no paramétricas (sensorial), (International Business Machines Corporation, 2021).

2.4 Procedimiento

2.4.1 Selección y despunte de la fibra de la Alpaca

Para iniciar la selección y despunte de la fibra se realizó una inspección visual y táctil con la finalidad de separar las fibras de las bragas con ayuda de una tijera esterilizada, luego se tomó el vellón en la zona de la paleta, costillar, grupón y muslo, ya que son los sitios dónde se encuentran concentradas las fibras uniformes en cuanto a longitud y finura de un ejemplar de alpaca Huacaya criado en la estación experimental de Aña Muyucucancha. Durante este procedimiento (esquila) se inmovilizó al animal con una cuerda sobre las extremidades posteriores e inferiores, para evitar daños físicos sobre los manipuladores y la alpaca.

2.4.2 Eliminación de Impurezas

Después de la esquila, el vellón de alpaca suele contener suciedad, polvo, arena y otras impurezas, incluyendo materia vegetal como pajas, semillas, espinas y restos de hojas. Por lo que, se llevó a cabo un proceso de limpieza exhaustiva para eliminar todas estas impurezas ("NTE INEN 2852 – Servicio Ecuatoriano de Normalización", 2016).

2.4.3 Lavado

Para realizar el lavado se pesaron 200 g de fibra, luego se calentaron 3 litros de agua por cada repetición hasta alcanzar los 45° C, fue necesario medir los insumos de lavado para poder aplicar los tratamientos en las diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$), inmediatamente se disolvió en agua caliente. A continuación, se sumergió la fibra en tinas, manteniéndola durante 25 minutos y se vigiló la temperatura con el fin de mantenerla en 45° C. Después de este tiempo, se repitió el procedimiento tres veces, se retiró la fibra y se enjuagó en agua fría tres veces hasta que el agua estuviera completamente clara. Las cantidades de insumos utilizadas para cada tratamiento se pueden observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Elaboración de los tratamientos para el lavado de la fibra

Tratamientos	Detergente comercial biodegradable (ml)	Bicarbonato de sodio (g)
T0	100	0
T1	100	50
T2	100	100
T3	100	150

2.4.4 Secado

La etapa de secado implicó la evaporación del agua mediante la circulación del aire, dejando la fibra a la sombra sobre una malla durante un día (24 horas) para 200 g de fibra.

2.4.5 Escarmenado

El escarmenado consistió en estirar y separar cuidadosamente las fibras con las manos, eliminando cualquier impureza y logrando formar un pelotón suave y liviano de un peso de 200 g. Durante este proceso, se eliminaron fibras cortas y restos pequeños, uniformizando las mechas y desenredando aglomeraciones para dejar la fibra lista para el hilado.

2.4.6 Hilado

Para llevar a efecto la fase de hilado, se realizó de manera manual tomando como criterio separar las fibras finas de las gruesas. Una vez que se obtuvo las fibras escarmentadas, se torcieron con las manos desprovistas de protección. Luego se utilizó un palillo con un pequeño disco de madera (guango) en su extremo para atar el hilo al uso, el hilo se torcía a medida que giraba la rueda. Finalmente, se seguía girando el hilo hasta conseguir el grosor deseado (Aguilar, 2014).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Determinación de las pruebas físicas de la fibra antes de lavar

En cuanto al diámetro de la fibra de alpaca, la caracterización reveló un promedio de 31.34 ± 2.23 µm, con variaciones entre 28.36 y 35.00 µm. Según la norma NTE INEC 2856:2015-10, estos valores corresponden a una categoría de fibra gruesa. Al

comparar estos resultados con el trabajo de Siña (2012, p.48), quien evaluó las características físicas de la fibra en alpacas Huacaya en el distrito de Susapaya, provincia de Tarata, se observó que obtuvo un valor de 24.74 ± 2.86 µm, con variaciones entre 19.48 y 31.42 para la edad de BLL (alpacas boca llena).

Esto sugiere que el diámetro de la fibra de alpaca puede verse afectado por factores como la genética, la edad, la nutrición, el clima y la estacionalidad, siendo las fibras más finas y suaves comúnmente encontradas en animales jóvenes. Es esencial considerar estos factores para garantizar la producción de fibras de alta calidad. Quispe et al. (2021), al establecer las características físicas y el perfil de diámetro en alpacas Huacaya en el centro experimental La Raya (Puno, Perú), según edad y sexo, determinaron que el diámetro promedio de la fibra fue de 20.90 ± 0.39 y 21.62 ± 0.37 para machos y hembras, respectivamente.

Estos resultados son inferiores a los obtenidos en el presente estudio, posiblemente debido a que los investigadores trabajaron con alpacas menores de 5 años.

En relación con la longitud de la mecha, la fibra de alpaca sin estirar o longitud relativa mostró un promedio de 25.10 ± 3.00 cm, con variaciones entre 20.00 y 30.00 cm. Al comparar estos resultados con el trabajo de Nestares y Carhuas (2020), quienes evaluaron las características físicas de la fibra de alpacas Huacaya de la empresa ganadera rural Wari Ninacaca-Pasco, se observa que la longitud de mecha en su estudio fue de 11.90 ± 1.63 cm, con valores extremos de 3.5 a 13.52 cm.

La diferencia en las longitudes puede deberse al hecho de que los animales en el presente estudio no fueron esquilados anualmente, lo que influye en la longitud de la mecha. En cuanto a la longitud de la fibra estirada o longitud absoluta, se obtuvo un promedio de 34.30 ± 3.56 cm, con fluctuaciones entre 28.00 y 39.00 cm. Al comparar estos resultados con el estudio de Aucancela (2015), que caracterizó la fibra de Vicugna pacos (Alpaca) en la parroquia San Juan, provincia de Chimborazo, se observa que obtuvo un valor de 14.70 para alpacas mayores de 2.5 años. Estos valores son más bajos en comparación con los obtenidos en la presente investigación, lo cual puede deberse a diferencias en la población estudiada y las prácticas de manejo de las fibras.

En cuanto al número de rizos de la fibra de alpaca, se encontraron valores que oscilaron entre 2.50 y 3.42 rizos/cm, con un promedio de 2.98 ± 0.33 rizos/cm. Al comparar estos resultados con el trabajo de Simbaina (2015), quien realizó un estudio de calidad de fibra en alpacas en las comunidades del Austro provincia del Cañar, se determinó que estos animales presentaban 2.78 ± 0.52 rizos/cm con una variación de 0.8 a 5.0 rizos/cm. Si bien hay una relación en los resultados, se confirma que las fibras gruesas tienden a tener menos rizos, mientras que las fibras más rizadas contribuyen a la cohesión del hilado, proporcionándole una mayor elasticidad.

Manso (2011), al establecer la calidad de la fibra de alpaca en Huancavelica (Perú), reporta que el rizado es una consecuencia directa de la formación de la fibra dentro del folículo, señalando además que la fibra de alpaca suele tener de 1 a 7 rizos/cm. Los resultados en esta investigación están en línea con estos hallazgos, y es importante destacar que las fibras con más rizos suelen ser más suaves al tacto.

Tabla 2. Resultados de las propiedades físicas de la fibra antes de ser lavada.

Parámetro	Media & D.E	Mínimo	Máximo
Diámetro µm	31.34 ± 2.23	28.36	35.00
Longitud de mecha sin estirar (cm)	25.10 ± 3.00	20.00	30.00
Longitud de mecha estirada (cm)	34.30 ± 3.56	28.00	39.00
Número de rizos (rizos/cm)	2.98 ± 0.33	2.50	3.42

3.2 Variables sensoriales de la fibra

En la Tabla 3 se presentan los valores de la intensidad de blancura, los cuales no mostraron diferencias significativas (P>0,05) en función de los niveles de bicarbonato utilizados. Las puntuaciones oscilaron entre 2.50 y 3.50 puntos sobre 5 de referencia, correspondiendo a la utilización de 50 g y entre 100 y 150 g de bicarbonato, respectivamente. Esto indica que la fibra presenta una blancura poco intensa, lo cual es respaldado por Merkez & Ahmet (2023, p.1), quienes destacan la importancia de la blancura en los productos textiles en términos de calidad y control visual.

La evaluación de la intensidad de blancura puede variar según las condiciones de observación, incluyendo la fuente, dirección, tamaño, fondo y observador de la luz. Además, la percepción visual puede verse afectada por la edad del animal, la dieta, las condiciones climáticas y los procesos de limpieza y blanqueamiento utilizados en el procesamiento de la fibra. En el mercado textil, una fibra más blanca o brillante suele considerarse más atractiva y valiosa.

3.2.1 Tacto

En cuanto a la característica sensorial del tacto, los valores determinados variaron entre 2.50 y 3.50 puntos, y no mostraron diferencias estadísticamente significativas (P>0.05). Esto indica que la fibra es

ligeramente áspera y rugosa, con muy pocas imperfecciones. Los niveles de bicarbonato utilizados en el lavado no parecen influir en esta característica. Sin embargo, numéricamente, el uso de 150 g de bicarbonato de sodio obtuvo la respuesta más alta (3.5 puntos). Esto puede atribuirse a lo señalado por González et al. (2015), quienes indican que la propiedad táctil humana puede percibir cambios en las propiedades mecánico-sensoriales afectadas por estructuras de fibras, tejidos y acabados textiles.

Además, esta percepción táctil puede verse influenciada por diversos factores como el diámetro de la fibra, la longitud de la mecha, el contenido de humedad y la presencia de impurezas o materiales extraños.

3.2.2 Brillantez

En relación con la evaluación de la brillantez de la fibra de alpaca, no se registraron diferencias significativas ($P<0.05$), con puntuaciones que oscilaron entre 2.50 y 3.50 puntos sobre una escala de referencia de 5. Estos resultados indican una clasificación intermedia, que va desde bueno a muy bueno, para los niveles de bicarbonato aplicados en el lavado.

Quispe (2013) señala que el brillo en la fibra se refiere a la coloración natural determinada por factores raciales, nutricionales y ambientales, entre otros. En el caso de las fibras blancas, el brillo o lustre es un indicador de un crecimiento normal y una alta protección natural proporcionada por la grasa presente en ellas, con escaso daño ambiental. Las fibras más brillantes suelen considerarse más atractivas y valiosas en el mercado. La brillantez puede verse afectada por diversos factores, como la longitud de la mecha, el diámetro de la fibra, la uniformidad de la fibra y la cantidad de escamas en la superficie de la fibra.

Tabla 3. Resultados de las variables sensoriales de la fibra por efecto de los niveles de bicarbonato.

Parámetros	Niveles de bicarbonato					
	0 g	50 g	100 g	150 g	H cal	p-valor
Intensidad de blancura, puntos	3.00	2.50	3.50	3.50	3.15	0.273
Tacto, puntos	2.50	3.00	3.00	3.50	3.20	0.308
Brillantez, puntos	3.00	2.50	3.50	3.00	3.18	0.271

3.3 Variables sensoriales del hilo de alpaca

3.3.1 Intensidad de blancura

La intensidad de blancura en el hilo de alpaca mostró diferencias significativas ($P<0.05$) en función de los niveles de bicarbonato de sodio utilizados. Específicamente, al lavar con detergente biodegradable más 150 g de bicarbonato de sodio se logró la mejor calificación de intensidad de blancura, con una puntuación de 4.50 sobre 5, correspondiente a una calidad excelente. En contraste, los resultados más bajos se obtuvieron al utilizar el tratamiento control y 50 g de bicarbonato de sodio, alcanzando puntuaciones de 3 puntos, lo cual se clasifica como bueno.

Se establece que el uso de una mayor cantidad de bicarbonato resulta en una mayor blancura tanto en la fibra como en el hilo. Esto se debe a que el bicarbonato de sodio actúa como potenciador en la eliminación de suciedad y elementos extraños, corroborando el hallazgo de Huebla y Rea (2019) en su estudio sobre la industrialización, diseño y elaboración de artículos terminados con la fibra de alpaca, donde lograron la calificación más alta al lavar la fibra con detergente biodegradable, bicarbonato de sodio y sal en grano (4.40 puntos).

La intensidad de la blancura puede ser influenciada por varios factores, como la calidad de la esquila, el procesamiento de la fibra y el almacenamiento. Las impurezas, como suciedad y grasa, pueden oscurecer la fibra y disminuir su intensidad de blancura. Además, los procesos de lavado y blanqueo pueden afectar el color y la intensidad de la blancura de la fibra, por lo que deben llevarse a cabo cuidadosamente para evitar daños en las fibras.

3.3.2 Tacto

Al evaluar el hilo de alpaca mediante la sensación táctil, que mide las propiedades mecánico-sensoriales según González et al. (2015), se observaron diferencias significativas ($P>0.05$). Los resultados más bajos (3.00 puntos) se obtuvieron al utilizar el tratamiento control, clasificado como bueno, en contraste con la puntuación más alta de 4.50 puntos, correspondiente a excelente, cuando se utilizó 150 g de bicarbonato. Estos hallazgos son similares a un estudio previo de Huebla & Rea (2019), quienes, al lavar la fibra con detergente biodegradable, bicarbonato de sodio y sal en grano, lograron una puntuación de 4.60 puntos, determinando que el hilo obtenido presentaba una sensación suave sin imperfecciones. El bicarbonato favorece estas características, contribuyendo a la calidad del hilo.

La evaluación táctil es crucial en la apreciación de la

calidad del hilo de alpaca, ya que puede servir como indicador de la suavidad y la textura sedosa de la fibra. Factores como el diámetro de la fibra, la longitud de la mecha y la uniformidad de la fibra pueden influir en la sensación táctil de la misma.

3.3.3 Brillantez

Los valores determinados por la propiedad de brillantez de la fibra de alpaca no registró diferencias significativas (P<0.05), por los niveles que se utilice de bicarbonato de sodio, con puntuaciones entre 3 y 4.50 teniendo una calificación intermedia de buena y muy buena, lo que menciona, (Parodi, 2011), que por estos problemas de la brillantez, en varias ocasiones se la suele tener en una fibra gruesa, con la que también se puede confeccionar prendas de vestir pero sin el brillo adecuado para su comercialización son vendidas a bajo precio y la brillantez del hilo de alpaca es una de las características que lo hacen único y valorado en la confección de prendas de alta calidad.

Tabla 4. Resultados de las variables sensoriales del hilo de alpaca por efecto de los niveles de bicarbonato

Parámetros	Niveles de bicarbonato					
	0 g	50 g	100 g	150 g	H cal	Prob
Intensidad de blancura, puntos	3.00	3.00	3.50	4.50	7.57	0.0229
Tacto, puntos	3.00	4.00	4.00	4.50	8.49	0.0183
Brillantez, puntos	3.00	3.50	3.50	4.50	5.67	0.0789

Nota. Determinación de las propiedades mecánicas del hilo por efecto de los niveles de bicarbonato de sodio.

3.4 Mecánica del hilo de Alpaca

3.4.1 Resistencia a la tensión

La evaluación de la resistencia a la tensión del hilo de alpaca lavado con diferentes niveles de bicarbonato no mostró diferencias significativas (P>0.05), aunque las cifras variaron numéricamente entre 1070.16 y 1428.69 N/cm^2 al emplear el tratamiento control y 150 g de bicarbonato de sodio, respectivamente. Debido a la falta de diferencias estadísticas, no se puede afirmar que el bicarbonato tenga un impacto significativo en la resistencia a la tensión del hilo, ya que sus mayores beneficios parecen reflejarse en el color, la brillantez y otras características perceptibles del lavado de la fibra. Comparando con el estudio de Huebla & Rea (2019), quienes utilizaron diferentes sistemas de lavado y obtuvieron datos de resistencia a la tensión de 1620.00 a 2278.00 N/cm^2, se observa que los resultados son superiores a los obtenidos en este trabajo. Estas variaciones pueden atribuirse a factores como la calidad inicial de la fibra de alpaca, el grosor del hilo y el proceso de hilado. La resistencia a la tensión en el hilo de alpaca es una propiedad crucial en la industria textil, ya que una mayor resistencia se traduce en una mayor durabilidad de los productos textiles, reduciendo el riesgo de desgarrarse o romperse. Todos los tratamientos cumplen con los límites permisibles según la norma técnica IUP 6, que establece valores entre 800 y 1200 N/cm^2, asegurando así la calidad de los hilos.

3.4.2 Porcentaje de Elongación

Al determinar el alargamiento que resiste el hilo hasta la ruptura que está representado por el porcentaje de elongación, se estableció que no existen diferencias significativas (P>0.05), por efecto de los niveles de bicarbonato de sodio utilizados, por cuanto estas presentaron valores desde 35.86% con el tratamiento control a 41.04% al utilizar 150 g de bicarbonato de sodio, notándose por consiguiente que numéricamente el hilo obtenido de la fibra de alpaca lavado con 150 g de bicarbonato de sodio presentaran un mayor alargamiento hasta antes de su ruptura.

Respuestas que comparadas con el trabajo de (Huebla y Rea, 2019), presentan ser inferiores ya que estos investigadores indican haber obtenido elongaciones entre 53 y 73.5%, esto puede variar dependiendo de la calidad de la fibra, el procesamiento y otros factores, un porcentaje de elongación adecuado puede aumentar la durabilidad, resistencia, flexibilidad lo que la hace adecuada para una amplia variedad de aplicaciones textiles. Las exigencias de calidad de la norma técnica IUP 6, infiere como límites permisibles entre 40 a 80 % de elongación por lo tanto todos los tratamientos cumplen con esta exigencia de calidad.

Tabla 5. Resultados de las variables mecánicas del hilo de alpaca por efecto de los niveles de bicarbonato de sodio

Parámetros	Niveles de bicarbonato					
	0 g	**50 g**	**100 g**	**150 g**	**E.E**	**Prob**
Resistencia a la tensión N/cm^2	1070.16 a	1201.81 a	1159.86 a	1428.69 a	115.51	0.2110
Porcentaje de elongación %	35.86 a	40.04 a	40.27 a	41.04 a	2.41	0.4523

3.5 Análisis de beneficio costo

3.5.1 Costos de producción

En términos de costos de producción, al analizar los gastos y la cantidad de hilo de alpaca obtenido (ver tabla 5-3), se observa que el tratamiento control tiene un costo de producción de 10.15 dólares por kilogramo de hilo. Este costo tiende a aumentar al emplear niveles de bicarbonato, siendo más alto al utilizar 150 g de bicarbonato de sodio, alcanzando un valor de 12,63 dólares.

Es importante señalar que, a pesar del mayor costo, el hilo obtenido con este último tratamiento presenta características sensoriales superiores, lo que podría resultar en un mayor valor de venta en el mercado textil.

3.5.2 Beneficio costo

Al calcular la relación beneficio/costo (B/C), que es la proporción entre los ingresos y los gastos totales (ver tabla 4-6), se determina que al utilizar detergente biodegradable más 150 g de bicarbonato de sodio se obtiene un B/C de 1.48 (Blank, et al., 2012).

Esto significa que por cada dólar invertido se genera una utilidad del 48%. Este rendimiento se reduce a 44, 39 y 26 centavos al emplear niveles de 100 g y 50 g de bicarbonato de sodio, y el tratamiento control, respectivamente. En conclusión, a pesar de tener el costo más alto, lavar la fibra de alpaca con detergente biodegradable y 150 g de bicarbonato de sodio resulta más rentable, ya que el hilo producido posee características más apreciadas en la industria textil.

Tabla 6. Análisis económico (dólares) del uso de detergente biodegradable más bicarbonato de sodio

	Niveles de bicarbonato			
Concepto $	**0 g**	**50 g**	**100 g**	**150 g**
Detergente comercial (Ciclón)	1.5	0	0	0
Detergente biodegradable	0	1.06	1.06	1.06
Bicarbonato de sodio	0	0.8	1.6	2.4
Pilas 3ª	0.62	0.62	0.62	0.62
Fundas plásticas	0.4	0.4	0.4	0.4
Gas	0.5	0.5	0.5	0.5
Costo de hilado Manual	5	5	5	5
Egresos totales	8.02	8.38	9.18	9.98
Total, de hilo producido (Kg)	0.79	0.79	0.79	0.79
Costo prod/Kg del Costo prod/Kg de hilo, dólares	10.15	10.61	11.62	12.63
Precio de venta, dólares/Kg	12.75	14.75	16.75	18.75
Ingresos totales, dólares	10.07	11.65	13.23	14.81
Beneficio/costo	1.26	1.39	1.44	1.48

4. CONCLUSIONES

El análisis de las pruebas físicas de la fibra de alpaca antes del lavado revela importantes características que influyen en su calidad. El diámetro promedio de la fibra se encuentra en el rango de fibras gruesas según la norma NTE INEC 2856:2015-10, siendo estos valores influenciados por factores como genética, edad, nutrición, clima y estacionalidad.

La intensidad de blancura del hilo muestra diferencias significativas según los niveles de bicarbonato de sodio utilizados, siendo la combinación de detergente biodegradable con 150 g de bicarbonato la que logra la

mejor calificación, alcanzando una puntuación de 4.50 sobre 5, clasificada como excelente. Esto resalta la importancia del bicarbonato como potenciador en la eliminación de suciedad y elementos extraños, contribuyendo a la intensidad de blancura del hilo de alpaca.

La utilización cuidadosa del bicarbonato de sodio en el lavado del hilo de alpaca no solo mejora la intensidad de blancura y la sensación táctil, sino que también contribuye a mantener la brillantez única de la fibra. Estos hallazgos subrayan la importancia de las prácticas de lavado y procesamiento en la producción de hilos de alpaca de alta calidad y atractivos en el mercado textil.

Al analizar los costos de producción y la relación beneficio/costo en el proceso de lavado del hilo de alpaca, se observa que, a pesar de un mayor costo asociado al tratamiento con 150 g de bicarbonato de sodio, este enfoque resulta más rentable en términos de beneficio/costo. El tratamiento control, a pesar de tener un costo inicial menor, genera un hilo con características sensoriales inferiores, lo que podría afectar su valor en el mercado textil.

5. REFERENCIAS

Aguilar, Y. (2014). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta procesadora de hilos de fibra de Alpaca en la provincia de Lucanas, región Ayacucho* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga] UNSCH. https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/934

Aguirre Matta, Fernando Leon, & Montero Cornejo, Jorge Luis. (2011) *Producción comercial de fibra fina de alpaca mediante tecnologias de reproducción asisitida y crianza semiintensiva.* [Tesis de maestría, Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas, Administración de Empresas] UPC. http://hdl.handle.net/10757/315870

Aynibolivia. (2015, marzo 1). *Propiedades de la fibra de alpaca*. AYNI Bolivia http://aynibolivia.com/shop/blog/alpaca-fibra-andes/

Aucancela, Byron. (2015). *Caracterización de la fibra de vicugna pacos (alpaca) de la parroquia San Juan, provincia de Chimborazo*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo] Dspace. http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/5197/1/17T1282%20.pdf

Blank, L. T., Tarquin, A. J., & Coalla, M. I. V. (2012). *Ingeniería económica* (No. 658, p. 15). McGraw-Hill. https://www.academia.edu/download/54442283/Ingenieria_Economica_-_Blank_-_6ta.pdf

Bustinza, V. (2001). *La alpaca, conocimiento del gran potencial andino*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano] Puno. https://biblioteca.unap.edu.pe/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=10376

Cordero, A., Contreras, J., Mayhua, P., Jurado, M., & Castrejón, M. (2011). Correlaciones fenotípicas entre características productivas en alpacas Huacaya. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 22*(1), 15-21. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172011000100003

Contreras, Simón. (2019). *Potencial Productivo y Comercial de la Alpaca*. [Tesis de grado, Ministerio de Agricultura y Riego] MIDAGRI. http://hdl.handle.net/20.500.13036/350

de Castro Sasahara, T. H., McManus, C. M., Neira, L. M. D., Gomes, S. P., Borghesi, J., Giancoli-Kato, M., ... & Miglino, M. A. (2022). Design-based stereology in alpaca skin (Vicugna pacos): Impacts on fiber production. *Small Ruminant Research, 208*, 106629. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106629

Feeley, N. L., Bottomley, S., & Munyard, K. A. (2016). Novel mutations in Vicugna pacos (alpaca) Tyrp1 are not correlated with brown fibre colour phenotypes. *Small Ruminant Research, 143*, 29–34. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.08.012

García Atencio, A. S., & Mayta Chirinos, M. J. (2018). *La producción de llamas y alpacas para la industria y la alimentación en la región Pasco al año 2010-2017*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión] UNDAC. http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/404 .

González, J. A., Mettananda, C., & Crown, E. M. (2015). La evaluación objetiva de propiedades táctiles de las telas. Parte I: Modelado de Propiedades Mecánico-Sensoriales. *Realidad Y Reflexión, 38,* 35–61. https://doi.org/10.5377/ryr.v38i0.1832

Huebla, Wendy., & REA, Jessica. (2019).

Industrialización, diseño y elaboración de artículos terminados con fibra de alpaca. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo] Dspace. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/13503

International Business Machines Corporation. (2021, December 7). *Prueba de Kruskal-Wallis*. IBM Documentation. https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/beta?topic=tests-kruskal-wallis-test

Jurado, J. M. D., Saravia, R. V., Yerren, C. A. A. R., & Cueto, J. B. (2022). Transformación de fibra de alpaca en hilo rústico, mediante el prototipado de máquinas familiares con la Fabricación Digital de la Industria 4.0. *Revista de Innovación y Transferencia Productiva, 3*(2), e008-e008. https://doi.org/10.54353/ritp.v3i2.e008

Manso Martínez, C. (2011). *Determinación de la calidad de fibra de alpaca en Huancavelica (Perú): Validación de los métodos de muestreo y valoración*. [Tesis de maestría, Universidad Pública de Navarra] UPNA. https://academica-e.unavarra.es/handle/2454/3448

Marín, C. V., & Monroy, B. G. (2013). Fibras textiles naturales sustentables y nuevos hábitos de consumo. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, *(13)*, 31-45. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477947372 003

Merkez, M., & Ahmet, Sadik. (2023) *Índice de Blancura*. EUROLAB. https://www.laboratuvar.com/es/tekstil-testleri/fiziksel-testler/beyazlik-indeksi

Nestares Mauricio, J., & Carhuas Gora, R. (2020). *Características físicas de la fibra de alpacas Huacaya de la empresa ganadera Rural Wari Ninacaca-Pasco*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión] UNDAC. http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2002

NTE INEN 2852 - *Servicio Ecuatoriano de Normalización*. (2016, noviembre 25). INEM https://studylib.es/doc/7993188/nte-inen-2852---servicio-ecuatoriano-de-normalizaci%C3%B3n

Padron, E. (2009). Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y la ganadería. *México: Trillas*. https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-UAAAN:30412/Description

Paredes, M. M., Membrillo, A., Gutiérrez, J. P., Cervantes, I., Azor, P. J., Morante, R., Alonso-Moraga, A., Molina, A., & Muñoz-Serrano, A. (2014). Association of microsatellite markers with fiber diameter trait in Peruvian alpacas (Vicugna pacos). *Livestock Science, 161*, 6–16. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.12.008

Pallotti, S., Pacheco, C., Valbonesi, A., & Antonini, M. (2020). A comparison of quality of the fleece and follicular activity between sheared and non-sheared yearling alpacas (Vicugna pacos). *Small Ruminant Research, 192*, 106243. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106243

Parodi, Noelia. (2011). Principales problemas en la calidad de la fibra de alpaca que limitan la comercialización de prendas de vestir en el mercado francés. *Revista de Ciencias Empresariales de la Universidad de San Martín de Porres vol. 2, pp.* 20- 28. https://hdl.handle.net/20.500.12727/1609

Quispe, E. C., Gutiérrez, J. P., & Poma, A. (2012). Plan de mejoramiento genético para alpacas de color blanco en la Región de Huancavelica. *Editorial Nueva Imagen XXI EIRL, Huancavelica, Perú*. https://www.researchgate.net/publication/277132089_Plan_de_Mejoramiento_Genetico_para_Alpacas_de_color_blanco_en_la_Region_de_Huancavelica

Quispe, Jesús., Apaza, Edgar. & Olarte, Uberto. (2021). Características físicas y perfil de diámetro de fibra de alpacas Huacaya del Centro Experimental La Raya (Puno, Perú), según edad y sexo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú vol. 32, no. 2, pp.* e20004. https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20004

Quispe Peña, E., Poma Gutiérrez, A., & Purroy Unanua, A. (2013). Caracteristicas productivas y textiles de la fibra de alpacas de raza huacaya a review of huacaya alpacas fiber traits. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, *7*(1), 1-29.

https://doi.org/10.5209/REV_RCCV.2013.V7.N1.41413

Rosas Espejo, A. I. (2010). *Estudio de las principales características de la fibra de alpaca grasienta y de las condiciones de su proceso de lavado*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingenieria] UNI Lima. http://hdl.handle.net/20.500.14076/169

Simbaina, Juan. (2015). *Calidad de fibra en alpacas en las comunidades del austro, provincia de Cañar*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo] Dspace. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/5213

Siña, Miltón. (2012). *Características físicas de la fibra en alpacas Huacaya del distrito de Susapaya, Provincia de Tarata*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna] UNJBG. https://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/20.500.12510/1605

Tchilinguirian, P. (2011). Paleoambientes durante el Holoceno medio (Noroeste argentino). *Estado de situación y problemática en poblaciones humanas y ambientes en el Noroeste Argentino durante el Holoceno Medio. Editado por M. Mondini JM, Martinez JH, Marconetto MB. Taller de Arqueología, Córdoba*. https://www.researchgate.net/publication/340233130_Poblaciones_Humanas_y_Ambientes_en_el_Noroeste_Argentino_durante_el_Holoceno_Medio

Vásquez, R., Gómez-Quispe, O. E., & Quispe, E. (2015). Características Tecnológicas de la Fibra Blanca de Alpaca Huacaya en la Zona Altoandina de Apurímac: Technological Characteristics of the White Fibre of Huacaya Alpaca in Theandean Region of Apurimac. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 26*(2), 213-220. http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v26i2.11020

Wheeler, J. (2004). Evolution and present situation of the South American Camelidae. *Biological Journal of the Linnean Society, 54*(3), 271-295. https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1995.tb01037.x

Zárate, Ángel. (2012). *Guía técnica Asistencia técnica dirigida en caracterización y clasificación de fibra de alpaca*. AGROBANCO. https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/005-a-alpaca.pdf