

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

ESCUELA DE POSGRADO

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA**



TESIS:

**Factores que influyen en la protección ultravioleta de
sombreros de fieltro de vicuña, alpaca y oveja de la región
de Ayacucho**

Para optar el grado académico de:
MAESTRO EN INGENIERÍA AMBIENTAL

PRESENTADO POR:
Bach. Bernardo Luciano PILLPE ARGUMEDO

ASESORA:
Mg. Leidy Diana MEDINA QUIQUIN

AYACUCHO - PERÚ

2026

Dedicatoria

A mis padres, por su amor incondicional, esfuerzo y sacrificio, pilares fundamentales que han guiado cada paso de mi vida. A mi esposa e hijos, por su paciencia, comprensión y apoyo constante durante este proceso académico, siendo mi mayor motivación para seguir adelante.

A mis maestros, por compartir sus conocimientos, orientarme con sabiduría e inspirarme a fortalecer mi formación profesional y humana.

Y, finalmente, a mi tierra. Ayacucho, fuente de identidad. Fortaleza e inspiración, cuyas riquezas culturales y naturales motivan el compromiso de contribuir, a través de la investigación, al desarrollo y bienestar de nuestra sociedad.

Agradecimiento

Expreso mi profundo agradecimiento a todas las personas e instituciones que contribuyeron en el desarrollo de la presente investigación.

A mi asesora de tesis, Mg Leidy Diana Medina Quiquin, por su orientación, dedicación y acompañamiento académico durante el proceso de investigación. Sus observaciones, sugerencias y disposición permanente fueron fundamentales para fortalecer y culminar satisfactoriamente este trabajo.

Mi reconocimiento a los artesanos y productores de la región de Ayacucho, quienes compartieron sus conocimientos sobre el procesamiento de los sombreros de fieltro de vicuña, alpaca y oveja. Su colaboración y apertura permitieron comprender el valor de este saber ancestral y contribuyeron significativamente al desarrollo de la investigación.

A mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y la motivación constante a lo largo de este proceso académico, siendo el pilar fundamental en cada etapa de mi formación.

Finalmente, expreso mi agradecimiento especial a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por la formación académica brindada y por constituirse en un espacio de crecimiento profesional y humano que hizo posible el desarrollo de la presente investigación.

Índice general

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	ix
Índice de anexos.....	xi
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1. Situación problemática.....	16
1.2. Formulación del problema.....	18
1.2.1. Problema general.....	18
1.1.2. Problemas específicos.....	18
1.2. Objetivos.....	18
1.3.1. Objetivo general.....	18
1.2.2. Objetivos específicos.....	18
1.3. Hipótesis.....	19
1.3.2. Hipótesis general.....	19
1.3.3. Hipótesis específicas.....	19
1.4. Justificación.....	19
1.4.2. Justificación científica.....	19
1.4.3. Justificación Social.....	20
1.4.4. Justificación económica.....	20
1.4.5. Justificación metodológica.....	20
1.5. Delimitación del estudio.....	21
1.5.2. Delimitación espacial.....	21
1.5.3. Delimitación temporal.....	21
II. MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. Antecedentes de la investigación.....	22
2.1.2. Internacional.....	22

2.1.3.	Nacional	25
2.1.4.	Local	29
2.2.	Bases teóricas	30
2.2.2.	Radiación	30
2.2.3.	Tipos de radiación	30
2.2.4.	Radiación electromagnética	31
2.2.5.	Radiación solar	32
2.2.6.	Radiación ultravioleta (UV).....	33
2.2.6.1.	Tipos de radiación ultravioleta (UV).....	34
2.2.6.2.	Radiación ultravioleta A (UVA)	34
2.2.6.3.	Radiación ultravioleta B (UVB)	35
2.2.6.4.	Radiación ultravioleta C (UVC).....	35
2.2.6.5.	Influencia de la disminución de la capa de ozono	35
2.2.6.6.	Efectos de la radiación ultravioleta en la piel y los ojos	36
2.2.7.	Factores relacionados con la radiación ultravioleta.....	38
2.2.8.	Índice de radiación ultravioleta (IUV)	40
2.2.9.	Índice de radiación ultravioleta en el Perú	41
2.3.	Fibras de animales utilizadas en la Investigación	43
2.3.1.	Camélidos	43
2.3.1.1.	Clasificación	44
2.3.1.2.	Vicuña (<i>Vicugna vicugna</i>)	45
2.3.1.3.	Alpaca (<i>Vicugna pacos</i>)	46
2.3.1.4.	Ovinos (<i>Ovis aries</i>).....	47
2.4.	Fibra	49
2.4.1.	Tipos de fibras textiles.....	49
2.4.1.1.	Fibras naturales.....	49
2.4.1.2.	Fibras artificiales	49
2.4.1.3.	Fibras sintéticas	50
2.4.1.4.	Proceso de obtención de lana	50
2.5.	Fieltro	52
2.5.1.	Tipos de fieltro	52
2.5.1.1.	Fieltro de lana.....	52
2.5.1.2.	Fieltro de pelo animal.....	52
2.5.1.3.	Fieltro sintético	53

2.5.1.4.	Filtro adhesivo	53
2.5.1.5.	Proceso artesanal de elaboración del filtro	53
2.6.	Medidas de protección de la radiación UV	55
2.6.1.	Uso de ropa protectora de radiación UV	55
2.6.2.	Uso de sombreros de ala ancha	55
2.7.	Factor de protección ultravioleta	56
2.7.1.	Determinación del factor de protección ultravioleta	56
2.7.2.	Índice FPU	59
2.7.3.	Factores que influyen en la protección ultravioleta de los textiles	60
2.8.	Normativa de clasificación y marcado del material textil	61
2.8.1.	Norma australiana/neozelandesa (AS/NZ 4399: 1996)	61
2.8.2.	Norma UNE-EN 13758-2	62
2.8.3.	Método Standard UV 801	63
2.9.	Marco conceptual	65
III.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	66
3.1.	Tipo y nivel de investigación	66
3.2.	Diseño de investigación	67
3.3.	Población y muestra	67
3.3.1.	Población:	67
3.3.2.	Muestra	67
3.4.	Operacionalización de variables	69
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	70
3.5.1.	Técnicas de recolección de datos	70
3.5.1.1.	Selección de fibras para la elaboración del filtro	70
3.5.1.2.	Determinación del gramaje del filtro	76
3.5.1.3.	Procedimiento de obtención de fibra	77
3.5.1.4.	Procedimiento de determinación del FPU in vitro	80
3.5.2.	Instrumentos de recolección de datos	83
3.5.3.	Método de ensayo para la determinación del FPU	86
3.6.	Procesamiento y análisis de datos	87
3.6.1.	Procesamiento de datos:	87
3.6.2.	Análisis estadístico de datos	88
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	90
4.1.	Factor de protección ultravioleta de los filtros	90

4.2.	Factor de protección ultravioleta del fieltro de alpaca	96
4.3.	Factor de protección ultravioleta del fieltro de oveja	98
4.4.	Factor de protección ultravioleta del fieltro de vicuña	99
4.5.	Comparación de los FPU de los fieltros	100
4.6.	Discusión de Resultados	104
4.6.1.	Influencia del tipo de fibra sobre el factor de protección ultravioleta	104
4.6.2.	Influencia del gramaje sobre el factor de protección ultravioleta	105
4.6.3.	Influencia del espesor sobre el factor de protección ultravioleta.....	106
4.6.4.	Influencia del color sobre el factor de protección ultravioleta.....	107
4.6.5.	Comparación del nivel de protección ultravioleta entre los sombreros de fieltro de vicuña, alpaca	107
4.6.6.	Influencia del proceso de afieltrado sobre la protección ultravioleta.....	109
4.6.7.	Relevancia de los resultados para la región Ayacucho	109
4.6.8.	Implicancia productivas y económicas.....	110
4.6.9.	Síntesis de la discusión.....	110
CONCLUSIONES		111
RECOMENDACIONES		112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		113
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....		123
ANEXOS.....		125

Índice de tablas

Tabla 1	Centros poblados productoras de fibra de vicuña, alpaca y oveja.....	21
Tabla 2	Tipos de radiación.....	31
Tabla 3	Tipos de radiación UV.....	34
Tabla 4	Factores relacionados con la intensidad de la radiación ultravioleta.....	39
Tabla 5	Índice de radiación ultravioleta.....	40
Tabla 6	Etiquetado y clasificación de los tejidos en función de su factor de protección a la radiación ultravioleta (Norma AS/NZ 4399: 1996).....	59
Tabla 7	Etiquetado y clasificación de los tejidos en función de su factor de protección a la radiación ultravioleta (Norma AS/NZ 4399: 1996).....	62
Tabla 8	Operacionalización de variables.....	69
Tabla 9	Clasificación por grupos de calidades de la fibra de alpaca.....	71
Tabla 10	Ejemplo de ficha de registro de datos.....	86
Tabla 11	Ejemplo de tabla de datos.....	88
Tabla 12	Resultados de estadística descriptiva de todos los datos.....	90
Tabla 13	Resultados de estadística descriptiva por cada tipo de fibra.....	93
Tabla 14	Resultados del ANOVA de Factores Múltiples para el FPU en sombreros de fieltro	
Tabla 15	Análisis de varianza (fieltro de alpaca).....	96
Tabla 16	Análisis de varianza (fieltro de oveja).....	98
Tabla 17	Análisis de varianza (fieltro de vicuña).....	99
Tabla 18	Factor de Protección Ultravioleta (FPU) de los diferentes fieltros.....	100
Tabla 19	Análisis de varianza para el FPU.....	101

Índice de figuras

Figura 01 Centros poblados productoras de fibra de vicuña, alpaca y oveja.....	37
Figura 02 Índice de radiación ultravioleta en el Perú del 26 de octubre del 2024.....	42
Figura 03 Índice Mensual de Radiación Ultravioleta en Ayacucho: Comparación de los Años 2018-2022.....	43
Figura 04 Clasificación de los camélidos.....	44
Figura 05 Características de la vicuña.....	45
Figura 06 Características de la alpaca.....	46
Figura 01 Características de la oveja.....	48
Figura 08 Fotografía microscópica de fibras de lana donde se puede apreciar claramente las escamas.....	51
Figura 09 Pictograma para el etiquetado de prendas, según la norma europea EN 13758-2.....	63
Figura 10 Etiquetado para prendas y artículos de sombrerería según el sistema UV Standard 801.....	64
Figura 11 Muestras de sombreros de fieltro elaborados con fibra de alpaca.....	67
Figura 12 Muestras de sombreros de fieltro elaborados con fibra de oveja.....	68
Figura 13 Muestras de sombreros de fieltro elaborados con fibra de vicuña.....	68
Figura 14 Zonas de aprovechamiento de fibra de alpaca para la elaboración de fieltro..	71
Figura 15 Zonas de aprovechamiento de fibra de oveja para la elaboración de fieltro.....	72
Figura 16 Zonas de aprovechamiento de fibra de vicuña para la elaboración de fieltro...	73
Figura 17 Proceso de elaboración de fieltro mediante tecnología de no tejidos.....	74

Figura 18	Preforma de fieltro en forma de cono antes del afieltrado.....	75
Figura 19	Cortador de probetas para la determinación del gramaje textil.....	76
Figura 20	Procedimiento del Chaccu para la obtención sostenible de fibra de vicuña.....	79
Figura 21	Procedimiento para la determinación del Factor de Protección Ultravioleta (FPU) mediante el método in vitro.....	81
Figura 22	Componentes del espectrofotómetro Labsphere UV-2000S.....	84
Figura 23	Histograma (con curva normal) de FPU.....	91
Figura 24	Gráfica de probabilidad de FPU.....	92
Figura 25	Gráfica de efectos principales para FPU.....	95
Figura 26	Diagrama de Pareto de efectos estandarizados.....	97
Figura 27	Comparación de medias del FPU entre tipos de fibra mediante intervalos de confianza de Tukey (95 %).	102
Figura 28	Comparación del FPU entre distintos tipos de fibra con intervalos de confianza del 95 %.....	103
Figura 29	Entrevista al representante de la empresa Pantirwa (Armando).....	126
Figura 30	Sombreros de fieltro en exhibición.....	127
Figura 31	Selección de las muestras de fieltro.....	127
Figura 32	Recorrido del establecimiento de ventas de la empresa Pantirwa.....	128
Figura 33	Identificación y rotulado de las muestras de fieltro.....	129
Figura 34	Medición del espesor de los diferentes fieltros.....	130
Figura 35	Pesado de las diversas muestras de fieltro.....	130

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Panel fotográfico.....	126
Anexo 2	Datos de FPU de las muestras de sombreros de fieltro de fibra de vicuña.....	131
Anexo 3	Datos de FPU de las muestras de sombreros de fieltro de fibra de alpaca.....	132
Anexo 4	Datos de FPU de las muestras de sombreros de fieltro de fibra de oveja.....	133

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar factores que influyen en la protección ultravioleta de sombreros de fieltro elaborados con fibras de vicuña, alpaca y oveja de la región Ayacucho, considerando el efecto del color, gramaje y espesor del material. La investigación fue de enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel explicativo y diseño experimental multifactorial. La determinación del factor de protección ultravioleta (FPU), se realizó mediante el método *in vitro*, evaluando diferentes combinaciones de color, gramaje y espesor en sombreros elaborados con fibras naturales. Los ensayos fueron desarrollados en el laboratorio de Óptica y Semiconductores de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería y en el laboratorio del centro tecnológico de textiles y confecciones del SENATI. El análisis estadístico se realizó mediante la estadística descriptiva e inferencial mediante utilizando ANOVA multifactorial y prueba de Tukey ($p < 0,05$). Los resultados evidenciaron que el espesor, color y gramaje influyen significativamente en el FPU, siendo el espesor el factor de mayor influencia. Asimismo, el fieltro de vicuña presentó el mayor nivel de protección clasificados como muy buena y excelente. Se concluye que los sombreros elaborados con fibras naturales presentan alta capacidad de protección ultravioleta, siendo el espesor, color y gramaje factores determinantes en su desempeño.

Palabras claves: radiación ultravioleta, factor de protección ultravioleta, sombreros de fieltro, fibras naturales, Ayacucho.

Abstract

The objective of this research was to determine the factors influencing the ultraviolet protection of felt hats made from vicuña, alpaca, and sheep fibers from the Ayacucho region, considering the effect of color, grammage, and thickness of the material. The research followed a quantitative approach, applied type, explanatory level, and multifactorial experimental design. The ultraviolet protection factor (FPU) was determined through the in vitro method by evaluating different combinations of color, grammage, and thickness in hats made from natural fibers. The tests were carried out at the Optics and Semiconductors Laboratory of the Faculty of Sciences at the National University of Engineering and at the Textile and Clothing Technology Center Laboratory of SENATI. Statistical analysis was performed using descriptive and inferential statistics through multifactorial ANOVA and Tukey's test ($p < 0.05$). The results showed that thickness, color, and grammage significantly influence the FPU, with thickness being the most influential factor. Likewise, vicuña felt presented the highest level of protection, followed by alpaca and sheep felt, predominantly showing ultraviolet protection levels classified as very good and excellent. It is concluded that hats made from natural fibers exhibit high ultraviolet protection capacity, with thickness, color, and grammage being determining factors in their performance.

Keywords: ultraviolet radiation, ultraviolet protection factor, felt hats, natural fibers, Ayacucho.

INTRODUCCIÓN

La exposición prolongada a la radiación ultravioleta (UV) constituye un factor de riesgo para la salud humana, especialmente en regiones altoandinas donde los niveles de radiación son elevados debido a factores como la altitud, la cercanía a la línea ecuatorial las condiciones atmosféricas. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024) advierte que una exposición excesiva a la radiación ultravioleta puede generar efectos adversos sobre la salud, tales como afecciones cutáneas, envejecimiento prematuro de la piel, daños oculares e incremento del riesgo de cáncer a la piel. En la región de Ayacucho, caracterizada por presentar índices de radiación ultravioleta extremadamente altos, la población se encuentra expuesta de manera constante a estos efectos, incrementándose la necesidad de adoptar medidas de protección frente a la radiación solar.

En este contexto, las fibras naturales como la vicuña, alpaca y oveja representan una alternativa de importancia ambiental y productiva, debido a que su aprovechamiento contribuye a reducir la dependencia de materiales sintéticos derivados del petróleo, los cuales generan residuos de lenta degradación (Zoccola et al., 2023). Asimismo, estas fibras forman parte de sistemas productivos tradicionales de bajo impacto ambiental, ya que su producción requiere menores niveles de procesamiento industrial y recursos en comparación con otras fibras textiles (Lichtenstein, 2013), siendo utilizadas en comunidades altoandinas para la elaboración de textiles y accesorios destinados a enfrentar condiciones climáticas adversas.

Desde una perspectiva cultural y social, las fibras de vicuña, alpaca y oveja poseen gran relevancia en las comunidades altoandinas, al formar parte de prácticas textiles tradicionales transmitidas de generación en generación. La crianza de estos animales y el trabajo artesanal asociado a la elaboración de textiles constituyen actividades estrechamente vinculadas a la identidad cultural y el patrimonio andino (Flores et al., 2020). El fortalecimiento del uso de estas fibras en productos con valor agregado, como los sombreros de fieltro, contribuye tanto a la preservación del conocimiento tradicional como al desarrollo de la actividad textil artesanal.

Desde una perspectiva económica, la elaboración de sombreros de fieltro con capacidad de protección ultravioleta representa una oportunidad para fortalecer el valor agregado de productos derivados de fibras naturales en la región de Ayacucho. La

incorporación de atributos funcionales asociados a la protección frente a la radiación solar podría favorecer mayores oportunidades de comercialización y acceso a mercados especializados, promoviendo el aprovechamiento sostenible de recursos locales y fortalecimiento de actividades productivas vinculadas al sector textil artesanal (Hassan & El-Tonsy, 2020).

En este sentido, la presente investigación tuvo como objetivo determinar los factores que influyen en la protección ultravioleta de sombreros de fieltro elaborados con fibras de vicuña, alpaca y oveja de la región Ayacucho, considerando el efecto del color, gramaje y espesor del material. Para ello, se empleó el método in vitro mediante ensayos de transmitancia ultravioleta y análisis estadísticos multifactorial, con la finalidad de generar evidencia científica sobre la capacidad de protección ultravioleta de estos materiales. Asimismo, los resultados de la investigación buscan contribuir a la valorización de productos textiles elaborados con fibras naturales y a la promoción de alternativas de protección frente a la radiación ultravioleta en poblaciones expuestas.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática

En la región de Ayacucho los reportes meteorológicos continúan alertando sobre la presencia de elevados niveles de radiación ultravioleta, recomendándose el uso de medidas de protección personal para reducir los riesgos asociados a la exposición solar prolongada (SENAMHI,2024).

En las regiones altoandinas del Perú, la exposición constante a elevados niveles de radiación ultravioleta ha incrementado la preocupación por los efectos de la radiación solar sobre la salud humana, promoviendo el uso de medidas de protección personal como bloqueadores solares, lentes, sombreros y prenda con capacidad de protección ultravioleta. Entre estas alternativas, los sombreros constituyen una de las medidas de protección más utilizadas debido a su capacidad para cubrir zonas del cuerpo altamente expuestas, como el rostro, cuello y orejas. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud señala que el uso de sombreros de ala ancha constituye una medida efectiva para reducir la exposición de áreas vulnerables del cuerpo frente a la radiación ultravioleta (OMS, 2024). Sin embargo, no todos los materiales textiles ofrecen el mismo nivel de protección, por lo que resulta necesario evaluar las características que determinan su capacidad de bloqueo frente a la radiación UV.

En la región de Ayacucho destaca por la producción y transformación de fibras naturales de vicuña, alpaca y oveja, las cuales son utilizadas en la elaboración de diversos productos textiles artesanales, entre ellos los sombreros de fieltro. Estos productos poseen importancia económica y cultural para numerosas familias dedicadas a la crianza de camélidos sudamericanos y ovinos, así como para los artesanos involucrados en su manufactura y comercialización. Sin embargo, pese al uso extendido de estos sombreros como complemento de protección frente a la radiación solar, existe limitada información científica que permita caracterizar y comparar su capacidad de protección ultravioleta, así como identificar los factores asociados a su desempeño. (Alpacas del Perú, 2024)

Los sombreros elaborados con fibras naturales son utilizados tanto como accesorios de vestir como para la protección frente a la radiación solar. Sin embargo, las características físicas del material, tales como el tipo de fibra, color, gramaje y espesor, pueden influir en su capacidad para bloquear la radiación ultravioleta, aspecto que aún no ha sido suficientemente estudiado en el contexto regional.

En este contexto, la región Ayacucho presenta condiciones particulares debido a la coexistencia de elevados niveles de radiación ultravioleta y una importante actividad productiva vinculada a las fibras de vicuña, alpaca y oveja. A pesar de que los sombreros elaborados con estas fibras son utilizados de manera frecuente para la protección frente a la radiación solar, existe una carencia de estudios que determinen cómo influyen factores como el tipo de fibra, color, el gramaje y el espesor del fieltro en su capacidad de protección ultravioleta. Esta limitación dificulta la generación de información técnica que contribuya a mejorar la valoración, comercialización y promoción de estos productos en beneficio de los productores y consumidores. Asimismo, restringe la posibilidad de sustentar científicamente las propiedades de protección ultravioleta de los sombreros elaborados por artesanos y productores de la región.

Por lo expuesto, resulta necesario determinar los factores que influyen en la protección ultravioleta de sombreros de fieltro elaborados con fibras de vicuña, alpaca y oveja de la región Ayacucho, con la finalidad de generar evidencia científica que contribuya a la valoración de estos productos, fortalezca su competitividad comercial y promueva alternativas de protección frente a la radiación solar para la población.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo influyen los factores tipo de fibra, gramaje, espesor y color del fieltro en la protección ultravioleta de los sombreros de vicuña, alpaca y oveja de la región de Ayacucho?

1.1.2. Problemas específicos

1. ¿Cómo influye el tipo de fibra en la protección ultravioleta de los sombreros de vicuña, alpaca y oveja?
2. ¿Cómo influye el gramaje del fieltro en la protección ultravioleta de sombreros de vicuña, alpaca y oveja?
3. ¿Cómo influye el espesor del fieltro en la protección ultravioleta de sombreros de vicuña, alpaca y oveja?
4. ¿Cómo influye el color del fieltro en la protección ultravioleta de sombreros de vicuña, alpaca y oveja?
5. ¿Existen diferencias en el nivel de protección ultravioleta entre sombreros de vicuña, alpaca y oveja?

1.2. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia del tipo de fibra, gramaje, espesor y color del fieltro en la protección ultravioleta de sombreros de vicuña, alpaca y oveja de la región de Ayacucho.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Determinar la influencia del tipo de fibra (vicuña, alpaca y oveja) en la protección ultravioleta de los sombreros de fieltro.
2. Evaluar la influencia del gramaje del fieltro en la protección ultravioleta de los sombreros de vicuña, alpaca y oveja.
3. Analizar la influencia del espesor del fieltro en la protección ultravioleta de los sombreros de vicuña, alpaca y oveja
4. Determinar la influencia del color del fieltro en la protección ultravioleta de los sombreros de vicuña, alpaca y oveja.
5. Comparar el nivel de protección ultravioleta entre sombreros de fieltro de vicuña, alpaca, oveja.

1.3. Hipótesis

1.3.2. Hipótesis general

El tipo de fibra, gramaje, espesor y color de fieltro influyen significativamente en la protección ultravioleta de los sombreros de fieltro de vicuña, alpaca y oveja de la región Ayacucho.

1.3.3. Hipótesis específicas

H1. El tipo de fibra (vicuña, alpaca y oveja) influye significativamente en la protección ultravioleta de los sombreros de fieltro.

H2. El gramaje del fieltro influye significativamente en la protección ultravioleta de los sombreros de vicuña, alpaca y oveja.

H3. El espesor del fieltro influye significativamente en la protección ultravioleta de los sombreros de vicuña, alpaca y oveja.

H4. El color del fieltro influye significativamente en la protección ultravioleta de los sombreros de vicuña, alpaca y oveja.

H5. Existen diferencias significativas en la protección ultravioleta entre los sombreros de fieltro de vicuña, alpaca y oveja.

1.4. Justificación

1.4.2. Justificación científica

La presente investigación se justifica científicamente porque permitirá generar evidencia sobre la influencia del tipo de fibra, color, gramaje y espesor del fieltro en la capacidad de protección ultravioleta de sombrero elaborados con fibras de vicuña, alpaca y oveja. Asimismo, contribuirá al conocimiento de las propiedades funcionales de estas fibras naturales, proporcionando información técnica que podrá ser utilizada como referencias para futuras investigaciones relacionadas con textiles con capacidad de protección ultravioleta. Además, permitirá ampliar la información disponible sobre

productos textiles elaborados en la región de Ayacucho, donde existe limitada evidencia científica respecto a su desempeño frente a la radiación ultravioleta (Organización Mundial de la Salud, 2024).

1.4.3. Justificación Social

Desde la perspectiva social, la investigación contribuirá a promover el uso de productos elaborados con fibras naturales que ofrecen protección frente a la radiación ultravioleta, problemática que afecta especialmente a poblaciones expuestas a elevados niveles de radiación solar. Los resultados permitirán brindar información objetiva a consumidores, productores y entidades interesadas en la protección de la salud, favoreciendo la adopción de medidas preventivas frente a los efectos de la radiación UV. Asimismo, los resultados podrán contribuir a fortalecer la cultura de prevención frente a la exposición solar en poblaciones ubicadas en zonas de alta radiación ultravioleta (OMS, 2024; SENAMHI, 2024).

1.4.4. Justificación económica

Desde el ámbito económico, los resultados permitirán generar información técnica que contribuya a la valorización de los sombreros de fieltro elaborados con fibras de vicuña, alpaca y oveja. Esta información podrá fortalecer su posicionamiento comercial, incrementar su valor agregado y favorecer la competitividad de los productores y artesanos de la región Ayacucho. Asimismo, los resultados podrían constituir una base para futuras certificaciones relacionadas con la capacidad de protección ultravioleta de estos productos, ampliando sus oportunidades de comercialización en mercados especializados (Alpacas del Perú, 2024).

1.4.5. Justificación metodológica

La investigación se justifica metodológicamente porque emplea un diseño experimental multifactorial para evaluar la influencia del tipo de fibra, color, gramaje y espesor sobre el factor de protección ultravioleta. Asimismo, la metodología utilizada podrá servir como referencia para futuras investigaciones orientadas a evaluar propiedades funcionales de materiales textiles naturales mediante ensayos de laboratorio y análisis estadísticos multifactoriales. Además, el procedimiento experimental y

estadístico desarrollado podrá ser replicado en estudios orientados a evaluar otras fibras naturales empleadas en la industria textil.

1.5. Delimitación del estudio

1.5.2. Delimitación espacial

La presente investigación desarrollo en la región Ayacucho, considerando como unidad de estudio los sombreros de fieltro elaborados por la empresa Pantirwa, reconocida comercialmente como “la fibra más fina de los Andes”. La materia prima utilizada en la elaboración de estos productos proviene de fibras obtenidas mediante el proceso de esquila o chaccu de vicuñas, así como de fibras de alpaca y oveja procedentes de diversos centros poblados de la región.

Tabla 1

Centros poblados productoras de fibra de vicuña, alpaca y oveja

Centro Poblado	Distrito	Provincia	Altitud
Urancancha	Vilcanchos	Víctor Fajardo	3 407
San Juan de Ochos	Ochos	Huamanga	3 153
Ccarhuaccpampa	Paras	Cangallo	4 534
Santa Cruz de Hospicio	Paras	Cangallo	4 102
Tunsulla	Paras	Cangallo	4 254

Nota. Adaptado de información del Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI, 2017) y de registros proporcionados por la empresa Pantirwa.

1.5.3. Delimitación temporal

La presente investigación se desarrolló entre los meses de mayo y diciembre de 2025, comprendiendo las etapas de preparación de materiales y equipos de laboratorio, obtención de muestras, ejecución de pruebas experimentales, procesamiento y análisis de datos, discusión de resultados y elaboración del informe final.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.2. Internacional

Romero (2012), en la tesis titulada *“Determinación in vitro del factor de protección ultravioleta en telas producidas en el Ecuador”*, desarrollada en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador, tuvo como objetivo determinar el nivel de protección frente a la radiación ultravioleta que ofrecen los textiles fabricados y comercializados en el país. La investigación fue de enfoque cuantitativo y empleó una metodología descriptiva y analítica mediante los métodos in vitro e in vivo. La muestra estuvo conformada por 72 telas y 10 participantes para la evaluación biológica. Los resultados evidenciaron que las telas de colores oscuros, con gramajes superiores a 200 g/m² y compuestas principalmente de algodón, poliéster y lana presentaron una mayor capacidad de protección frente a la radiación ultravioleta. Por el contrario, los tejidos de colores claros y menor gramaje registraron niveles bajos de protección. Asimismo, se observó que la respuesta obtenida mediante el método in vivo coincidió con los resultados de laboratorio. El autor concluyó que el color, el gramaje y la composición de la fibra constituyen factores determinantes en el factor de protección ultravioleta de los textiles, influyendo significativamente en su capacidad para reducir la transmisión de radiación UV.

Algaba (2005) en su tesis doctoral titulada *“Protección ultravioleta proporcionada por los textiles: estudio de la influencia de las variables más significativas y aplicación de productos específicos para su mejora”*, desarrollada en la Universidad Politécnica de Cataluña, España, tuvo como objetivo evaluar la capacidad de los materiales textiles para bloquear la radiación ultravioleta e identificar los factores que influyen en su desempeño. La metodología se desarrolló mediante un enfoque experimental, analizando 27 muestras confeccionadas con diferentes fibras y estructuras textiles. Para ello se determinó la transmitancia espectral de la radiación UV y se examinó la influencia de parámetros como la composición fibrosa, la densidad, la cobertura, el espesor, la coloración y los tratamientos de acabado. Los resultados demostraron que el nivel de protección varía en función de las características físicas y constructivas del material, observándose que una mayor cobertura y densidad reducen la transmisión UV. Asimismo, se comprobó que ciertos colorantes y acabados textiles contribuyen a mejorar el desempeño de protector de

telas. El autor concluyó que la estructura del tejido la naturaleza de la fibra y los tratamientos aplicados constituyen elementos determinantes para optimizar la protección frente a la radiación UV y desarrollar materiales con niveles específicos de resguardo solar.

Angamarca Cuasqui (2017), en la tesis titulada *“Investigación y desarrollo de un material no tejido a partir del enfieltramiento de algodón y pelos caninos para su aplicación en sombreros para dama”*, desarrollada en la Universidad Técnica del Norte, Ecuador, tuvo como objetivo desarrollar un material textil no tejido mediante el proceso de enfieltramiento utilizando fibras naturales, con la finalidad de aplicarlo en la elaboración de sombreros para dama. La investigación se desarrolló bajo un enfoque experimental, evaluando diferentes combinaciones de fibras de algodón y pelos caninos para determinar sus propiedades físicas y su comportamiento durante el proceso de afieltrado. Los resultados demostraron que el material obtenido presentó características adecuadas de resistencia, textura y estabilidad estructural, permitiendo su aplicación en la fabricación de sombreros. Asimismo, se comprobó que el proceso de enfieltramiento constituye una alternativa viable para la transformación de fibras naturales en productos textiles con valor agregado. El autor concluyó que las combinaciones de fibras naturales mediante técnicas de afieltrado permite obtener materiales funcionales y sostenibles, con potencial aplicación en la industria artesanal y textil.

Huebla y Rea (2019), en el trabajo de investigación titulado *“Industrialización, diseño y elaboración de artículos terminados con la fibra de alpaca”*, desarrollado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, tuvieron como objetivo industrializar, diseñar y elaborar prendas tejidas utilizando fibra de alpaca. La investigación evaluó diferentes tratamientos de lavado y procesos de teñido natural, analizando variables como resistencia a la tensión, porcentaje de elongación, solidez a la luz, color, tacto y textura. Los resultados mostraron que la combinación de bicarbonato de sodio, sal y detergente biodegradable permitió obtener los mejores valores de tensión, elongación y calidad sensorial del hilo, además de una adecuada solidez a la luz. Asimismo, se logró obtener un hilo de calidad apto para la confección de artículos textiles. Las autoras concluyeron que dicho tratamiento favorece la obtención de fibras de alpaca de mejor calidad para su utilización en productos textiles de valor agregado.

Palacios y Urgiléz (2020), en el trabajo titulado *Experimentación con las técnicas de tinturado natural y afieltrado de lana de oveja y fibra de alpaca*, desarrollado en la Universidad del Azuay, Ecuador, tuvieron como objetivo evaluar la aplicación de técnicas de tinturado natural y afieltrado en fibras de alpaca y lana de oveja para la elaboración de productos textiles artesanales. La metodología fue de carácter experimental y comprendió la elaboración de muestras textiles utilizando diferentes procesos de tinturado y afieltrado, con la finalidad de analizar las características físicas y estéticas obtenidas en cada material. Los resultados evidenciaron que tanto la fibra de alpaca como la lana de oveja presentan condiciones favorables para la elaboración de fieltros con diferentes tonalidades, espesores y niveles de compactación. Asimismo, se observó que los procesos de tinturado natural influyen en las características visuales y funcionales del producto final. Las autoras concluyeron que el afieltrado constituye una técnica viable para la transformación de fibras naturales en materiales textiles con propiedades diferenciadas, destacando el potencial de la fibra de alpaca y la lana de oveja para el desarrollo de productos con valor agregado.

Bernhard et al. (2021), en el artículo científico titulado *Improving the Ultraviolet Protection Factor of Textiles Through Mechanical Surface Modification Using Calendering*, desarrollaron una investigación con el objetivo de mejorar el factor de protección ultravioleta (FPU) de los textiles mediante la modificación mecánica de su superficie utilizando el proceso de calandrado. La metodología fue de tipo experimental y consistió en evaluar tejidos de punto elaborados con poliéster, lana y poliamida antes y después de ser sometidos a diferentes condiciones de calandrado. Para ello, se determinaron parámetros como la transmitancia ultravioleta, el factor de cobertura y el FPU de cada muestra. Los resultados demostraron que la compactación mecánica redujo significativamente la porosidad del tejido, incrementando considerablemente los valores de FPU. Asimismo, se observó que una mayor densidad estructural disminuye la transmisión de radiación ultravioleta a través del material textil. Los autores concluyeron que la modificación física de la estructura del tejido constituye una estrategia eficaz para mejorar la protección ultravioleta sin necesidad de incorporar aditivos químicos, destacando la importancia de la compactación y cobertura del material en el desempeño protector frente a la radiación UV.

Saha et al. (2024), en el artículo científico titulado *A Comprehensive Review of Ultraviolet Radiation and Functionally Modified Textile Fabric with Special Emphasis on UV Protection*, publicado en la revista *Heliyon*, realizaron una revisión científica con el objetivo de analizar los principales factores que influyen en la protección ultravioleta de los textiles y las estrategias utilizadas para mejorar su factor de protección ultravioleta (FPU). La metodología consistió en una revisión exhaustiva de estudios relacionados con radiación ultravioleta, características estructurales de los textiles y tecnologías de modificación funcional aplicadas a fibras naturales y sintéticas. Los resultados evidenciaron que la capacidad de protección ultravioleta depende de diversos factores, entre ellos el tipo de fibra, la densidad del tejido, el espesor, el color, la porosidad y los tratamientos de acabados aplicados a los materiales textiles. Asimismo, se determinó que los tejidos de colores oscuros, mayor espesor y menor porosidad presentan niveles superiores de protección frente a la radiación ultravioleta. Los autores concluyeron que las propiedades físicas y estructurales de los textiles constituyen elementos determinantes en el comportamiento del factor de protección ultravioleta, destacando la necesidad de optimizar dichas características para desarrollar materiales con mayor capacidad de protección solar.

2.1.3. Nacional

Febres (2015), en la tesis titulada *“Caracterización de polos como medios de protección contra la radiación solar UV en una empresa pecuaria”*, desarrollada en la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, tuvo como objetivo determinar si las características de las telas en polos de manga larga brindan protección frente a la radiación solar ultravioleta. La investigación empleó una metodología experimental basada en el análisis de telas de diferentes colores y características constructivas para evaluar capacidad de protección UV. Los resultados evidenciaron que todas las telas analizadas presentaron un factor de protección ultravioleta (FPU) igual o superior a 45, valor considerado como una excelente protección frente a la radiación UV. Asimismo, se determinó que las características estructurales de las telas influyen significativamente en su desempeño protector. El autor concluyó que los textiles evaluados ofrecen una protección eficaz frente a la radiación solar ultravioleta, siendo las propiedades constructivas del material un factor determinante en su capacidad de protección.

Zapana (2022), en la tesis titulada *“Características textiles de la fibra de alpaca de los centros de producción de reproductores de dos zonas agroecológicas”*, desarrollada en la universidad Nacional del Altiplano, tuvo como objetivo determinar las características textiles de la fibra de alpaca Huacaya considerando centros de producción, sexo y edad de los animales. La investigación evaluó 250 muestras de fibra mediante el análisis de laboratorio, determinando variables como diámetro de fibra, factor de confort, índice de curvatura, finura al hilado y longitud de mecha. Los resultados mostraron un diámetro promedio de 21,35 μm , factor de confort de 91,96%, índice de curvatura de 39,86°/mm, finura al hilado de 21,95 μm y longitud de mecha de 10,99 cm. Asimismo, se encontró una correlación negativa alta entre el diámetro de fibra y el factor de confort. La autora concluyó que el centro de producción influye significativamente en las características textiles de la fibra y que existe una estrecha relación entre las variables evaluadas, información relevante para los programas de selección y mejoramiento genético.

Larios-Francia et al. (2023), en el artículo científico titulado *“características textiles de la fibra de alpaca Huacaya, según zonas agroecológicas, sexo y edad en la región de Puno”*, tuvieron como objetivo evaluar el efecto de la zona agroecológica, el sexo y la edad sobre las características textiles de la fibra de alpaca Huacaya. Él estudió analizó 5530 muestras de fibra provenientes de rebaños de puna seca y puna húmeda de la región Puno, utilizando el equipo OFDA 2000 para determinar parámetros como diámetro de fibra, finura al hilado e índice de curvatura, los resultados mostraron diámetros de fibra entre 13,3 y 34,5 μm , con un promedio de 20,32 μm , observándose fibras más finas en alpacas procedentes de puna húmeda. Asimismo, la edad y el sexo influyeron significativamente en las características textiles evaluadas. Los autores concluyeron que la calidad de la fibra de alpaca está estrechamente relacionada con las condiciones agroecológicas, constituyendo un factor importante para su aprovechamiento en la industria textil.

Ochochoque (2024), en la tesis titulada *“Tela no tejida artesanalmente con las bragas (alpacas) de color blanco, negro y café para evaluar su calidad-Muñani 2023”*, desarrollada en la Universidad Nacional de Juliaca, tuvo como objetivo elaborar y analizar tela no tejida artesanalmente a partir de fibra de alpaca Huacaya de color blanco, negro y café para evaluar su calidad. La investigación fue de enfoque cuantitativo y nivel explicativo, empleando un diseño experimental de 2^2 , en el que se evaluaron diferentes

combinaciones de temperatura y relación de glicerina durante el proceso de afieltrado. Para determinar la calidad del material se realizaron ensayos de resistencia al desgarrar, elongación y humectación. Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, obteniéndose los mejores valores en la combinación A1/B1 (8g/15g/40°C), con resultados favorables en resistencia mecánica e impermeabilidad. La autora concluyó que las condiciones de procesamiento influyen significativamente en las propiedades físicas de la tela no tejida elaborada con fibra de alpaca, demostrando el potencial de esta fibra natural para la elaboración de materiales textiles con características funcionales diferenciadas.

Quispe Mamani et al. (2024) en el artículo científico titulado “*Colorimetría de la cochinilla en el proceso de post – mordentado en fibra de alpaca Huacaya y lana de oveja criolla*”, tuvieron como objetivo evaluar la variación de colores obtenidos mediante la aplicación de cochinilla en fibras de alpaca Huacaya y lana de oveja criolla a través del proceso De post – mordentado. La investigación fue de tipo experimental y analizó la influencia de diferentes concentraciones de mordiente alcalino sobre las características colorimétricas de ambas fibras textiles. Los resultados evidenciaron la obtención de tonalidades cálidas y frías en función de la cantidad de mordiente empleada, observándose comportamientos similares en ambos sustratos textiles. Los autores concluyeron que el proceso de post – mordentado constituye una alternativa efectiva para modificar y controlar las tonalidades de color en fibras naturales, demostrando su aplicabilidad tanto en fibra de alpaca como en lana de oveja.

Quispe Condori (2024), en la tesis titulada “*Evaluación de las características textiles de fibra de alpaca Huacaya en la provincia de Huancané – 2022*” desarrollada en la Universidad Nacional de Juliaca, tuvo como objetivo analizar las características textiles de la fibra de alpaca Huacaya según sexo y edad, la investigación fue de enfoque cuantitativo, diseño no experimental y descriptivo comparativo, evaluándose 131 alpacas mediante análisis de laboratorio. Se determinaron parámetros como diámetro medio de fibra, factor de confort, finura al hilado y longitud de mecha. Los resultados mostraron un diámetro medio de 20,3 μm , un factor de confort de 94,2%, una longitud de mecha de hasta 11,7 cm y una finura al hilado cercana de 21 μm . Se concluyó que la fibra de alpaca, destacando por su finura y aptitud para aplicaciones textiles de valor agregado.

Quispe Ochoa (2024), en la tesis titulada *“Análisis de las características textiles de la fibra de vicuña del distrito de Pedro Vilca Apaza, Puno 2022”*, desarrollada en la Universidad Nacional de Juliaca, tuvo como objetivo determinar las características textiles de la fibra de vicuña proveniente del distrito de Pedro Vilca Apaza, Puno. La investigación fue de tipo descriptivo y diseño no experimental transversal, evaluándose muestras de vicuñas de diferentes edades y sexos mediante análisis de laboratorio. Se determinaron parámetros como finura al hilado, índice de confort, diámetro de fibra, longitud de mecha y rendimiento al lavado. Los resultados evidenciaron finuras al hilado entre 14.46 y 15.16 μm , diámetros de fibra entre 13.38 y 14.10 μm , índices de confort superiores al 98% y rendimientos al lavado de hasta 72.90%. La autora concluyó que la fibra de vicuña del distrito de Pedro Vilca Apaza cumple con los estándares de calidad establecidos por la industria textil, destacando por su elevada finura y confort.

Huauya Reymundo et al. (2025), en el artículo científico titulado “Características de la Lana de ovinos Corriedale y Maerino Alemán criados en condiciones de alta montaña”, tuvieron como objetivo evaluar y comparar las características tecnológicas de la lana de ambas razas ovinas con fines comerciales. El estudio se realizó sobre 140 muestras de lana obtenidas de ovinos Corriedale y Merino Aleman, analizando parámetros como peso de vellón sucio, longitud de mecha diámetro de fibra, contenido de materia vegetal y cenizas. Los resultados mostraron diámetros de fibra de 24,0 μm para la raza Corriedale y 21,3 μm para la raza Merino Alemán, así como longitudes de mecha de 7,41 cm y 6,35 cm, respectivamente. Los autores concluyeron que ambas lanas presentan características adecuadas para la industria textil, destacando su limpieza y aptitud para procesos de transformación textil.

Huarhwa Huillcapaniora (2025), en la tesis titulada *“Efecto de mordientes en la variación de tonos de color y evaluación de características textiles en lana de ovino y algodón nativo teñidos con flores de colli (Buddleja coriacea)”*, desarrollada en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes mordientes naturales sobre los tonos de color y las características textiles de la lana de ovino y el algodón nativo teñidos con extractos de flores de colli. La investigación empleó un diseño completamente al azar y utilizó alumbre, colpa y sal de limón como mordientes durante el proceso de teñido. Las muestras fueron evaluadas mediante pruebas colorimétricas y análisis de propiedades físicas de las fibras. Los

resultados evidenciaron variaciones significativas en la luminosidad y cromaticidad de las fibras según el mordiente utilizado, destacando una mayor fijación del color en la lana de ovino tratada con alumbre. Asimismo, se determinó que los tratamientos aplicados no alteraron negativamente la calidad textil de las fibras. El autor concluyó que los tintes naturales constituyen una alternativa viable para la obtención de diferentes tonalidades en fibras textiles, contribuyendo a la valorización de recursos locales y al desarrollo de productos textiles sostenibles.

2.1.4. Local

Jaico Huayanay (2022), en la tesis titulada *“Evaluación de la indumentaria personal como medio de protección contra la radiación ultravioleta, durante la ejecución de proyectos de saneamiento en la provincia de La Mar, Ayacucho-2018”*, desarrollada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, tuvo como objetivo determinar el nivel de protección frente a la radiación ultravioleta que brinda indumentaria utilizada por los trabajadores durante la ejecución de proyectos de saneamiento. La investigación empleó una metodología experimental mediante la evaluación de prendas nuevas y usadas, analizando variables textiles como el tipo de fibra, el conteo de hilos, el peso del tejido y su comportamiento frente a la radiación ultravioleta. Los ensayos fueron realizados en un laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad. Los resultados evidenciaron que la indumentaria evaluada presentó un Factor de Protección Ultravioleta (FPU) clasificado como excelente, asociado principalmente al uso de fibras de poliéster y a características textiles como una urdimbre superior a 110 hilos por pulgada, una trama mayor a 45 hilos por pulgada y una densidad superior a 205 g/m². El autor concluyó que las propiedades estructurales y físicas de los textiles influyen significativamente en su capacidad de protección frente a la radiación ultravioleta.

Peralta Quispe (2022), en la tesis titulada *Lana de Ovino como aislante térmico en proyectos de acondicionamiento de las Instituciones Educativas alto andinas de Ayacucho, 2021*, desarrollada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, tuvo como objetivo evaluar la aplicación de la lana de ovino como aislante en instituciones educativas ubicadas en zonas altoandinas de Ayacucho. La investigación consistió en la construcción y evaluación de dos prototipos de aulas a escala, uno convencional y otro acondicionado con fibra de ovina, analizándose su comportamiento térmico y el impacto

ambiental asociado. Los resultados evidenciaron que este recurso presenta propiedades de aislamiento comparables a las de materiales convencionales, contribuyendo a mejorar el confort térmico en ambientes educativos. Asimismo, se determinó que posee un bajo impacto ambiental y constituye una alternativa sostenible para edificaciones ubicadas en zonas altoandinas. El autor concluyó que la fibra ovina representa un recurso local con potencial para aplicaciones tecnológicas y constructivas favoreciendo el aprovechamiento sostenible de materiales naturales disponibles en la región.

2.2. Bases teóricas

2.2.2. Radiación

La radiación es un mecanismo de transferencia de energía que se propaga mediante ondas electromagnéticas o partículas, sin necesidad de un medio material para su transmisión. Este fenómeno constituye una de las principales formas de intercambio energético en la naturaleza y está presente en diversos procesos físicos, biológicos y ambientales. Un ejemplo de ello es la energía emitida por el sol, que llega a la tierra en forma de radiación electromagnética y desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de las condiciones climáticas y de la vida en el planeta (Mediavilla, 2014).

Asimismo, la radiación interviene en el balance energético terrestre, ya que la absorción, transmisión y reflexión de la energía radiante por parte de la atmósfera y las superficies determinan múltiples procesos ambientales. La interacción de las ondas electromagnéticas con los materiales depende de sus propiedades físicas, químicas y estructurales, las cuales determinan su capacidad para absorber, transmitir o reflejar determinadas longitudes de onda (Chien & Jacobe, 2019). Estas características son fundamentales en el diseño de materiales textiles destinados a la protección frente a la radiación ultravioleta, ya que influyen directamente en la capacidad del tejido para reducir la transmisión de energía radiante hacia la piel.

2.2.3. Tipos de radiación

El tipo de radiación emitida por un cuerpo depende principalmente de su temperatura y de la cantidad de energía que posee. De acuerdo con los principios de la física térmica, a medida que aumenta la temperatura de un objeto, la energía radiada se incrementa y el máximo de emisión se desplaza hacia longitudes de onda más cortas. Por

esta razón, los cuerpos relativamente fríos emiten principalmente radiación infrarroja, mientras que aquellos con temperaturas elevadas pueden emitir radiación visible e incluso ultravioleta. (Mediavilla, 2014).

Tabla 2

Tipos de radiación

Longitud de onda (λ) límites aproximados para la radiación especificada en nm (1nm= 10^{-7} cm)	Tipo de radiación de mayor a menor energía
10^{-2} nm e inferiores	Rayos gamma (Rayos γ)
10^{-2} a 0,1nm	Rayos X
0,1nm. a 200 nm	Ultravioleta lejano
200 a 400 nm	Ultravioleta próximo
400 a 450 nm	Luz visible: Violeta
450 a 490 nm	Azul
490 a 570 nm	Verde
570 a 600 nm	Amarillo
600 a 650 nm	Naranja
650 a 700 nm	Rojo
700 nm a 10^{-2} cm	Infrarrojo (IR)
10^{-2} cm a mayores	Microondas, Radar, Radio

Nota. Adaptado de Mediavilla, (2014).

Esta relación existe entre la temperatura de un cuerpo y el espectro de radiación que emite es explicada por la Ley de Planck. Esta ley establece que todo cuerpo emite energía en un rango continuo de longitudes de onda, cuya distribución depende de su temperatura. Conforme aumenta, la máxima intensidad de emisión se desplaza hacia longitudes de onda más cortas y energéticas (Navas, 2019). Este comportamiento explica por qué cuerpos a temperaturas moderadas emiten principalmente radiación infrarroja, mientras que el sol, cuya temperatura superficial es cercana a 5500°C , emite una proporción significativa de energía en la región visible y ultravioleta del espectro.

2.2.4. Radiación electromagnética

La radiación electromagnética es una forma de energía que se propaga a través del espacio mediante ondas compuestas por campos eléctricos y magnéticos oscilantes, sin requerir un medio material para su transmisión. Estas ondas transportan energía y se caracterizan por presentar diferentes longitudes de onda y frecuencias, propiedades que determinan su comportamiento e interacción con la materia.

El conjunto de las radiaciones electromagnéticas conforma el espectro electromagnético, el cual comprende desde las ondas de radio y microondas hasta la radiación infrarroja, la luz visible, la radiación ultravioleta, los rayos X y rayos gamma. A medida que disminuye la longitud de onda, aumenta la frecuencia y la energía asociada a la radiación, generando diferentes efectos físicos sobre los materiales y los organismos vivos.

La interacción de la radiación electromagnética con la materia depende de factores como la composición química, la estructura y las propiedades físicas de los materiales. En función de estas características, la energía incidente puede ser absorbida, reflejada o transmitida. Este comportamiento resulta de especial importancia en el campo textil, ya que la capacidad de los tejidos para bloquear o reducir el paso de determinadas regiones del espectro electromagnético, particularmente la radiación ultravioleta, contribuyendo así a la protección de la piel frente a sus efectos nocivos (Mediavilla, 2014; Navas 2019; Andrews, 1999).

2.2.5. Radiación solar

La radiación solar constituye la principal fuente de energía para la Tierra y es emitida por el Sol como consecuencia de los procesos físicos que ocurren en su interior. Debido a su elevada temperatura superficial, cercana a los 6000° C, el Sol emite energía en diferentes regiones del espectro electromagnético, comprendiendo radiación ultravioleta, luz visible e infrarroja. (Mediavilla, 2014).

La distribución de la energía solar que alcanza la atmósfera terrestre está compuesta principalmente por radiación infrarroja y visible, las cuales representan la mayor proporción del espectro incidente. Asimismo, una fracción menor corresponde a la radiación ultravioleta, cuya participación oscila entre aproximadamente el 5 % y el 10 % de la energía total emitida por el Sol. Aunque representa una proporción reducida, la radiación ultravioleta posee suficiente energía para producir efectos biológicos y físicos significativos sobre los organismos vivos y diversos materiales. (Mediavilla, 2014).

Durante su paso por la atmósfera, la radiación solar interactúa con gases, aerosoles y partículas en suspensión, experimentando procesos de absorción, reflexión y dispersión. Como consecuencia de estas interacciones, solo una parte de la energía emitida por el Sol alcanza la superficie terrestre. La magnitud de la radiación incidente

depende de factores como la latitud, la altitud, la nubosidad, la estación del año y las condiciones atmosféricas locales (Navas, 2019).

Las radiaciones de mayor energía, como los rayos gamma, los rayos X y parte de la radiación ultravioleta, pueden generar alteraciones en las moléculas al interactuar con la materia. En los seres vivos, la exposición excesiva a la radiación ultravioleta puede ocasionar daños celulares, alteraciones genéticas, envejecimiento prematuro de la piel y un mayor riesgo de desarrollar cáncer cutáneo. Por ello, resulta fundamental el desarrollo de estrategias de protección que permitan reducir la exposición a este tipo de radiación, entre ellas el uso de materiales textiles con capacidad de bloqueo ultravioleta (Navas, 2019)

2.2.6. Radiación ultravioleta (UV)

La radiación ultravioleta (UV) forma parte del espectro electromagnético emitido por el Sol y se caracteriza por presentar longitudes de onda más cortas que la luz visible, comprendidas aproximadamente entre 100 y 400 nm. Aunque representa una fracción relativamente pequeña de la radiación solar que alcanza la superficie terrestre, posee suficiente energía para producir efectos biológicos significativos sobre los seres vivos y diversos materiales (OMS, 2013).

La exposición a la radiación ultravioleta es inevitable debido a que constituye un componente natural de la radiación solar. Asimismo, existen fuentes artificiales de radiación UV utilizadas en actividades industriales, médicas y comerciales. En cantidades moderadas, la exposición solar contribuye a procesos fisiológicos importantes, como la síntesis de vitamina D; sin embargo, una exposición excesiva puede generar efectos adversos sobre la salud humana, incluyendo quemaduras, envejecimiento prematuro de la piel, alteraciones oculares y un mayor riesgo de cáncer cutáneo (OMS, 2013).

Durante su trayectoria hacia la superficie terrestre, la radiación ultravioleta interactúa con los componentes de la atmósfera, especialmente con la capa de ozono, que absorbe gran parte de las radiaciones de mayor energía. Este proceso reduce significativamente la cantidad de radiación ultravioleta que llega a la superficie del planeta y contribuye a la protección natural de los organismos vivos frente a sus efectos potencialmente dañinos (Mediavilla, 2014).

No obstante, una parte importante de la radiación ultravioleta logra atravesar la atmósfera y alcanzar la superficie terrestre. La cantidad de radiación incidente depende de diversos factores, entre ellos altitud, latitud, estación del año, nubosidad y las condiciones atmosféricas. En regiones altoandinas, como Ayacucho, los niveles de radiación ultravioleta suelen ser más elevados debido a la menor densidad atmosférica y a la mayor intensidad de la radiación solar recibida.

2.2.6.1. Tipos de radiación ultravioleta (UV)

La radiación ultravioleta se clasifica de acuerdo con su longitud de onda y nivel de energía. En términos generales, a menor longitud de onda corresponde una mayor energía y, por consiguiente, un mayor potencial para producir efectos biológicos sobre los organismos vivos (Chien & Jacobe, 2019).

Tabla 2

Tipos de radiación UV

Tipo de Radiación UV	Longitud de Onda
UVA	320 – 400 nm
UVB	280 – 320 nm
UVC	100 – 280 nm

Nota. Adaptado de Mediavilla (2014).

2.2.6.2. Radiación ultravioleta A (UVA)

La radiación ultravioleta A (UVA) comprende longitudes de onda entre 320 y 400 nm y constituye la mayor proporción de radiación ultravioleta que alcanza la superficie terrestre. Debido a su mayor longitud de onda y menor energía relativa, atraviesa casi completamente la atmósfera y la capa de ozono. Aunque presenta menor capacidad de producir daños inmediatos en comparación con la radiación UVB, puede penetrar profundamente en la piel, favoreciendo procesos de foto envejecimiento, alteraciones pigmentarias y daños acumulativos en los tejidos. Asimismo, diversos estudios han señalado su participación en el desarrollo de enfermedades cutáneas y oculares asociadas a la exposición prolongada a la radiación solar (Mediavilla, 2014; Chien & Jacobe, 2019).

2.2.6.3. Radiación ultravioleta B (UVB)

La radiación ultravioleta B (UVB) corresponde al intervalo de longitudes de onda comprendido entre 280 y 320 nm. Una parte importante de esta radiación es absorbida por la capa de ozono, aunque una fracción logra alcanzar la superficie terrestre. Debido a su mayor energía, la radiación UVB es considerada una de las principales responsables de las quemaduras solares y de los daños directos al ADN celular. La exposición excesiva a este tipo de radiación incrementa el riesgo de mutaciones genéticas, envejecimiento prematuro de la piel y desarrollo de cáncer cutáneo. Sin embargo, en niveles moderados también desempeña un papel importante en la síntesis de vitamina D en el organismo humano. (Mediavilla, 2014)

2.2.6.4. Radiación ultravioleta C (UVC)

La radiación ultravioleta C (UVC) presenta longitudes de onda entre 100 y 280 nm y constituye la fracción más energética de la radiación ultravioleta. Debido a su elevada energía, posee una gran capacidad para producir alteraciones biológicas y daños celulares. No obstante, la capa de ozono y otros componentes atmosféricos absorben prácticamente la totalidad de esta radiación, impidiendo que alcance la superficie terrestre en condiciones normales. Por esta razón, la exposición natural de los seres vivos a la radiación UVC es mínima, aunque puede encontrarse en algunas fuentes artificiales utilizadas en procesos industriales y de desinfección (Romero M. , 2019)

2.2.6.5. Influencia de la disminución de la capa de ozono

La capa de ozono desempeña una función fundamental en la protección de la vida sobre la Tierra al absorber gran parte de la radiación ultravioleta de alta energía. La reducción de su espesor favorece un incremento de la radiación UVB que alcanza la superficie terrestre, aumentando los riesgos para la salud humana y los ecosistemas. Diversas investigaciones han evidenciado que la disminución de la concentración de ozono atmosférico está asociada con mayores niveles de exposición a la radiación ultravioleta, situación que genera preocupación debido a sus efectos sobre la piel, los ojos y otros organismos vivos (Rodríguez et al., 2018).

2.2.6.6. Efectos de la radiación ultravioleta en la piel y los ojos

La exposición prolongada o excesiva a la radiación ultravioleta puede generar diversos efectos adversos sobre la salud humana, especialmente en la piel y los ojos. Debido a su capacidad para interactuar con las moléculas biológicas, la radiación UV puede inducir alteraciones celulares y daños en el material genético, cuyos efectos pueden acumularse con el tiempo (Amestoy, 2013).

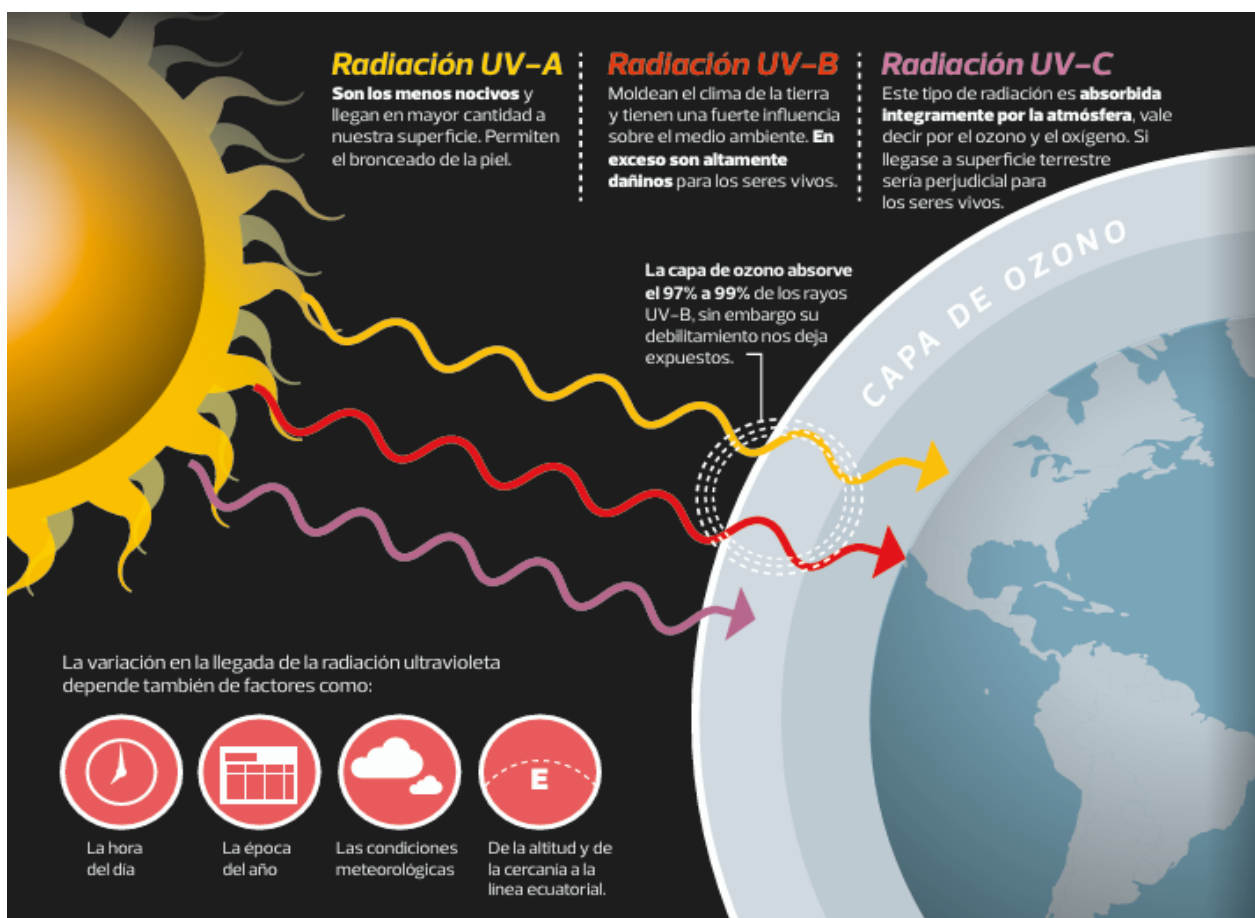
En la piel, la radiación UVB es considerada uno de los principales agentes responsables de las quemaduras solares y del daño directo al ADN celular. Aunque los mecanismos naturales de reparación permiten corregir parte de estas alteraciones, algunas lesiones pueden persistir y favorecer la aparición de mutaciones asociadas al desarrollo de diferentes tipos de cáncer de piel. Asimismo, la exposición continua a la radiación ultravioleta contribuye al envejecimiento prematuro de la piel, caracterizado por la pérdida de elasticidad, la aparición de manchas y el deterioro de los tejidos cutáneos (Amestoy, 2013; Chien & Jacobe, 2019).

Por otro lado, los ojos constituyen uno de los órganos más sensibles a la radiación ultravioleta. La exposición intensa puede afectar estructuras como la córnea y el cristalino, ocasionando irritaciones, inflamaciones temporales y alteraciones visuales. A largo plazo, la exposición acumulativa se asocia con un mayor riesgo de desarrollar cataratas y otras afecciones oculares relacionadas con la radiación solar (Amestoy, 2013).

Debido a estos efectos, la protección frente a la radiación ultravioleta constituye una medida importante para la preservación de la salud humana. Entre las estrategias preventivas más utilizadas se encuentran el empleo de protectores solares, gafas con filtros UV y prendas textiles con capacidad de protección ultravioleta, las cuales contribuyen a disminuir la cantidad de radiación que alcanza la superficie corporal.

Figura 01

Interacción de la radiación ultravioleta con la atmósfera terrestre



Nota. Adaptado SENAMHI (2021).

La exposición excesiva a la radiación ultravioleta representa un importante problema de salud pública debido a sus efectos acumulativos sobre la piel y los ojos. La evidencia científica señala que la exposición prolongada a este tipo de radiación incrementa el riesgo de desarrollar cataratas, envejecimiento cutáneo y diversos tipos de cáncer de piel, generando una considerable carga de enfermedad a nivel mundial (OMS, 2013)

Considerando los efectos adversos de la radiación ultravioleta sobre la salud humana, resulta necesario implementar medidas de protección eficaces que reduzcan la exposición directa a este tipo de radiación. Entre estas estrategias destacan los materiales textiles con capacidad de protección ultravioleta, los cuales actúan como una

barrera física frente a la radiación incidente. La eficacia de dicha protección depende de características propias del tejido, como la composición de la fibra, el grosor, la densidad, el color y los tratamientos aplicados durante su fabricación.

2.2.7. Factores relacionados con la radiación ultravioleta

La intensidad de la radiación ultravioleta que alcanza la superficie terrestre no es constante, sino que depende de diversos factores atmosféricos, geográficos y ambientales. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024), la intensidad de la radiación ultravioleta depende de diversos factores atmosféricos, geográficos y ambientales, entre los que destacan la altura del Sol, la latitud, la nubosidad, la altitud, la concentración de ozono atmosférico y la capacidad de reflexión de las superficies terrestres.

Altura del sol: La intensidad de la radiación ultravioleta aumenta cuando el Sol se encuentra más alto en el cielo, debido a que los rayos solares atraviesan una menor porción de la atmósfera antes de alcanzar la superficie terrestre. Por esta razón, los niveles máximos de radiación UV suelen registrarse alrededor del mediodía solar y durante periodos de mayor insolación (OMS, 2024).

Latitud: La radiación ultravioleta presenta una mayor intensidad en las regiones cercanas a la línea ecuatorial, donde los rayos solares inciden de forma más perpendicular sobre la superficie terrestre. Esta condición favorece una mayor concentración de energía solar y, por consiguiente, mayores niveles de exposición a la radiación UV (OMS, 2024).

Nubosidad: La presencia de nubes puede modificar la cantidad de radiación ultravioleta que llega a la superficie terrestre. Aunque generalmente reduce la intensidad de la radiación incidente, ciertos tipos de nubosidad permiten el paso de una proporción considerable de rayos UV e incluso pueden favorecer fenómenos de dispersión que incrementan temporalmente la exposición (OMS, 2024).

Altitud: La intensidad de la radiación ultravioleta aumenta con la altitud debido a la disminución del espesor atmosférico y a una menor absorción de la energía solar. Se estima que, por cada 1000 metros de incremento en la altitud, la radiación UV puede aumentar entre un 10 % y un 12 %. Esta situación es particularmente relevante en

regiones altoandinas como Ayacucho, donde se registran niveles elevados de radiación solar (OMS, 2024; Rodríguez et al., 2018).

Capa de ozono Atmosférico: La capa de ozono desempeña una función esencial en la protección de la vida sobre la Tierra al absorber gran parte de la radiación ultravioleta de alta energía. Las variaciones en su concentración influyen directamente en la cantidad de radiación UV que alcanza la superficie terrestre, por lo que una disminución de su espesor favorece mayores niveles de exposición (OMS, 2024).

Reflexión de la superficie terrestre: La radiación ultravioleta puede reflejarse en diversas superficies naturales y artificiales, incrementando la exposición de las personas. La magnitud de esta reflexión depende del tipo de superficie; por ejemplo, la nieve reciente puede reflejar hasta el 80 % de la radiación UV, mientras que la arena y los cuerpos de agua presentan porcentajes menores. En contraste, las áreas sombreadas contribuyen a reducir significativamente la exposición a este tipo de radiación (Dobbinson et al., 2022).

Tabla 4
Factores relacionados con la intensidad de la radiación ultravioleta

Factor	Influencia sobre la radiación ultravioleta
Altura del Sol	La intensidad de la radiación UV aumenta cuando el Sol se encuentra más alto en el cielo, alcanzando sus valores máximos alrededor del mediodía.
Latitud	los niveles de radiación UV son mayores en zonas cercanas a la línea ecuatorial debido a la incidencia más perpendicular de los rayos solares.
Nubosidad	Las nubes pueden reducir parcialmente la radiación UV; sin embargo, ciertas condiciones de nubosidad permiten su transmisión e incluso aumentan su dispersión.
Altitud	La radiación UV se incrementa con la altura debido a la menor absorción atmosférica. Se estima un aumento aproximado de 10 % a 12 % por cada 1000 m de elevación.
Capa de ozono	Actúa como barrera natural al absorber gran parte de la radiación ultravioleta de alta energía, especialmente la radiación UVC y parte de la UVB.
Reflexión de la superficie	Superficies como nieve, arena y agua pueden reflejar radiación UV, incrementando la exposición de las personas.

Nota. Elaboración propia basada en OMS (2024), Rodríguez et al. (2018) y Dobbinson et al. (2022).

En conjunto, estos factores determinan la cantidad de radiación ultravioleta que alcanza la superficie terrestre y condicionan los niveles de exposición de la población. En regiones altoandinas como Ayacucho, la combinación de factores como la elevada altitud y la intensa radiación solar favorece la presencia de niveles altos de radiación UV, incrementando la importancia de implementar medidas efectivas de protección.

2.2.8. Índice de radiación ultravioleta (IUV)

El Índice de Radiación Ultravioleta (IUV) es un indicador estandarizado que permite estimar la intensidad de la radiación ultravioleta que alcanza la superficie terrestre y evaluar el riesgo potencial asociado a la exposición solar. Este índice se expresa mediante una escala numérica creciente, de modo que valores más elevados representan una mayor probabilidad de generar efectos adversos en la salud, especialmente en la piel y los ojos. Por ello, el IUV constituye una herramienta útil para informar a la población sobre los niveles de exposición a la radiación UV y promover la adopción de medidas adecuadas de protección (INEI, 2020; OMS, 2024).

Tabla 5
Índice de radiación ultravioleta

Índice UV	Nivel de riesgo	Se recomienda usar:
0-2	Baja	Ninguna protección.
3-5	Moderada	Factor de protección solar (crema o loción).
6-7	Alta	Factor de protección solar y sombrero.
8-10	Muy alta	Factor de protección solar, sombrero y anteojos con filtro UVA y UVB.
11 +	Extremadamente alta	Factor de protección solar, sombrero, prendas que cubran áreas expuestas y anteojos con filtro UVA y UVB. Evitar exposiciones al sol por tiempo prolongado

Nota. Adaptado de SENAMHI (2024).

2.2.9. Índice de radiación ultravioleta en el Perú

El Perú registra algunos de los niveles más elevados de radiación ultravioleta a nivel mundial debido a su ubicación geográfica cercana a la línea ecuatorial y a la presencia de extensas zonas de gran altitud. Estas condiciones favorecen una mayor incidencia de radiación UV sobre la superficie terrestre, incrementando el riesgo de exposición para la población, especialmente en las regiones andinas del país (SENAMHI, 2024).

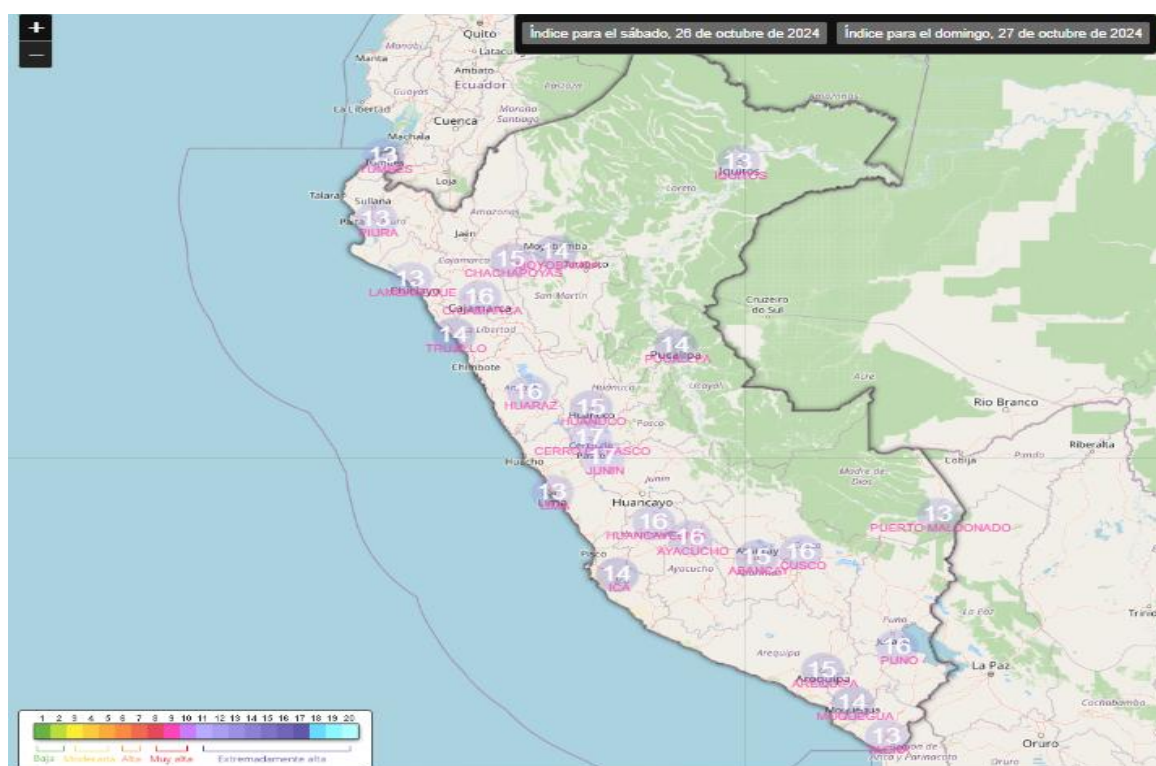
Con el propósito de monitorear el comportamiento de la radiación ultravioleta y emitir alertas oportunas a la población, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) realiza mediciones continuas de radiación UV en diferentes regiones del país. Esta información permite evaluar los niveles de exposición y promover medidas preventivas orientadas a reducir los efectos nocivos de la radiación ultravioleta sobre la salud humana (SENAMHI, 2024).

La Red de Vigilancia de la Atmósfera (VAG), ubicada en Marcapomacocha, región Junín, constituye una de las principales estaciones de monitoreo atmosférico del país. Esta estación cuenta con equipos especializados para la medición de variables atmosféricas, entre ellas la concentración de ozono y la radiación ultravioleta, proporcionando información relevante para el seguimiento de las condiciones ambientales y la evaluación de la exposición a la radiación solar (INEI, 2020).

La Figura 2 muestra la distribución espacial del índice de radiación ultravioleta en el Perú correspondiente al 26 de octubre de 2024. Se observa que gran parte del territorio nacional presenta valores clasificados como muy altos y extremadamente altos. En particular, la región Ayacucho registró un índice UV de 16, valor que, de acuerdo con la clasificación de la Organización Mundial de la Salud, corresponde a un nivel de riesgo extremadamente alto, por lo que se recomienda adoptar medidas estrictas de protección frente a la exposición solar (SENAMHI, 2024).

Figura 02

Índice de radiación ultravioleta en el Perú del 26 de octubre del 2024

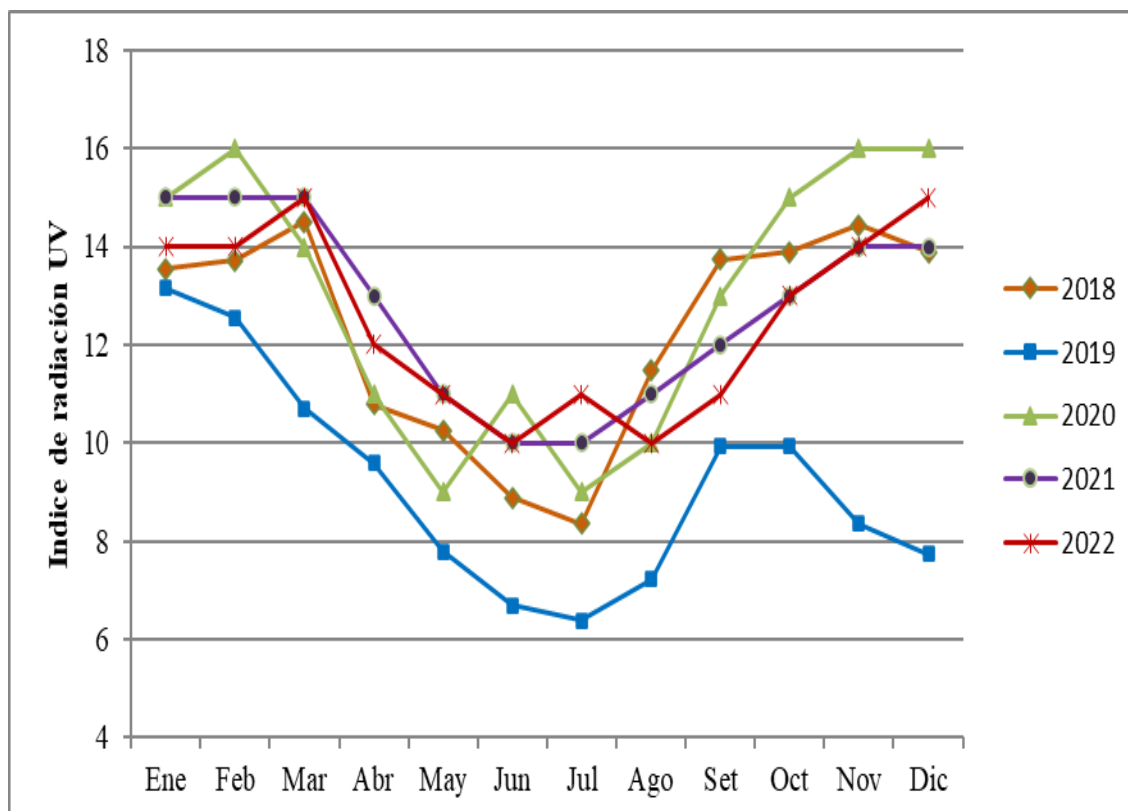


Nota. Adaptado del mapa de índice de radiación ultravioleta publicado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2024)

La Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente del Gobierno Regional de Ayacucho viene registrando Índice de radiación UV por lo que la figura 3 muestra la variación mensual del índice de radiación ultravioleta (UV) en Ayacucho durante los años 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022. Se observa que, en general, el índice UV alcanza sus valores más altos en los primeros meses del año, especialmente entre enero y marzo, cuando se registran valores superiores a 14, lo que indica un riesgo extremo de exposición a la radiación solar. A partir de marzo, el índice UV tiende a disminuir, alcanzando sus valores más bajos entre junio y julio, especialmente en 2019, cuando baja a alrededor de 6. Posteriormente, el índice comienza a aumentar nuevamente en los meses de primavera y alcanza otro pico en octubre y noviembre, destacándose los años 2020 y 2022 con niveles de UV particularmente altos. Este patrón refleja la influencia de la estacionalidad y las condiciones climáticas de la región en la intensidad de la radiación UV.

Figura 03

Índice Mensual de Radiación Ultravioleta en Ayacucho: Comparación de los Años 2018-2022



Nota: Datos tomados de la Gerencia Regional General de Recursos Naturales y gestión Medio Ambiente del Gobierno Regional de Ayacucho.

2.3. Fibras de animales utilizadas en la Investigación

2.3.1. Camélidos

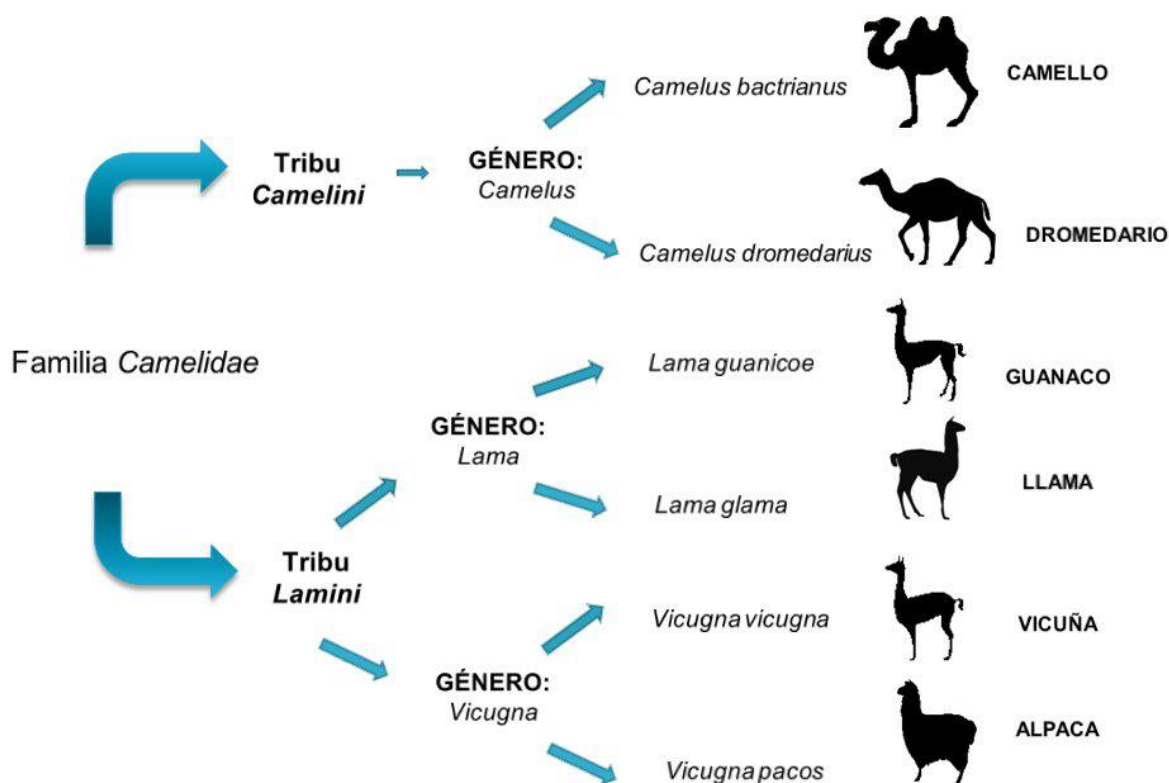
Los camélidos sudamericanos constituyen un importante recurso pecuario y genético de las regiones andinas de Sudamérica. Este grupo comprende especies domésticas como la alpaca y la llama, así como especies silvestres como la vicuña y el guanaco. Su amplia adaptación a ecosistemas de altura les permite desarrollarse en condiciones ambientales extremas, caracterizadas por bajas temperaturas, elevada radiación solar y escasa disponibilidad de recursos forrajeros, lo que les confiere un papel relevante en los sistemas productivos altoandinos (Pinto, Martín, & Cid, 2010).

2.3.1.1. Clasificación

Los camélidos pertenecen al orden *Artiodactyla*, suborden *Tylopoda* y familia *Camelidae* (Wheeler, 2006; Fowler, 2008). Históricamente, este grupo fue denominado “Auquénidos”, término propuesto por Illiger en 1811. Sin embargo, dicha denominación fue posteriormente descartada debido a que el nombre *Auquenia* ya había sido utilizado por Thunberg en 1789 para designar un género de escarabajos (Wheeler, 2006).

Figura 04

Clasificación de los camélidos



Nota. Tomado de Pinto, Martín y Cid (2010).

La tribu *Camelini*, conocida como los camélidos del Viejo Mundo, habita principalmente en regiones desérticas de Asia y África. Por otro lado, la tribu *Lamini* se distribuye en América del Sur, especialmente a lo largo de la cordillera de los Andes, y sus especies son conocidas como camélidos sudamericanos o camélidos del Nuevo Mundo. A diferencia de los camélidos del Viejo Mundo, los camélidos sudamericanos carecen de joroba y presentan un menor tamaño corporal (Pinto, Martín y Cid, 2010).

2.3.1.2. Vicuña (*Vicugna vicugna*)

La vicuña (*Vicugna vicugna*) es el camélido silvestre más pequeño de Sudamérica y constituye una de las especies más representativas de la fauna altoandina peruana. Su fibra es considerada una de las más finas y valiosas del mundo, con diámetros que pueden alcanzar aproximadamente 15 micras. Debido a sus excepcionales propiedades textiles, la fibra de vicuña posee una elevada importancia económica y social para las comunidades andinas dedicadas a su aprovechamiento sostenible (Agraria.pe, 2023).

Figura 05

Características de la vicuña



Nota. Tomado de Huerta (2018).

Mediante la Resolución Ministerial N°0458-2017-MINAGRI, el Estado peruano declaró el 15 de noviembre como el Día Nacional de la Vicuña, con la finalidad de reconocer la importancia ecológica, cultural y económica de esta especie. Asimismo, se destaca que la crianza y el aprovechamiento sostenible de la vicuña constituyen una

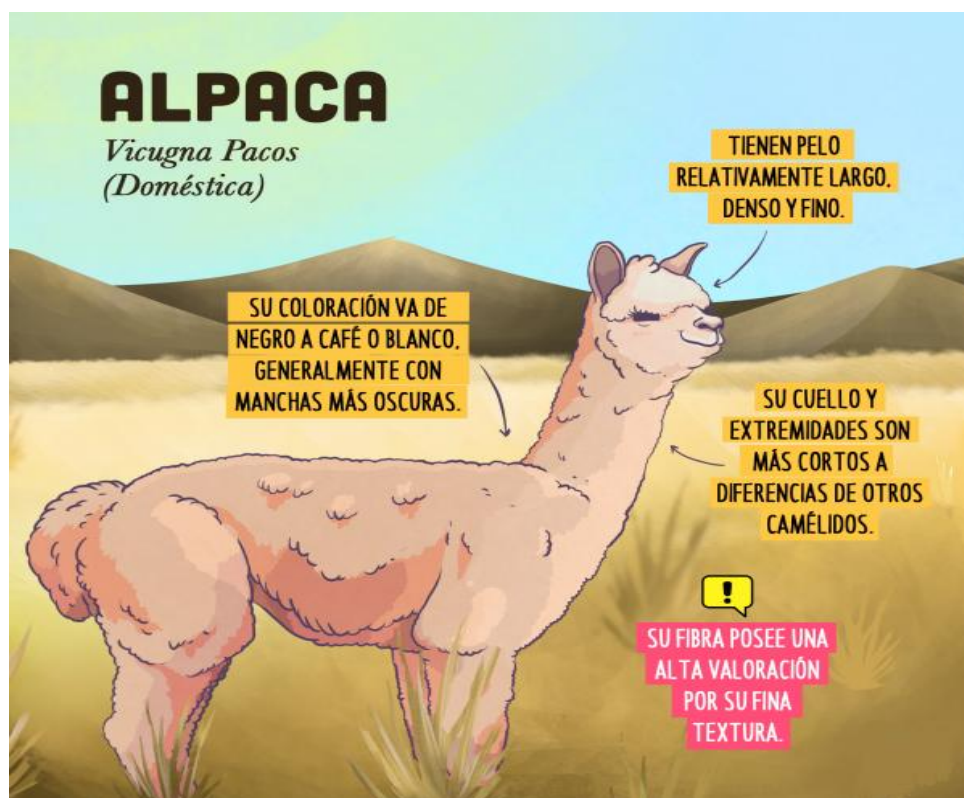
importante fuente de ingresos para las poblaciones altoandinas, debido al alto valor comercial de su fibra. El Perú mantiene una posición destacada a nivel mundial en la conservación y aprovechamiento de esta especie, siendo uno de los principales productores de fibra de vicuña (Agraria.pe, 2023).

2.3.1.3. Alpaca (*Vicugna pacos*)

La alpaca (*Vicugna pacos*) es una especie doméstica de camélido sudamericano distribuida principalmente en las zonas altoandinas de Perú, Bolivia y el norte de Chile. Su fibra destaca por su finura, suavidad y capacidad de aislamiento térmico, características que la convierten en una de las fibras naturales más valoradas en la industria textil. Gracias a estas propiedades, es utilizada en la elaboración de prendas de vestir, accesorios y diversos productos artesanales de alta calidad (Agraria.pe, 2023).

Figura 06

Características de la alpaca



Nota. Tomado de características de alpaca, por Huerta, 2018.

Debido a su importancia económica, social y genética, la alpaca ha sido reconocida como un recurso estratégico para el país. Su crianza constituye una de las principales actividades productivas de numerosas comunidades altoandinas, contribuyendo a la generación de empleo e ingresos mediante el aprovechamiento sostenible de su fibra, reconocida internacionalmente por su calidad (Agraria.pe, 2023).

De acuerdo con reportes de la Dirección General de Políticas Agrarias, el Perú concentra la mayor población mundial de alpacas, albergando más del 70 % del total registrado. Esta condición posiciona al país como el principal productor de fibra de alpaca a nivel mundial, superando ampliamente a otros países como Bolivia y Australia, donde también se desarrolla la crianza de esta especie (Díaz, y otros, 2020).

2.3.1.4. Ovinos (*Ovis aries*)

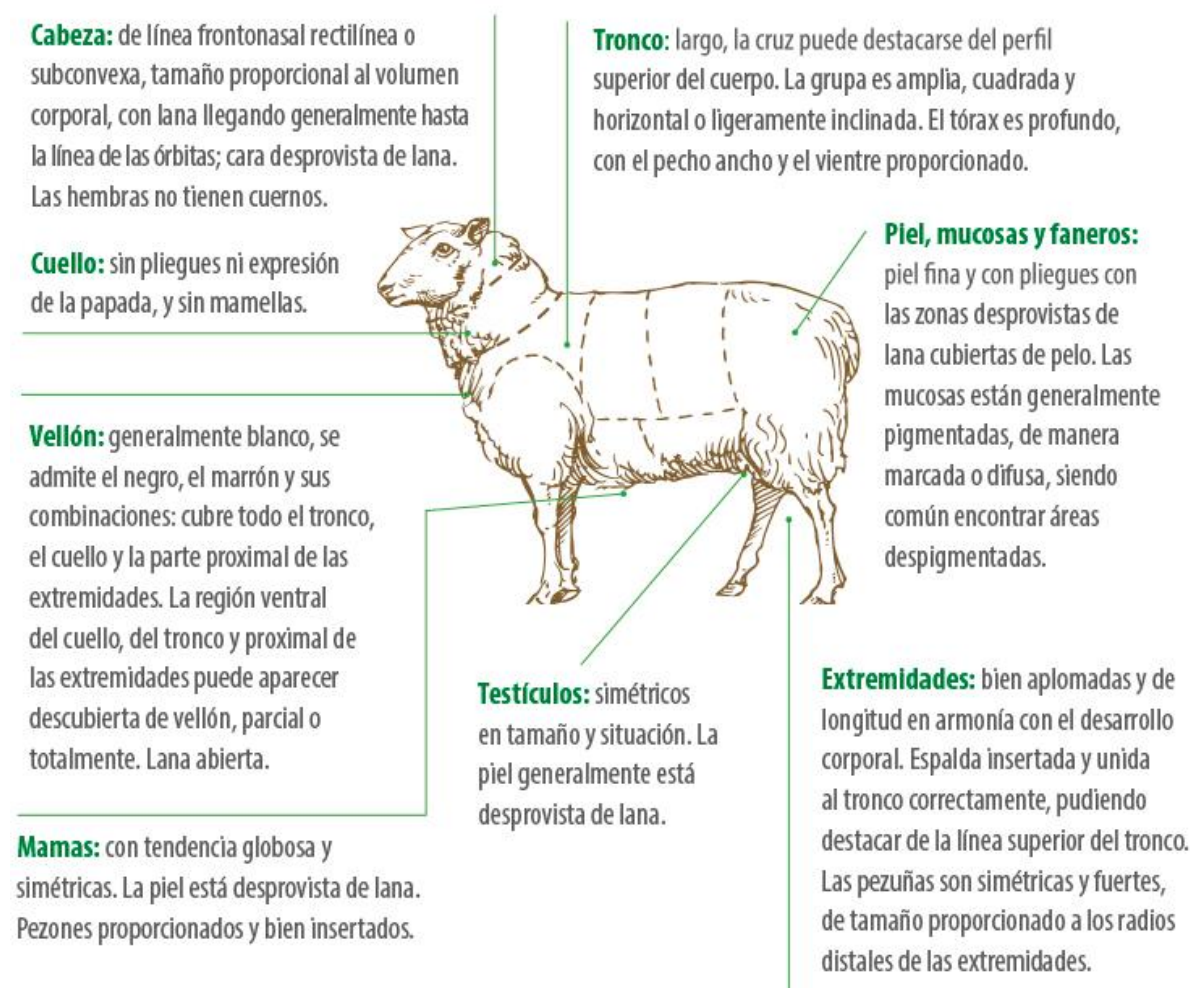
Los ovinos (*Ovis aries*) son mamíferos domésticos pertenecientes a la familia *Bovidae*, criados en diversas regiones del mundo por su capacidad de producir carne, leche y lana. Dentro de la industria textil, la lana constituye uno de sus productos más importantes debido a sus propiedades de aislamiento térmico, elasticidad y versatilidad para la elaboración de prendas y otros productos derivados (Fieito.com, 2022).

La lana es una fibra natural de origen animal que se desarrolla en los folículos de la piel de las ovejas y conforma el vellón que recubre su cuerpo. Su composición está basada principalmente en queratina, proteína que le proporciona características como resistencia, elasticidad y capacidad de absorción de humedad, cualidades ampliamente aprovechadas en la fabricación de textiles (Tinoco, 2015).

Las fibras de camélidos pueden ser hasta 7 micrones más finas que las de las ovejas, lo que implica que una fibra de camélido de 27 micrones tiene una suavidad equivalente a una fibra ovina de 20 micrones. Al evaluar el valor económico de una fibra, también se consideran otros factores como la curvatura, resistencia, longitud y medulación (Vilá, Camélidos sudamericanos, 2012).

Figura 07

Características de la oveja



Nota. Características de la oveja. Tomado de Santana (2020).

Aprovechamiento sostenible de la fibra de vicuña. La obtención de la fibra de vicuña se realiza mediante el Chaccu, una práctica ancestral desarrollada por las comunidades andinas para la captura temporal, esquila y posterior liberación de los animales en su hábitat natural. Este procedimiento permite el aprovechamiento sostenible de la fibra sin afectar la conservación de la especie, constituyendo además una importante actividad cultural y económica para las poblaciones altoandinas. El proceso comprende la concentración de las vicuñas mediante cercos humanos, su conducción hacia mangas de captura, la esquila de los ejemplares aptos y su posterior liberación, integrando conocimientos tradicionales y criterios modernos de conservación para garantizar la sostenibilidad del recurso (APN, 2023).

2.4. Fibra

La fibra es un material filamentosos de origen natural o artificial que posee propiedades físicas y mecánicas que permiten su transformación en hilos, tejidos y otros productos textiles. Su importancia radica en que constituye la unidad básica utilizada en la fabricación de materiales textiles, cuyas características finales dependen del tipo de fibra empleada. De acuerdo con su origen, las fibras pueden clasificarse en naturales, artificiales y sintéticas, cada una con propiedades específicas que determinan su comportamiento y aplicaciones dentro de la industria textil (Innovación y Cualificación, S. L., 2018).

2.4.1. Tipos de fibras textiles

De acuerdo con (Innovación y Cualificación, S. L., 2018), las fibras textiles se clasifican de la siguiente manera:

2.4.1.1. Fibras naturales

Las fibras naturales son aquellas que se obtienen directamente de la naturaleza y requieren escasos procesos de transformación para su aprovechamiento textil. Estas fibras pueden proceder de fuentes animales, vegetales o minerales y se caracterizan por su biodegradabilidad y amplia utilización en la fabricación de prendas y diversos productos textiles. Entre las fibras de origen animal destacan la lana y la seda; entre las vegetales, el algodón y el lino; mientras que las minerales incluyen materiales como la fibra de vidrio y otros compuestos de origen inorgánico.

- Animal: Procedentes del reino animal. Tenemos a la seda y lana.
- Vegetal: Procedentes del reino vegetal. Tenemos lino, algodón y otras.
- Mineral: Procedentes del reino mineral. Fibra de vidrio, amianto y metales.

2.4.1.2. Fibras artificiales

Las fibras artificiales son materiales manufacturados a partir de materias primas naturales que han sido sometidas a procesos industriales de transformación para mejorar determinadas propiedades. Entre las más utilizadas se encuentran el rayón viscosa y el

acetato, fibras que conservan características similares a las naturales y son ampliamente empleadas en la industria textil debido a su suavidad y versatilidad (Innovación y Cualificación, S. L., 2018).

2.4.1.3. Fibras sintéticas

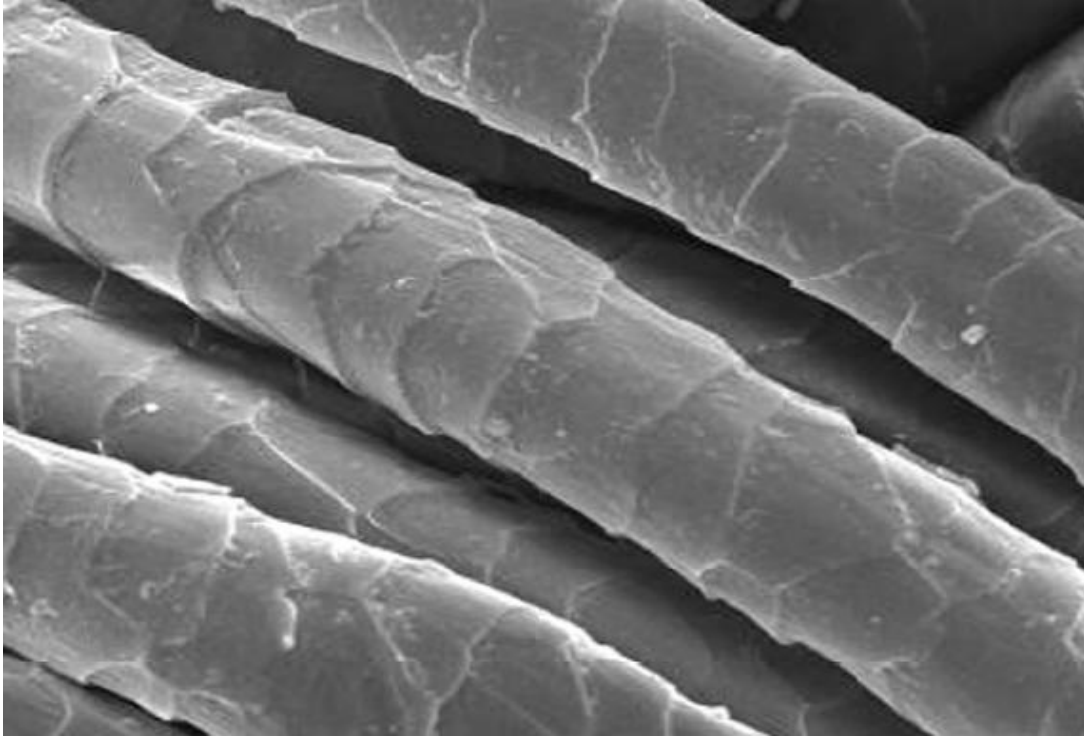
Las fibras sintéticas son materiales obtenidos mediante procesos químicos e industriales a partir de compuestos derivados principalmente del petróleo. Su fabricación permite controlar diversas propiedades físicas y mecánicas, como la resistencia, elasticidad y durabilidad. Entre las fibras sintéticas más utilizadas en la industria textil se encuentran el poliéster, el nailon, el acrílico y el elastómero, empleados en la elaboración de prendas y productos textiles con requerimientos específicos de desempeño (Innovación y Cualificación, S. L., 2018).

2.4.1.4. Proceso de obtención de lana

La lana es una fibra natural obtenida principalmente de los ovinos, aunque también puede proceder de otras especies animales como la cabra de Angora, la cabra de Cachemira y el conejo de Angora. La calidad y cantidad de lana producida dependen de factores como la genética, la alimentación, las condiciones ambientales y el manejo del animal. Debido a sus características de suavidad, elasticidad y capacidad de aislamiento térmico, la lana constituye una de las fibras más utilizadas en la industria textil (Innovación y Cualificación, S. L., 2018).

Figura 08

Fotografía microscópica de fibras de lana donde se puede apreciar claramente las escamas



Nota. Tomado de López (2014).

La lana es una fibra proteica de origen animal compuesta principalmente por queratina. Su estructura está formada por una capa externa denominada cutícula y una región interna conocida como córtex, responsables de sus propiedades físicas y mecánicas. Estas características le confieren resistencia, elasticidad y una notable capacidad para absorber humedad sin perder sus propiedades de aislamiento térmico, lo que favorece su uso en la fabricación de textiles y productos de fieltro (López, 2014).

Entre las propiedades más importantes de la lana destacan su finura, flexibilidad, capacidad de absorción de humedad y aislamiento térmico. Además, presenta buena resistencia al fuego y contribuye al confort térmico debido a su capacidad para regular el intercambio de humedad con el ambiente. Estas características explican su amplia utilización en la elaboración de prendas de vestir, textiles técnicos y productos artesanales como el fieltro (López, 2014).

2.5. Fieltro

Según la Real Academia Española (RAE, 2019), el fieltro es una “especie de paño no tejido que resulta de conglomerar, lana o pelo”.

El fieltro es un material textil no tejido obtenido mediante la compactación y entrelazamiento de fibras por acción de la humedad, temperatura, presión o fricción, sin necesidad de procesos de hilado o tejido. Puede fabricarse con fibras naturales o sintéticas y se caracteriza por su resistencia, flexibilidad, capacidad de aislamiento térmico y versatilidad de uso. Estas propiedades han favorecido su empleo en la elaboración de sombreros, prendas de vestir, accesorios y diversos productos artesanales e industriales (Rosales, 2019; Innovación y Cualificación, S. L., 2018).

2.5.1. Tipos de fieltro

Existen diversos tipos de fieltro, cada uno con características específicas que se ajustan a diferentes aplicaciones:

2.5.1.1. Fieltro de lana

El fieltro de lana se obtiene principalmente a partir de fibras de oveja sometidas a procesos de humedad, calor y fricción que favorecen su compactación. Este material destaca por su suavidad, capacidad de aislamiento térmico y resistencia al desgaste, características que han permitido su amplia utilización en la fabricación de sombreros, prendas de vestir y productos artesanales (Rosales, 2019).

2.5.1.2. Fieltro de pelo animal

El fieltro de pelo animal se elabora utilizando fibras procedentes de alpaca, vicuña, llama o camello. En comparación con el fieltro de lana, suele presentar una textura más fina y propiedades particulares asociadas a cada tipo de fibra. Su utilización es frecuente en la elaboración de productos artesanales y artículos de alto valor agregado debido a la calidad de las fibras empleadas.

2.5.1.3. Fieltro sintético

El fieltro sintético se fabrica a partir de fibras artificiales o sintéticas, como poliéster, acrílico o nailon. Su principal ventaja radica en su bajo costo de producción, resistencia y facilidad de mantenimiento, por lo que es ampliamente utilizado en aplicaciones industriales, decorativas y de tapicería.

2.5.1.4. Fieltro adhesivo

El fieltro adhesivo corresponde a una variante del fieltro sintético que incorpora una capa autoadhesiva en una de sus superficies, facilitando su instalación en diferentes materiales. Se emplea principalmente en trabajos de manualidades, decoración y protección de superficies.

Además de estos tipos, el fieltro encuentra aplicaciones en múltiples sectores:

- Moda, se emplea en la confección de prendas de vestir, accesorios y calzado por sus propiedades de aislamiento y resistencia.
- Construcción, utilizado como aislante térmico y acústico en techos y paredes, el fieltro ayuda a mejorar la eficiencia energética y reducir el ruido.
- Artesanía, este material versátil es fácilmente moldeable y puede coserse o pegarse para crear objetos decorativos, haciendo que sea un componente clave en proyectos de diseño artesanal.
- Industria automotriz, en el sector automotor, el fieltro se emplea en piezas interiores para mejorar el aislamiento acústico y la durabilidad de los acabados (Rosales, 2019).

2.5.1.5. Proceso artesanal de elaboración del fieltro

La elaboración artesanal del fieltro comprende un conjunto de operaciones destinadas a transformar fibras animales en un material compacto y resistente. En la región andina, las fibras más empleadas provienen de la oveja, alpaca y vicuña, cuyo procesamiento permite obtener productos textiles utilizados en la confección de sombreros y otros artículos artesanales (Tamayo & Peñaherrera, 2014).

- a) **Limpieza de la materia prima:** La limpieza de la materia prima consiste en eliminar impurezas, restos vegetales y grasa natural presentes en la fibra mediante procesos de lavado y enjuague. Esta etapa resulta fundamental para garantizar una adecuada calidad del material antes de continuar con las fases posteriores de elaboración del fieltro.
- b) **Tinturado:** El tinturado consiste en incorporar color a las fibras mediante colorantes naturales o artificiales. Esta etapa permite obtener diferentes tonalidades y contribuye a las características estéticas del producto final.
- c) **Cardado:** El cardado es el proceso mediante el cual las fibras son desenredadas, limpiadas y orientadas en una misma dirección. Esta operación favorece una distribución homogénea de la fibra y facilita su posterior compactación durante el afieltrado.
- d) **Elaboración del fieltro:** En esta etapa las fibras cardadas son distribuidas en capas superpuestas y orientadas en diferentes direcciones con la finalidad de formar un paño uniforme. El número de capas y el espesor del material dependen de las características y del uso previsto para el producto final. Esta disposición facilita el entrelazamiento progresivo de las fibras durante el proceso de afieltrado (Cedavida, 2014).
- e) **Humedad y fricción:** Una vez conformadas las capas de fibra, se aplica agua caliente y jabón para favorecer el entrecruzamiento de las fibras. Posteriormente, se ejerce presión y fricción de manera continua, permitiendo que las fibras se compacten y formen una estructura cohesionada. Esta etapa es fundamental para otorgar resistencia, consistencia y estabilidad al fieltro (Cedavida, 2014).
- f) **Lavado del paño:** Después de alcanzar el nivel de compactación deseado, el material es lavado para eliminar residuos de jabón e impurezas. Finalmente, se procede al secado en condiciones adecuadas, evitando deformaciones y garantizando la conservación de las propiedades físicas del fieltro obtenido (Cedavida, 2014).

2.6. Medidas de protección de la radiación UV

2.6.1. Uso de ropa protectora de radiación UV

La ropa constituye una de las medidas más eficaces para reducir la exposición a la radiación ultravioleta, especialmente durante actividades realizadas al aire libre. El nivel de protección que brinda una prenda depende de características como el tipo de fibra, la densidad y estructura del tejido, el color, el espesor y el Factor de Protección Ultravioleta (FPU). En conjunto, estas propiedades determinan la capacidad del material para bloquear o absorber la radiación UV incidente (INEI, 2017).

2.6.2. Uso de sombreros de ala ancha

El uso de sombreros de ala ancha constituye una medida eficaz para proteger las zonas más expuestas del cuerpo, como la cara, el cuello, las orejas y parte de los hombros. Diversas organizaciones dedicadas a la prevención del cáncer de piel recomiendan el empleo de sombreros con alas amplias que proporcionen sombra suficiente sobre estas áreas. Asimismo, se recomienda que los materiales utilizados presenten adecuados niveles de protección ultravioleta para incrementar su efectividad frente a la radiación solar (INEI, 2017).

a) Partes del sombrero

- **Borde o ala:** Es la parte externa del sombrero encargada de proporcionar sombra sobre la cara, cuello y orejas. Su dimensión influye directamente en el nivel de protección frente a la radiación solar.
- **Corona o copa:** Corresponde a la parte superior del sombrero que cubre la cabeza y proporciona la estructura principal del accesorio.
- **Banda interior:** Elemento ubicado en la zona interna del sombrero que entra en contacto con la cabeza del usuario. Generalmente se fabrica con materiales suaves y absorbentes para mejorar la comodidad durante su uso.
- **Color:** El color del material influye en la capacidad de absorción de la radiación ultravioleta. En general, los tonos oscuros tienden a ofrecer mayores niveles de protección en comparación con los colores claros.

- b) Modelos de sombrero:** Existen diversos modelos de sombrero que difieren en forma, tamaño y diseño. Sin embargo, desde el punto de vista de la protección solar, los modelos de ala ancha ofrecen una mayor cobertura de la cara, cuello y orejas, reduciendo la exposición directa a la radiación ultravioleta. La efectividad de esta protección también depende de las características del material utilizado y de su capacidad para bloquear la radiación UV (Medlight, 2023).

2.7. Factor de protección ultravioleta

El Factor de Protección Solar (FPS) expresa el nivel de protección que proporciona un protector solar frente a los efectos de la radiación UV sobre la piel. Aunque constituye una medida ampliamente utilizada en dermatología, su aplicación difiere del FPU, el cual está orientado a evaluar materiales textiles (Navas, 2019).

El Factor de Protección Ultravioleta (FPU) representa la capacidad de un tejido para bloquear la radiación ultravioleta que incide sobre su superficie. Este índice considera tanto la radiación UVA como UVB y permite estimar qué proporción de radiación logra atravesar el material. Cuanto mayor es el valor de FPU, mayor es la protección ofrecida por el tejido frente a la exposición solar (Martí, 2023).

Clasificación FPU

- **FPU 15–24:** Buena protección.
- **FPU 25–39:** Muy buena protección.
- **FPU 40–50+:** Excelente protección.

2.7.1. Determinación del factor de protección ultravioleta

El FPU puede determinarse mediante métodos *in vivo* e *in vitro*. Actualmente, los métodos *in vitro* son los más utilizados debido a su rapidez, precisión y facilidad de aplicación. Estos procedimientos consisten en medir la cantidad de radiación ultravioleta que atraviesa un material textil mediante equipos espectrofotométricos especializados, permitiendo estimar su capacidad de protección frente a la radiación UV (Romero B. E., 2012).

Para obtener resultados representativos, la determinación del FPU se realiza mediante la evaluación de varios especímenes del material textil. Cuando la muestra presenta diferencias de color, textura o estructura, cada zona debe analizarse de forma independiente para garantizar una estimación precisa del nivel de protección ultravioleta ofrecido por el material (Martí, 2023).

- Si la muestra presenta áreas con distintos colores, cada una debe medirse por separado, y el valor de FPU que se tomará como referencia será el más bajo obtenido.
- Si la muestra contiene áreas con texturas diferentes, se debe seleccionar para la medición el área con la estructura más abierta o porosa.

La evaluación de múltiples especímenes permite obtener resultados más representativos del comportamiento real del material, especialmente cuando presenta variaciones de color, textura o estructura, garantizando una determinación más confiable del FPU (Martí, 2023).

El cálculo del FPU se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$UPF = \frac{\sum_{\lambda=290}^{400} E_{\lambda} \times S_{\lambda} \times \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=290}^{400} E_{\lambda} \times S_{\lambda} \times T_{\lambda} \times \Delta\lambda}$$

E_{λ} : espectro de acción eritemal.

S_{λ} : irradiancia espectral solar ($W/m^2.nm$).

T_{λ} : transmitancia espectral del tejido.

$\Delta\lambda$: intervalo de longitud de onda considerando en la medición.

λ : Longitud de onda en nanómetros (nm).

A continuación, se calcula el FPU medio, como la media aritmética de los FPU de cada uno de los especímenes.

$$\overline{UPF} = \frac{UPF_1 + UPF_2 + \dots + UPF_N}{N}$$

$\overline{UPF}$: FPU medio

UPF_i : FPU de los especímenes

N: número de especímenes

De acuerdo con Algaba (2016), la cantidad de radiación ultravioleta que atraviesa un tejido depende principalmente de tres variables fundamentales: la transmitancia espectral, la irradiancia espectral solar y el espectro de acción eritemal.

- a) **Transmitancia espectral:** Corresponde a la fracción de radiación ultravioleta que logra atravesar un material textil. Este parámetro constituye uno de los principales indicadores de la capacidad protectora de un tejido, ya que refleja la proporción de energía que es transmitida después de los procesos de absorción, reflexión y dispersión que ocurren en la superficie y estructura interna del material. Su medición se realiza mediante equipos espectrofotométricos especializados y está influenciada por factores como el tipo de fibra, el color, el espesor, la densidad y la estructura del tejido (Algaba, 2016).
- b) **Irradiancia espectral solar:** Representa la distribución de la energía solar que alcanza la superficie terrestre para cada longitud de onda. Esta variable permite cuantificar la intensidad de la radiación ultravioleta incidente y constituye un componente esencial para el cálculo del Factor de Protección Ultravioleta (FPU) (Algaba, 2016).
- c) **Espectro de acción eritemal:** corresponde a una función de ponderación utilizada para representar el efecto biológico de la radiación ultravioleta sobre la piel humana. Esta función asigna diferentes niveles de importancia a cada longitud de onda según su capacidad para producir eritema o enrojecimiento cutáneo, permitiendo evaluar de manera más precisa el riesgo asociado a la exposición solar (Algaba, 2016).

2.7.2. Índice FPU

La norma australiana/neozelandesa AS/NZS 4399 establece un sistema de clasificación para materiales textiles en función de su capacidad para reducir la transmisión de radiación ultravioleta. Este sistema permite asignar un índice FPU que facilita la identificación del nivel de protección ofrecido por un tejido y su correspondiente etiquetado para uso comercial y de protección solar.

Tabla 6

Etiquetado y clasificación de los tejidos en función de su factor de protección a la radiación ultravioleta (Norma AS/NZ 4399: 1996)

Rango FPU de la muestra	Categoría de protección UVR	Transmisión UVR efectiva (%)	Índice FPU
15 a 24	Buena protección	6,7 a 4,2	15, 20
25 a 39	Muy buena protección	4,1 a 2,6	25, 30, 35
40 a 50, 50+	Protección excelente	≤ 2,5	40,45,50,50+

Nota. Adaptado de Etiquetado y clasificación de los tejidos en función de su factor de protección a la radiación ultravioleta (Norma AS/NZ 4399: 1996), por Algaba, 2016.

El índice FPU se expresa mediante valores estandarizados que corresponden a múltiplos de cinco. Para su determinación, el valor calculado del FPU se aproxima al múltiplo inferior más cercano. Por ejemplo, un tejido con un FPU de 39 se clasifica con un índice FPU de 35. Cuando los valores son iguales o superiores a 50, la clasificación se expresa como 50+, indicando un nivel de protección ultravioleta muy elevado (Algaba, 2016).

2.7.3. Factores que influyen en la protección ultravioleta de los textiles

La capacidad de un material textil para bloquear la radiación ultravioleta depende de diversas propiedades físicas, estructurales y químicas de las fibras que lo componen. Entre los factores más relevantes se encuentran el tipo de fibra, la densidad y porosidad, el espesor, el color, la humedad y los tratamientos aplicados durante su fabricación. Estas características influyen directamente en la absorción, reflexión y transmisión de la radiación UV, determinando el nivel de protección ultravioleta que ofrece el material (AS/NZS 4399; PMC4053584).

- **Tipo de fibra:** La composición de la fibra constituye uno de los factores más importantes en la protección frente a la radiación ultravioleta. Las fibras naturales presentan diferencias en su estructura física y composición química, lo que influye en su capacidad para absorber o bloquear la radiación UV. Por ello, materiales elaborados con distintas fibras pueden presentar valores diferentes de FPU aun cuando posean características similares de color o espesor.
- **Densidad y porosidad:** La disposición de las fibras dentro del material influye significativamente en el paso de la radiación ultravioleta. Los materiales con mayor densidad y menor porosidad presentan espacios reducidos entre fibras, limitando la transmisión de radiación UV y aumentando su capacidad protectora.
- **Espesor:** El espesor del material guarda una relación directa con su capacidad de protección ultravioleta. A medida que aumenta el grosor del tejido o del fieltro, se incrementa la absorción y dispersión de la radiación incidente, reduciendo la cantidad de energía que atraviesa el material y favoreciendo valores más altos de FPU.
- **Color:** El color del material influye significativamente en la protección frente a la radiación ultravioleta. En términos generales, los colores oscuros absorben una mayor proporción de radiación UV que los colores claros, reduciendo la cantidad de energía transmitida a través del tejido. Por esta razón, materiales de tonalidades oscuras suelen presentar valores de FPU superiores en comparación con materiales de colores claros.
- **Humedad:** El contenido de humedad puede modificar temporalmente las propiedades ópticas y estructurales de los materiales textiles, generando variaciones en su comportamiento frente a la radiación ultravioleta.

- **Tratamientos y acabados textiles:** La incorporación de aditivos o tratamientos especiales puede mejorar la capacidad de los materiales para bloquear la radiación ultravioleta, incrementando su nivel de protección y su desempeño frente a la exposición solar
- **Gramaje:** El gramaje corresponde a la masa del material por unidad de superficie, generalmente expresada en g/m². Un mayor gramaje suele estar asociado con una estructura más compacta y una menor transmisión de radiación ultravioleta, favoreciendo niveles superiores de protección UV. Diversos estudios han reportado una relación positiva entre el incremento del gramaje y el aumento del FPU de los materiales textiles.

2.8. Normativa de clasificación y marcado del material textil

Diversas normas internacionales han sido desarrolladas para evaluar y clasificar los materiales textiles según su capacidad de protección frente a la radiación ultravioleta. Estos sistemas utilizan el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) como indicador principal y establecen criterios para el etiquetado y clasificación de los productos textiles destinados a la protección solar.

2.8.1. Norma australiana/neozelandesa (AS/NZ 4399: 1996)

La norma AS/NZS 4399:1996, desarrollada conjuntamente por Australia y Nueva Zelanda, constituye uno de los primeros estándares internacionales orientados a la evaluación de la protección ultravioleta en materiales textiles. Esta norma establece procedimientos para determinar el FPU y clasifica los tejidos según el nivel de protección que ofrecen frente a la radiación solar.

Para fines de etiquetado y comercialización, la norma clasifica los materiales textiles de acuerdo con su índice FPU, permitiendo identificar de manera sencilla el nivel de protección ultravioleta proporcionado por cada producto.

Tabla 7

Etiquetado y clasificación de los tejidos en función de su factor de protección a la radiación ultravioleta (Norma AS/NZ 4399: 1996)

Rango FPU	Categoría de protección UVR	Transmisión UVR efectiva (%)	Índice FPU
15 a 24	Buena protección	6,7 a 4,2	15, 20
25 a 39	Muy buena protección	4,1 a 2,6	25, 30, 35
40 a 50+	Protección excelente	≤ 2,5	40, 45, 50, 50+

Nota. Adaptado de Norma AS/NZ 4399: 1996 (AS/NZS 4399:1996, 1998).

El índice FPU se expresa mediante valores estandarizados que corresponden a múltiplos de cinco. Para su determinación, el valor obtenido experimentalmente se aproxima al múltiplo inferior más cercano. Por ejemplo, un material con un FPU de 27 se clasifica con un índice FPU de 25. Cuando el valor del FPU es igual o superior a 50, la clasificación se expresa como **50+**, indicando el nivel más alto de protección contemplado por la norma (AS/NZS 4399, 1998).

2.8.2. Norma UNE-EN 13758-2

La norma europea **UNE-EN 13758-2** establece los requisitos para el etiquetado y comercialización de prendas con protección ultravioleta. A diferencia de otros sistemas de clasificación, esta norma considera que un material puede etiquetarse como protector frente a la radiación UV cuando presenta un valor de **FPU superior a 40**, correspondiente a una categoría de protección excelente. Asimismo, exige que las prendas incorporen información y símbolos específicos que permitan al usuario identificar fácilmente su nivel de protección (UNE, 2007).

Las normas **UNE-EN 13758-1** y **UNE-EN 13758-2** cumplen funciones complementarias dentro de la evaluación de textiles con protección ultravioleta. La primera establece los procedimientos de ensayo y los criterios para la determinación del FPU, mientras que la segunda regula los aspectos relacionados con el etiquetado y la comercialización de las prendas. Por ello, ambas normas constituyen referencias fundamentales para la certificación de productos textiles destinados a la protección solar

(Campos, 2017).

La figura 9 presenta el pictograma utilizado por la norma UNE-EN 13758-2 para identificar prendas textiles con protección ultravioleta certificada.

Figura 09

Pictograma para el etiquetado de prendas, según la norma europea EN 13758-2



Nota. Pictograma para el etiquetado para prendas con protección ultravioleta según la norma UNE-EN 13758. Adaptado de Feldtmann (2020).

2.8.3. Método Standard UV 801

El UV Standard 801 es un sistema internacional de evaluación y certificación desarrollado para determinar la protección ultravioleta de materiales textiles. A diferencia de otros métodos, este sistema considera diferentes condiciones de uso de la prenda, incluyendo estados de humedad, estiramiento y desgaste, con el propósito de estimar la protección real que ofrece durante su utilización. La clasificación final se asigna considerando el valor más bajo de FPU obtenido en los distintos ensayos, garantizando una evaluación conservadora y confiable del nivel de protección ultravioleta (Hohenstein, 2019)

La Figura 10 muestra algunos ejemplos de etiquetas empleadas en el sistema de certificación UV Standard 801 para prendas de vestir y artículos de sombrerería.

Figura 10

Etiquetado para prendas y artículos de sombrerería según el sistema UV Standard 801



Nota. Etiquetas de certificación UV Standar 801 para prendas y artículos de sombrerería. Adaptado de AITEX (2018).

2.9. Marco conceptual

- a) **Radiación ultravioleta:** Corresponde a una porción del espectro electromagnético cuyas longitudes de onda son menores que las de la luz visible y mayores que las de los rayos X, ubicándose aproximadamente entre 100 y 400 nm (Mediavilla, 2014).
- b) **Índice de radiación ultravioleta:** Índice de radiación ultravioleta: Indicador estandarizado que permite estimar la intensidad de la radiación UV que alcanza la superficie terrestre y el nivel de riesgo asociado a la exposición humana (OMS, 2013).
- c) **UVA:** Tipo de radiación ultravioleta comprendida entre 320 y 400 nm, caracterizada por su capacidad de penetrar profundamente en la piel y producir efectos acumulativos a largo plazo (Mediavilla, 2014).
- d) **UVB:** Radiación ultravioleta con longitudes de onda entre 280 y 320 nm, asociada principalmente con quemaduras solares y alteraciones biológicas en la piel (Mediavilla, 2014).
- e) **UVC:** Radiación ultravioleta de alta energía comprendida entre 100 y 280 nm, que en condiciones normales es absorbida casi totalmente por la atmósfera terrestre (Mediavilla, 2014).
- f) **Fibra:** Estructura filamentosa natural o artificial utilizada como materia prima en la fabricación de materiales textiles. En el caso de la alpaca, está constituida por fibras de distintas características físicas y tonalidades de color (Aguilar, 2012).
- g) **Fieltro:** Material textil no tejido obtenido mediante el entrelazamiento y compactación de fibras animales, principalmente lana o pelo, sin necesidad de procesos de tejido convencional (RAE, 2019).
- h) **Espectrofotómetro:** Equipo utilizado para medir la cantidad de radiación absorbida, reflejada o transmitida por una muestra en diferentes longitudes de onda (Gelabert & Fernández, 2020).
- i) **Esquila:** Procedimiento mediante el cual se realiza el corte o extracción de la fibra de un animal cuando esta ha alcanzado el desarrollo adecuado para su aprovechamiento textil (Aguilar, 2012).
- j) **Vellón:** Conjunto de fibras que recubre el cuerpo de un animal productor de lana y que es obtenido durante el proceso de esquila (Aguilar, 2012).

III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología empleada correspondió a un diseño experimental multifactorial orientado a evaluar la influencia de diferentes factores sobre la protección ultravioleta de sombreros de fieltro elaborados con fibras de vicuña, alpaca y oveja. El Factor de Protección Ultravioleta (FPU) fue considerado como variable dependiente, mientras que el tipo de fibra, el color, el gramaje y el espesor constituyeron los factores de estudio. Para determinar la significancia de los efectos principales y de sus interacciones se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) multifactorial, complementado con la prueba de comparación múltiple de Tukey.

3.1. Tipo y nivel de investigación

El presente estudio, según su propósito, es de tipo aplicada, ya que busca generar conocimientos orientados a la solución de un problema práctico relacionado con la protección ultravioleta de sombreros de fieltro elaborados con fibras naturales de la región Ayacucho. Los resultados obtenidos permiten identificar las características que favorecen una mayor protección UV y contribuyen a la valorización y comercialización de estos productos (Rodríguez, 2020).

En cuanto al nivel de investigación, el estudio corresponde al nivel explicativo, debido a que tuvo como finalidad determinar la influencia de los factores tipo de fibra, color, gramaje y espesor sobre el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) de los sombreros de fieltro. Este nivel permite analizar los efectos de las variables independientes sobre una variable de respuesta, identificando cuáles de ellas tienen una influencia significativa en el comportamiento del fenómeno estudiado.

El nivel explicativo resulta adecuado para la presente investigación porque permitió evaluar experimentalmente el efecto de diferentes combinaciones de factores sobre el FPU mediante un diseño multifactorial. Asimismo, el empleo del análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación múltiple de Tukey permitió establecer diferencias significativas entre tratamientos e identificar las condiciones que proporcionan mayores niveles de protección ultravioleta.

3.2. Diseño de investigación

La investigación se desarrolló mediante un diseño experimental multifactorial, el cual permitió evaluar simultáneamente el efecto de los factores tipo de fibra, color, gramaje y espesor sobre el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) de los sombreros de fieltro. Este diseño facilitó el análisis de los efectos principales y de las interacciones entre los factores estudiados, permitiendo identificar las combinaciones que proporcionan mayores niveles de protección ultravioleta.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población:

La población estuvo conformada por la totalidad de sombreros de fieltro elaborados con fibras de vicuña, alpaca y oveja considerados dentro del ámbito de estudio. Estos productos constituyeron la unidad de análisis para la evaluación de su capacidad de protección frente a la radiación ultravioleta.

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por sombreros de fieltro elaborados con fibras de vicuña, alpaca y oveja, proporcionados por la empresa Pantirwa. Los sombreros fueron seleccionados para evaluar la influencia del tipo de fibra, color, gramaje y espesor sobre el Factor de Protección Ultravioleta (FPU).

Figura 11

Muestras de sombreros de fieltro elaborados con fibra de alpaca



Nota. Muestras proporcionadas por la empresa Pantirwa para la elaboración del Factor de Protección Ultravioleta (FPU).

Figura 12

Muestras de sombreros de fieltro elaborados con fibra de oveja



Nota. Muestras proporcionadas por la empresa Pantirwa para la elaboración del Factor de Protección Ultravioleta (FPU).

Figura 13

Muestras de sombreros de fieltro elaborados con fibra de vicuña



Nota. Muestras proporcionadas por la empresa Pantirwa para la elaboración del Factor de Protección Ultravioleta (FPU).

3.4. Operacionalización de variables

TABLA 08

Operacionalización de variables

variable	Dimensión	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala/Categoría
Variable independiente: Factores que influyen en la protección ultravioleta de sombreros de fieltro	Tipo de fibra	Material fibroso de origen animal empleado en la elaboración del fieltro	Se evaluó el tipo de fibra empleada en el sombrero	Alpaca, vicuña, oveja	Nominal
	Gramaje del fieltro	Masa del material por unidad de superficie (g/m ²)	Se midió el gramaje del fieltro	300,500 y 700 g/m ²	Ordinal
	Espesor del fieltro	Grosor físico del material textil	Se midió el espesor del fieltro	Delgado (2mm), medio (3mm), grueso (4mm)	Ordinal
	Color del fieltro	Característica visual asociada a la tonalidad del material	Se clasificó según tonalidad del fieltro	Claro, medio, oscuro	Ordinal
Variable Dependiente: Factor de protección ultravioleta (FPU)	Protección UV	Capacidad del material para bloquear radiación ultravioleta	Se determinó mediante medición in vitro del FPU	Valor FPU	Razón
	Nivel de protección	Grado de eficacia frente a radiación UV	Se clasificó según norma AS/NZ 4399	- Buena protección (15-24) - Muy buena protección (25-39) - Excelente protección (40-50+)	Ordinal

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

Para la obtención de información relacionada con las variables de estudio, se emplearon técnicas que permitieron medir, registrar y analizar las características físicas de los sombreros de fieltro y su nivel de protección ultravioleta.

- a) **Medición experimental:** Consistió en la determinación del Factor de Protección Ultravioleta (FPU) de los sombreros de fieltro mediante ensayos realizados bajo condiciones controladas de laboratorio, siguiendo los procedimientos establecidos para la evaluación de materiales textiles con protección UV.
- b) **Análisis documental:** Permitió recopilar información técnica y normativa relacionada con la medición del Factor de Protección Ultravioleta, tomando como referencia estándares internacionales aplicables a materiales textiles con protección frente a la radiación ultravioleta.
- c) **Observación estructurada:** se utilizó para registrar y clasificar las características físicas de las muestras, tales como tipo de fibra, color, gramaje y espesor, de acuerdo con los criterios establecidos en la operacionalización de variables.

A continuación, se describen los procedimientos mediante los cuales se aplicaron las técnicas de recolección de datos empleadas en la investigación.

3.5.1.1. Selección de fibras para la elaboración del fieltro

La elaboración del fieltro se inicia con la selección de la materia prima, constituida por fibras de vicuña, alpaca y oveja. La elección de estas fibras responde a sus características físicas y textiles, las cuales influyen en la calidad del fieltro y en su capacidad de protección ultravioleta.

- a) **Fibras de alpaca:** Para la elaboración de los sombreros de fieltro se emplearon fibras de alpaca clasificadas como semifina y semigruesa, categorías que presentan características adecuadas de resistencia, estructura y comportamiento durante el proceso de afieltrado. Estas fibras son utilizadas frecuentemente en la fabricación de productos como sombreros y fieltros debido a su capacidad para generar materiales compactos y resistentes (INACAL, 2023).

Tabla 9

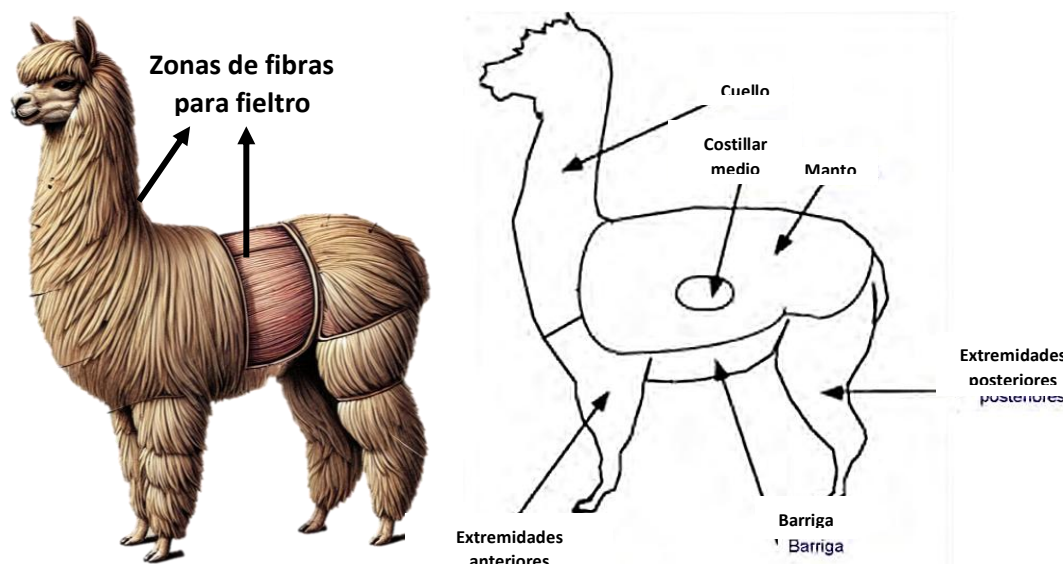
Clasificación por grupos de calidades de la fibra de alpaca

Grupo de calidades	Rango de Finura en micrones
Alpaca Ultrafina	Igual o menor a 18
Alpaca Superfina	18,1 a 20
Alpaca Extrafina	20,1 a 23
Alpaca Fina	23,1 a 26,5
Alpaca Semifina	26,6 a 29
Alpaca Semigruesa	29,1 a 31,5
Alpaca Gruesa	Mas de 31,5
Alpaca Corta	----
Alpaca MP	Es un grupo de fibra de alpaca constituida por fibras cortas, gruesas y deterioradas

Nota. Adaptado de la Norma Técnica Peruana NTP 231.301:2022 (INACAL, 2022).

Figura 14

Zonas de aprovechamiento de fibra de alpaca para la elaboración de fieltro



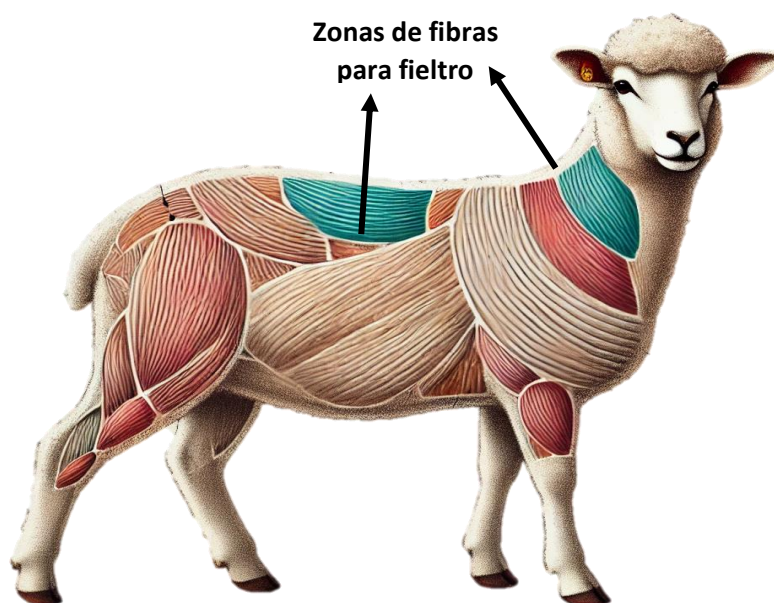
Nota. Zonas de obtención de fibra utilizadas para la elaboración de fieltro. Adaptado de Quispe, Poma y Purroy (2013) e INACAL (2023)

Para la elaboración de sombreros de fieltro se emplean generalmente fibras de alpaca de finura media a gruesa, debido a que presentan características adecuadas de resistencia y capacidad de afieltrado. En este estudio se utilizaron fibras comprendidas entre 24 y 30 micrones, las cuales proporcionan la estructura necesaria para obtener un fieltro compacto y durable. Asimismo, se consideró una longitud de fibra entre 5 y 10 cm, rango que favorece el entrelazamiento y compactación de las fibras durante el proceso de fabricación (Quispe, Poma, & Purroy, 2013).

b) Fibras de oveja: Para la elaboración de sombreros de fieltro se seleccionan principalmente fibras provenientes de las zonas del cuello y los costados del animal, debido a que presentan mayor resistencia y mejores propiedades para el proceso de afieltrado. Estas fibras poseen una estructura adecuada para soportar el entrelazamiento y compactación requeridos durante la fabricación del fieltro (Copara, 2017)

Figura 15

Zonas de aprovechamiento de fibra de oveja para la elaboración de fieltro



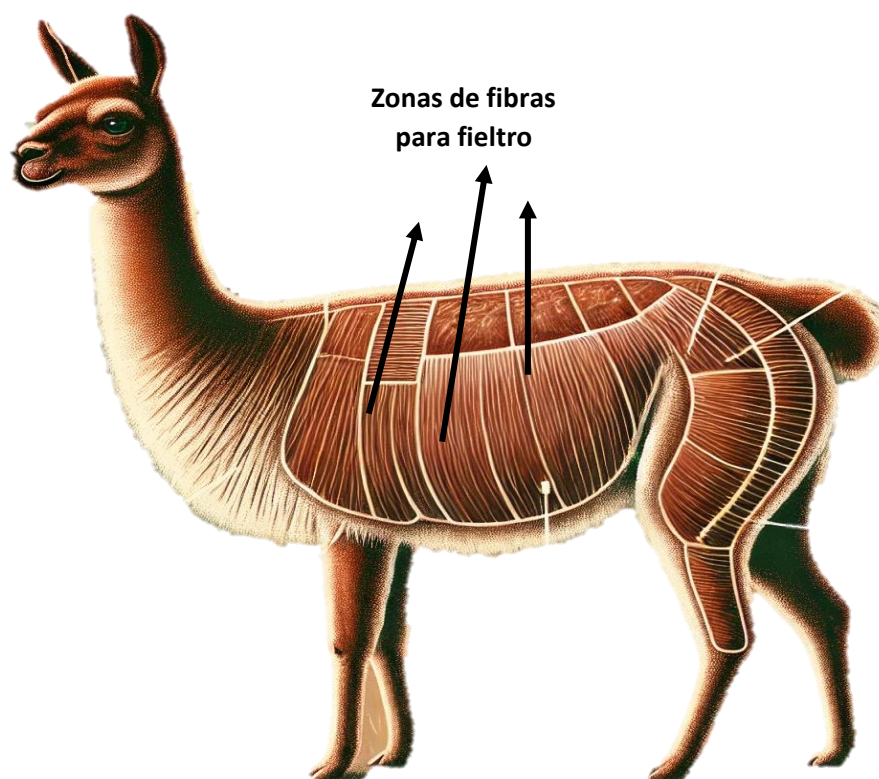
Nota. Zonas de aprovechamiento de fibra de oveja utilizadas para la elaboración de fieltro. Adaptado de Copara (2017).

Para la fabricación de sombreros de fieltro se empleó lana de oveja con finura media a gruesa, generalmente comprendida entre 25 y 30 micrones. Estas características favorecen el proceso de afieltrado y permiten obtener materiales con adecuada resistencia mecánica. Asimismo, se utilizaron fibras con longitudes aproximadas de 4 a 8 cm, rango que facilita el entrelazamiento de las fibras y contribuye a la formación de un fieltro compacto y estable (Copara, 2017).

c) Fibras de vicuña: La fibra de vicuña se caracteriza por presentar una elevada finura y suavidad, cualidades que la convierten en una de las fibras naturales más valoradas a nivel mundial. Generalmente presenta diámetros comprendidos entre 11,6 y 14,2 micras, así como longitudes promedio cercanas a 4 cm. Estas características favorecen la obtención de materiales ligeros, de alta calidad y con propiedades adecuadas para la elaboración de productos textiles especiales.

Figura 16

Zonas de aprovechamiento de fibra de vicuña para la elaboración de fieltro



Nota. Zonas de aprovechamiento de fibra de vicuña utilizadas para la elaboración de fieltro. Adaptado de Pariona (2024).

En el Perú, el aprovechamiento de la fibra de vicuña se realiza bajo un sistema de manejo sostenible supervisado por las entidades competentes. La obtención de la fibra se efectúa mediante prácticas autorizadas que garantizan la conservación de la especie y el aprovechamiento sostenible del recurso, asegurando la disponibilidad de materia prima para fines textiles (Contreras y Romero, 2019).

Figura 17

Proceso de elaboración de fieltro mediante tecnología de no tejidos



Nota. Proceso general de elaboración de fieltro mediante tecnología de no tejidos. Elaboración propia con base en el procedimiento empleado por la empresa Pantirwa.

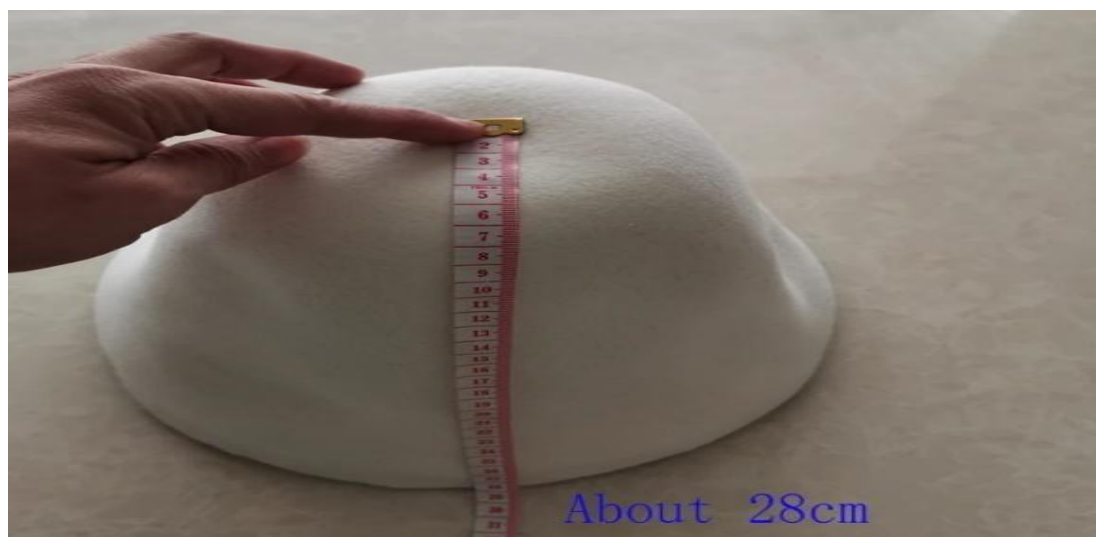
Para la elaboración de los sombreros de fieltro se seleccionaron fibras provenientes principalmente de la zona de los costados de la vicuña, debido a que presentan mayor longitud y resistencia en comparación con otras áreas del vellón. Estas características favorecen el proceso de afieltrado y la obtención de materiales compactos y de alta calidad. Aunque la fibra de vicuña se caracteriza por su elevada finura y suavidad, también presenta propiedades adecuadas para la elaboración de sombreros de fieltro (Pariona, 2024).

La fibra seleccionada fue sometida inicialmente a un proceso de limpieza para eliminar impurezas, restos de grasa y partículas extrañas. Posteriormente, se realizó el centrifugado y secado de la materia prima. Una vez acondicionada, la fibra pasó por las etapas de apertura y mezcla, permitiendo su homogeneización y preparación para el proceso de cardado.

Posteriormente, la fibra fue procesada en una máquina cardadora, cuya función consiste en paralelizar las fibras, retirar impurezas residuales y formar un velo homogéneo. El material obtenido fue transformado en una napa continua, la cual posteriormente se enrolló para conformar la preforma utilizada en la elaboración de los sombreros de fieltro.

Figura 18

Preforma de fieltro en forma de cono antes del afieltrado



Nota: Preforma de fieltro utilizada en la etapa previa al afieltrado, con una altura aproximada de 28 cm medida desde la base hasta la parte superior de la estructura

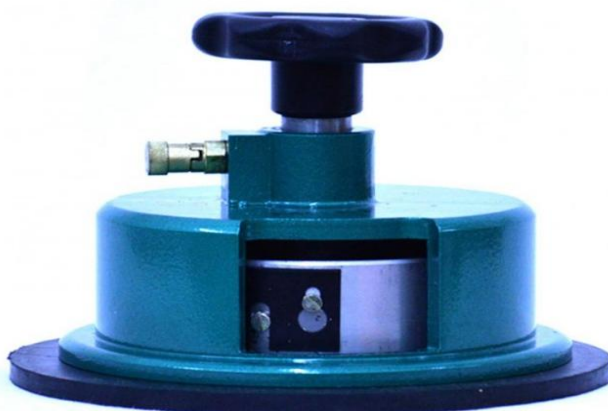
La preforma obtenida fue sometida al proceso de afieltrado mediante una plancha vibradora con aplicación de vapor. La combinación de humedad, temperatura y fricción favoreció el entrelazamiento progresivo de las fibras, permitiendo la compactación del material hasta alcanzar las dimensiones y características requeridas para la elaboración de los sombreros de fieltro.

3.5.1.2. Determinación del gramaje del fieltro

El gramaje constituye una propiedad física importante de los materiales textiles, ya que representa la masa por unidad de superficie y puede influir en el comportamiento del material frente a la radiación ultravioleta. Para su determinación se empleó un cortador de probetas y se siguió el procedimiento establecido en la norma UNE-EN ISO 12127.

Figura 19

Cortador de probetas para la determinación del gramaje textil



Nota. Cortador de probetas utilizado para la determinación del gramaje textil. Adaptado de MIT (2017).

Para la determinación del gramaje se extrajeron probetas circulares de área conocida utilizando el cortador mostrado en la Figura 19. Las muestras fueron pesadas en una balanza de precisión y los resultados se expresaron en gramos por metro cuadrado (g/m^2), conforme al procedimiento establecido por la norma correspondiente (Campos, 2017).

3.5.1.3. Procedimiento de obtención de fibra

Para la obtención de la materia prima utilizada en la elaboración del fieltro se realizó la esquila, procedimiento mediante el cual se extrae el vellón de los animales de manera controlada, permitiendo el aprovechamiento de las fibras destinadas a la producción textil (Aguilar, 2012).

a. Época de esquila

a.1. Ovejas: La esquila de ovejas se realiza generalmente durante los meses de febrero y marzo, periodo en el cual las condiciones climáticas favorecen la recuperación de los animales y reducen el riesgo de afectaciones sanitarias posteriores al corte del vellón.

Previo a la esquila, los animales fueron acondicionados y evaluados para verificar el estado del vellón. Se consideraron aspectos como la uniformidad de la fibra, la presencia de impurezas y las condiciones generales del material a recolectar. Asimismo, se procuró mantener a los animales protegidos de la humedad y de condiciones climáticas adversas antes del procedimiento, con la finalidad de preservar la calidad de la fibra obtenida (EEA , 2017).

a.2. Alpacas: La esquila de alpacas se realiza generalmente una vez al año, cuando la fibra ha alcanzado la longitud adecuada para su aprovechamiento textil. Este procedimiento suele efectuarse antes del inicio de la temporada de lluvias con la finalidad de obtener una fibra de mejor calidad y preservar el bienestar de los animales (Aguilar, 2012).

Las campañas de esquila se desarrollan en dos periodos principales:

- Campaña grande (octubre a diciembre): dirigida principalmente a alpacas adultas.
- Campaña chica (marzo a abril): destinada a alpacas de primer corte o tuis.

Para garantizar la calidad de la fibra obtenida, se seleccionan animales sanos y en adecuadas condiciones corporales. Asimismo, se verifica la ausencia de parásitos y enfermedades que puedan afectar la calidad del vellón. La organización de la esquila considera criterios relacionados con el tipo de fibra, color, sexo y edad de los animales (Aguilar, 2012).

- Color de la fibra: Blanco y de color.
- Sexo: Machos y hembras.
- Edad: Tuis (jóvenes) y adultos.

La aplicación de estos criterios contribuye a obtener una fibra más homogénea y adecuada para su procesamiento posterior, favoreciendo la calidad del producto final (Aguilar, 2012).

a.3. Vicuñas: La esquila de vicuñas se realiza generalmente durante los meses de primavera (septiembre a noviembre), periodo en el cual las condiciones climáticas resultan más favorables para el bienestar de los animales y para la obtención de fibra de calidad.

Las principales razones para realizar la esquila en este periodo son:

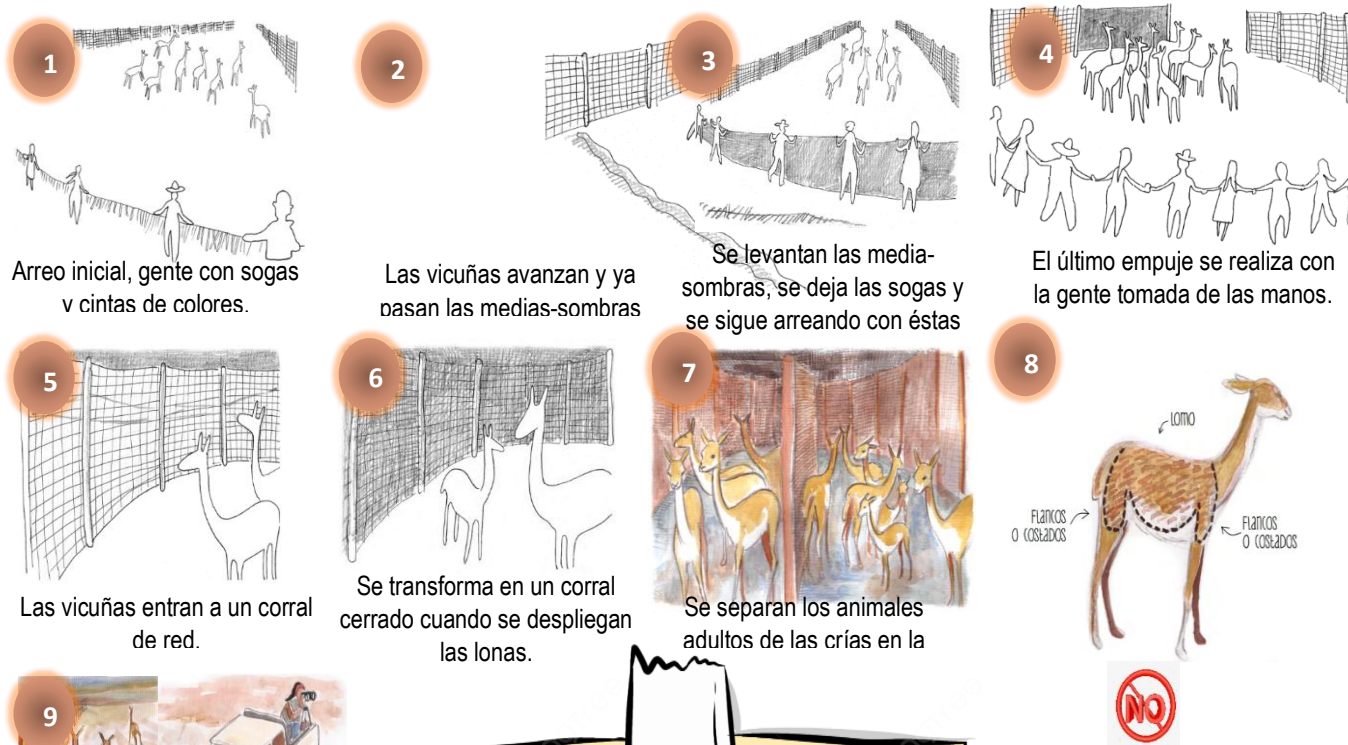
- Condiciones climáticas favorables que reducen el estrés térmico de los animales.
- Menor riesgo para las hembras gestantes, especialmente durante las etapas iniciales de gestación.
- Mayor desarrollo de las crías nacidas durante el año, permitiendo un manejo más seguro durante las actividades de captura y manejo.

Las vicuñas no son esquiladas anualmente debido a que la recuperación de la longitud adecuada de la fibra requiere aproximadamente dos años. Por esta razón, los programas de aprovechamiento sostenible consideran intervalos mínimos entre esquilas para garantizar una adecuada producción de fibra y el bienestar de los animales (Baldo, Arzamendia y Vilá, 2013).

La obtención de la fibra de vicuña se realiza mediante el “Chaccu”, práctica tradicional de manejo sostenible que permite la captura temporal, esquila y posterior liberación de los animales en su hábitat natural. Este procedimiento difiere de la esquila convencional aplicada en alpacas y ovejas, debido a que la vicuña es una especie silvestre cuyo aprovechamiento se encuentra sujeto a medidas especiales de conservación.

Figura 20

Procedimiento del Chaccu para la obtención sostenible de fibra de vicuña



- Los animales se liberan nuevamente a la naturaleza.
- Las vicuñas esquiladas y marcadas deben ser

Esquila sustentable

La esquila de la vicuña debe ser parcial, extrayendo solo la fibra de la zona del lomo, grupa, costados y la cara externa de las patas. Se debe dejar la fibra del cuello, barriga, zona del pecho y patas para que mantengan el calor y que no se mueran de frío.

Se debe esquila a las vicuñas cada 2 años como mínimo, siempre y cuando les haya crecido la fibra un mínimo de 3 cm (0,5 cm para dejar como mínimo al animal y 2,5 cm para el vellón); si pasaron 2 años y no superó esta longitud, se deberá esperar al año siguiente.

No se esquilan:

- Las hembras preñadas en última etapa de gestación.
- Las crías menores de un (1) año.
- Cualquier vicuña en mal estado nutricional, con signos de enfermedad o ectoparasitosis externa (sama).
- Las vicuñas que han sido

Nota. Procedimiento tradicional del Chaccu utilizado para la captura, esquila y liberación de vicuñas. Adaptado de Baldo et al. (2013).

3.5.1.4. Procedimiento de determinación del FPU in vitro

El Factor de Protección Ultravioleta (FPU) es un indicador utilizado para evaluar la capacidad de un material textil para bloquear la radiación ultravioleta incidente. Este parámetro permite estimar el nivel de protección que ofrece un tejido frente a la exposición a los rayos UV y puede determinarse mediante métodos in vivo o in vitro.

El método in vivo determina el nivel de protección mediante ensayos realizados directamente sobre la piel humana bajo condiciones controladas de exposición a radiación ultravioleta. Debido a los requerimientos éticos, operativos y logísticos que implica su aplicación, este método es menos utilizado en estudios textiles.

El método in vitro consiste en medir la cantidad de radiación ultravioleta que atraviesa una muestra textil utilizando equipos espectrofotométricos especializados. Esta técnica permite obtener resultados objetivos, reproducibles y de rápida ejecución, por lo que es ampliamente utilizada para la evaluación del Factor de Protección Ultravioleta (FPU) en materiales textiles.

Para la determinación del FPU se expone la muestra textil a una fuente controlada de radiación ultravioleta y se cuantifica la fracción de energía que atraviesa el material. Los resultados obtenidos permiten estimar la capacidad protectora del tejido frente a la radiación UV.:

La radiación ultravioleta presenta una distribución espectral variable según la longitud de onda. Por ello, el cálculo del FPU incorpora factores de ponderación que permiten representar de manera más realista las condiciones de exposición solar y los efectos biológicos asociados a la radiación UV sobre la piel humana.

Transmitancia espectral: Corresponde a la fracción de radiación ultravioleta que atraviesa el material textil para cada longitud de onda evaluada.

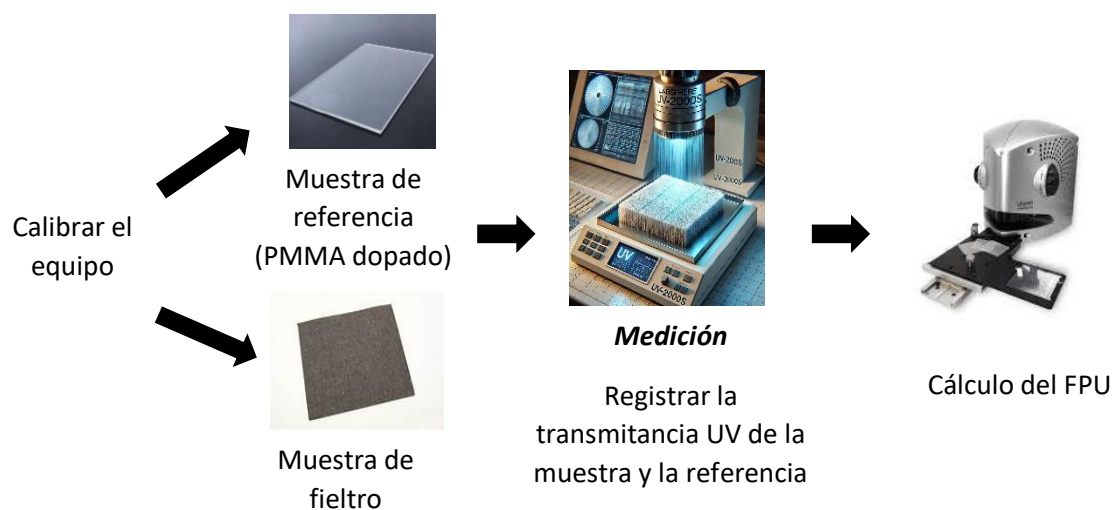
Irradiancia espectral solar: Representa la distribución de la energía solar incidente en función de la longitud de onda.

Espectro de acción eritemal: Función de ponderación utilizada para representar el efecto biológico de la radiación ultravioleta sobre la piel humana según la longitud de onda.

Las probetas fueron acondicionadas siguiendo los lineamientos establecidos en la norma ISO 139:2005. Para ello, se cortaron muestras de dimensiones adecuadas para cubrir completamente el área de medición y se mantuvieron durante 120 minutos en condiciones controladas de temperatura (22 °C) y humedad relativa (62 %). Posteriormente, cada muestra fue colocada en el sistema de medición para registrar la radiación ultravioleta transmitida a través del tejido (Algaba, 2016).

Figura 21

Procedimiento para la determinación del Factor de Protección Ultravioleta (FPU) mediante el método in vitro



Nota. Procedimiento general empleado para la determinación del Factor de Protección Ultravioleta (FPU) mediante espectrofotometría UV-Visible. Elaboración propia.

El cálculo del FPU se realizó a partir de la evaluación de cuatro especímenes obtenidos de cada sombrero. En cada espécimen se efectuaron mediciones en distintos puntos de la muestra con el propósito de obtener un valor representativo de la transmitancia espectral y reducir posibles errores asociados a la heterogeneidad del material. Los valores

registrados fueron utilizados para el cálculo del Factor de Protección Ultravioleta (FPU) mediante la ecuación correspondiente.

$$UPF = \frac{\sum_{\lambda=290}^{400} E_{\lambda} \times S_{\lambda} \times \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=290}^{400} E_{\lambda} \times S_{\lambda} \times T_{\lambda} \times \Delta\lambda}$$

E_{λ} : Espectro de acción eritemal.

S_{λ} : Irradiancia espectral solar

T_{λ} : Transmitancia espectral del tejido

$\Delta\lambda$: Intervalo de longitud de onda o ancho de banda considerado en la medición (nm).

λ : Longitud de onda en (nm)

Posteriormente, se determinó el FPU medio mediante el promedio aritmético de los valores de FPU obtenidos para cada uno de los especímenes evaluados.

$$\overline{UPF} = \frac{UPF_1 + UPF_2 + \dots + UPF_N}{N}$$

$\overline{UPF}$: Factor de protección ultravioleta promedio.

UPF_i : Factor de Protección Ultravioleta obtenido para cada espécimen.

N: Número de especímenes evaluados; en la presente investigación se consideraron cuatro especímenes por muestra.

Cada espécimen fue evaluado mediante cinco mediciones realizadas en diferentes puntos de la muestra, utilizando el valor promedio para el cálculo del FPU correspondiente.

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

a) **Sombreros:** Constituyen las unidades de análisis de la presente investigación. Fueron elaborados con fibras 100 % de alpaca, vicuña y oveja, y utilizados para evaluar la influencia del tipo de fibra, color, gramaje y espesor sobre el Factor de Protección Ultravioleta (FPU).

b) **Equipos para obtención de sombreros**

- Abridora: equipo utilizado para la apertura y limpieza inicial de las fibras.
- Carda: equipo empleado para paralelizar y homogeneizar las fibras antes de la conformación del velo.
- Plancha vibradora: utilizada durante el proceso de afieltrado para favorecer el entrelazamiento y compactación de las fibras.
- Caldero de vapor: equipo destinado a suministrar vapor durante el proceso de afieltrado.
- Troquel: instrumento utilizado para el corte de probetas circulares destinadas a la determinación del gramaje.

c) **Espectrofotómetro Labsphere UV-2000S:** Equipo utilizado para la determinación del Factor de Protección Ultravioleta (FPU) de las muestras textiles evaluadas. El espectrofotómetro permite medir la transmitancia de radiación ultravioleta en el rango UVA y UVB, generando los datos necesarios para el cálculo del FPU conforme a estándares internacionales aplicables a materiales textiles.

Características principales

- Rango espectral: 280 a 400 nm.
- Esfera integradora para mediciones de transmitancia difusa.
- Fuente de radiación que simula el espectro solar.
- Software especializado para el cálculo del FPU conforme a normas internacionales.
- Tiempo de medición inferior a 30 segundos por muestra

Aplicación en la investigación: El equipo se empleó para determinar la transmitancia espectral de las muestras y calcular el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) de los sombreros elaborados con fibras de alpaca, vicuña y oveja.

Uso: Determinar la transmitancia espectral de radiación ultravioleta en el rango de 290 a 400 nm para el cálculo del Factor de Protección Ultravioleta (FPU) de las muestras de fieltro, siguiendo el método AATCC TM183-2020.

Frecuencia de medición: Frecuencia de medición: Se realizó una evaluación para cada combinación experimental de tipo de fibra, color, gramaje y espesor considerada en el diseño multifactorial.

Figura 22

Componentes del espectrofotómetro Labsphere UV-2000S



Nota. Componentes del espectrofotómetro Labsphere UV-2000S. Adaptado de Pro-Lite (2018).

d) Balanza de precisión

Uso: Determinar la masa de las muestras textiles empleadas para el cálculo del gramaje (g/m^2) de los sombreros de fieltro.

Procedimiento: Se cortaron muestras cuadradas de $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ y posteriormente fueron pesadas en una balanza de precisión previamente calibrada. Los valores de masa obtenidos se utilizaron para calcular el gramaje de cada muestra de fieltro, expresado en gramos por metro cuadrado (g/m^2).

e) Cortador muestra

Uso: Obtener muestras de fieltro de dimensiones definidas para la determinación del gramaje (g/m^2).

Procedimiento: Se utilizó un instrumento de corte para obtener muestras cuadradas de $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ a partir de los sombreros de fieltro. Estas muestras fueron posteriormente pesadas para el cálculo del gramaje.

f) Calibrador Vernier (pie de rey)

Uso: Determinar el espesor del fieltro en milímetros (mm).

Frecuencia: Se realizaron tres mediciones en diferentes puntos de cada muestra y se utilizó el valor promedio para el análisis estadístico.

g) Guía de colores naturales:

Uso: Clasificar las muestras de sombreros de acuerdo con la tonalidad predominante (claro, medio u oscuro).

Procedimiento: La clasificación se realizó mediante comparación visual utilizando una carta de colores bajo condiciones estandarizadas de iluminación.

h) Ficha de registro de datos: Se diseñó una ficha de registro para sistematizar los datos obtenidos durante el desarrollo experimental, consignando los valores correspondientes a cada variable de estudio.

Tabla 10
Ejemplo de ficha de registro de datos

Variable	Indicador	Unidad
Tipo de fibra	Alpaca, vicuña, oveja	Categorico
Gramaje	300, 500, 700 g/m ²	g/m ²
Grosor	Delgado, medio, grueso	mm
Color	Claro, medio, oscuro	Escala visual
FPU	Valor del índice FPU	Adimensional

Los valores obtenidos fueron posteriormente clasificados como buena, muy buena o excelente protección de acuerdo con la norma AS/NZS 4399.

3.5.3. Método de ensayo para la determinación del FPU

Método AATCC TM 183-2020:

La determinación del Factor de Protección Ultravioleta (FPU) se realizó siguiendo los lineamientos establecidos en el método AATCC TM 183-2020. Este método permite evaluar la capacidad de los materiales textiles para bloquear o transmitir radiación ultravioleta mediante mediciones espectrofotométricas de transmitancia en el rango UV.

Características del método

- Se aplica a materiales textiles en condiciones controladas de ensayo.
- Considera la distribución espectral de la radiación solar para la evaluación del FPU.
- Incorpora el efecto biológico de la radiación ultravioleta sobre la piel humana.
- Permite determinar el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) de los materiales evaluados.

Usos

- Determinar la capacidad de los materiales textiles para bloquear o transmitir radiación ultravioleta mediante el cálculo del Factor de Protección Ultravioleta (FPU).

3.6. Procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos durante la evaluación experimental fueron organizados, codificados y analizados con el propósito de determinar la influencia del tipo de fibra, gramaje, espesor y color sobre el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) de los sombreros de fieltro. Para ello se emplearon técnicas de estadística descriptiva e inferencial que permitieron identificar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

3.6.1. Procesamiento de datos:

Las actividades de procesamiento permitieron organizar, codificar y estructurar los datos obtenidos durante la evaluación experimental, facilitando su posterior análisis estadístico.

a). **Codificación de datos:** Se asignó códigos a las variables categóricas.

Tipo de fibra: Alpaca (Alp), Vicuña (Vic), Oveja (Ove).

Color: Claro (1), Medio (2), Oscuro (3).

Las variables continuas (FPU, gramaje y espesor) se registraron utilizando sus valores numéricos observados.

b). **Tabulación de datos:** Se creó una tabla resumen con las combinaciones de los factores y sus respectivos valores de FPU.

La información se organizó en tablas de datos para facilitar su procesamiento estadístico.

Tabla 11

Ejemplo de tabla de datos

Fibra	Gramaje (g/m²)	Grosor (nm)	Color	FPU
Alpaca	300	2,0	Claro	20,5
Oveja	500	3,0	Medio	30,8
Vicuña	700	4,0	Oscuro	45,2

c). Validación de datos: Se verificó la consistencia de las mediciones realizadas por triplicado y se identificaron posibles valores atípicos mediante análisis gráfico preliminar.

3.6.2. Análisis estadístico de datos

a) Análisis descriptivo:

- **Estadísticos básicos:** Se calcularon medidas de tendencia central y dispersión, tales como media, mediana, desviación estándar y rango, para describir el comportamiento del Factor de Protección Ultravioleta (FPU) en las diferentes combinaciones de tipo de fibra, gramaje, espesor y color.
- **Representación gráfica:** Los resultados fueron presentados mediante gráficos y tablas que permitieron visualizar la distribución y variabilidad de los valores de FPU entre los tratamientos evaluados.

b) Análisis estadístico inferencial:

- **Análisis de Varianza (ANOVA):** Se empleó un análisis de varianza (ANOVA) multifactorial para evaluar el efecto individual y combinado del tipo de fibra, gramaje, espesor y color sobre el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) de los sombreros de fieltro.

El modelo general utilizado fue:

$$\text{FPU} = \mu + \text{Fibra} + \text{Gramaje} + \text{Espesor} + \text{Color} + \text{Interacciones} + \epsilon$$

Donde:

μ : media general del Factor de Protección Ultravioleta (FPU).

Interacciones: efecto combinado entre los factores evaluados.

ϵ : error experimental o variación no explicada por los factores incluidos en el modelo.

El análisis permitió determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

- **Prueba de comparación múltiple de Tukey:** Cuando el ANOVA mostró diferencias significativas ($p < 0,05$), se aplicó la prueba de Tukey para identificar los niveles de los factores que presentaron diferencias estadísticas significativas entre sí.

c) Análisis comparativo entre fibras: Con la finalidad de comparar el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) entre los sombreros elaborados con fibras de alpaca, vicuña y oveja, se seleccionó la combinación de color, gramaje y espesor que presentó el mayor valor de FPU para cada tipo de fibra.

Posteriormente, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tipos de fibra evaluados. Cuando el ANOVA mostró diferencias significativas ($p < 0,05$), se empleó la prueba de comparación múltiple de Tukey para identificar las diferencias estadísticas entre las medias de FPU de los sombreros elaborados con fibras de alpaca, vicuña y oveja.

d) Visualización de resultados: Gráficos de interacción: Se emplearon para visualizar el efecto combinado del tipo de fibra, gramaje, espesor y color sobre el Factor de Protección Ultravioleta (FPU).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan y discuten los resultados obtenidos durante la evaluación del Factor de Protección Ultravioleta (FPU) de sombreros elaborados con fieltro de alpaca, oveja y vicuña. Se analiza la influencia del color, el espesor y el gramaje sobre el nivel de protección ultravioleta de cada material, así como las diferencias observadas entre los tipos de fibra evaluados.

La base de datos estuvo conformada por 27 observaciones para cada tipo de fieltro, obtenidas a partir de las combinaciones de color, espesor y gramaje consideradas en el estudio. Los resultados permiten identificar las condiciones que proporcionan mayores niveles de protección ultravioleta y comparar el desempeño de los diferentes materiales evaluados.

4.1. Factor de protección ultravioleta de los fieltros

Tabla 12

Resultados de estadística descriptiva de todos los datos

Variable	Media	Desv.Est.	Mínimo	Mediana	Máximo	Rango
FPU	42,42	9,20	22,06	42,97	62,70	40,64

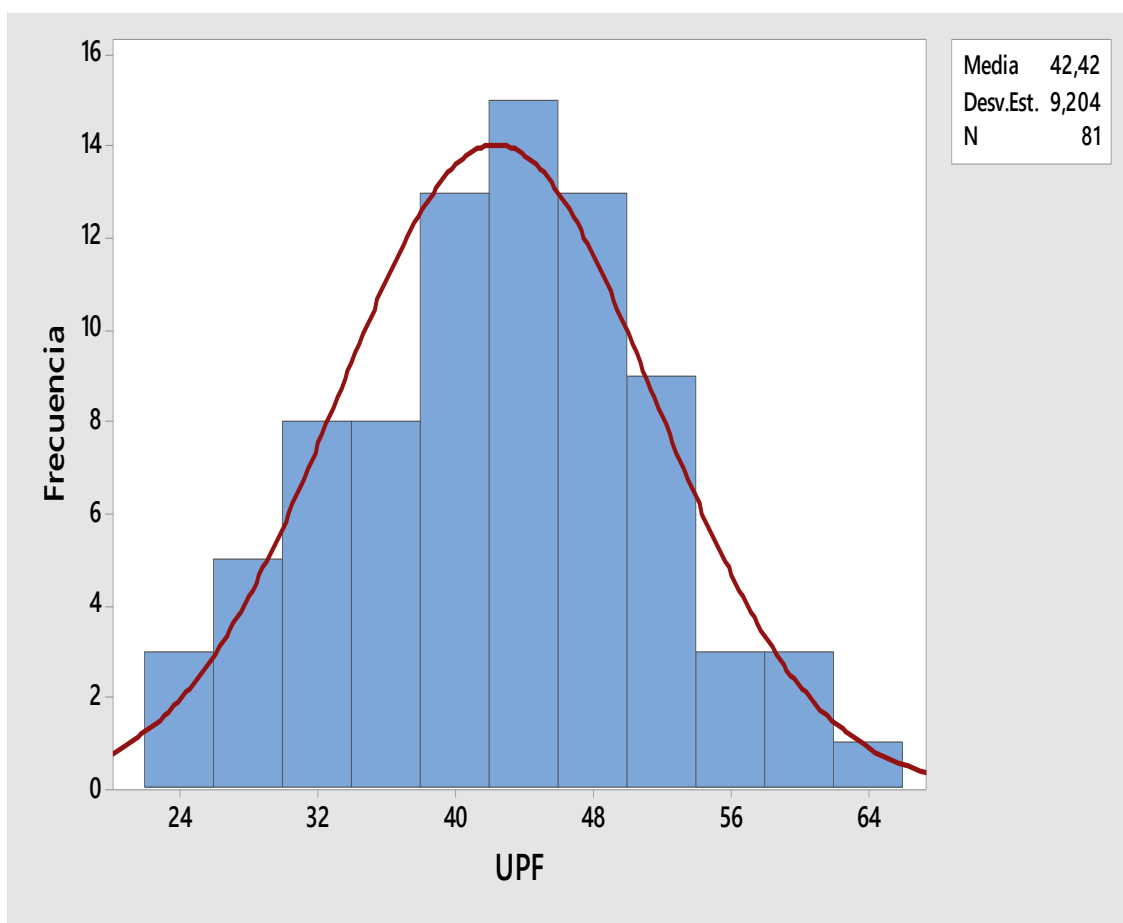
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos experimentales.

Como se observa en la Tabla 12, el valor promedio del Factor de Protección Ultravioleta (FPU) fue de 42,42 y la mediana de 42,97. Asimismo, el valor mínimo registrado fue de 22,06 y el máximo de 62,70, evidenciando un rango de 40,64 unidades entre ambos extremos.

La desviación estándar fue de 9,20, lo que evidencia variabilidad en los valores de FPU obtenidos para las diferentes combinaciones de fibra, gramaje, espesor y color evaluadas en el estudio.

Figura 23

Histograma (con curva normal) de FPU

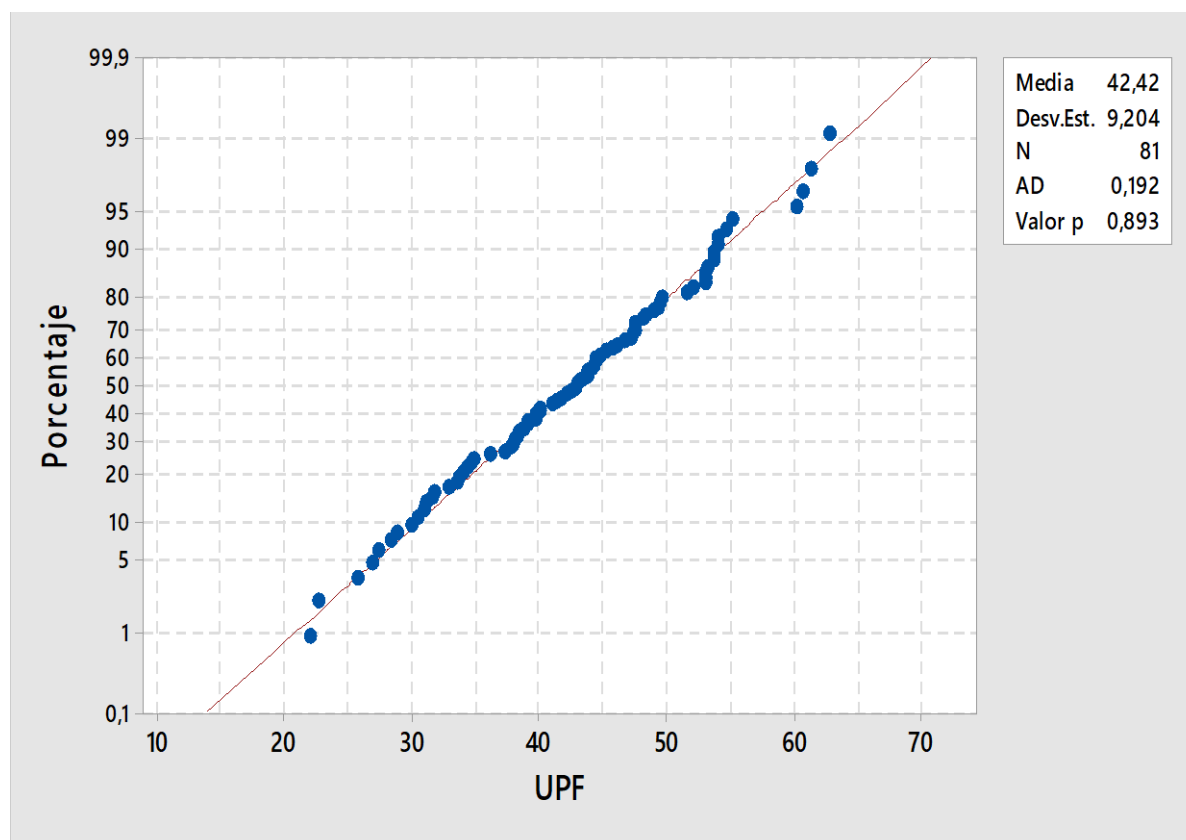


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos experimentales.

La figura 23 presenta el histograma del Factor de Protección Ultravioleta (FPU) de las muestras analizadas, acompañado de una curva de distribución normal ajustada. Se observa que los valores de FPU presentan distribución aproximadamente simétrica, concentrándose principalmente alrededor de la media de 42,42, con una desviación estándar de 9,204, lo que indica una dispersión moderada de los datos.

Asimismo, la forma del histograma evidencia un comportamiento cercano a una distribución normal, debido a la similitud observada entre la distribución de frecuencias de los datos y la curva teórica ajustada. La mayor concentración de observaciones se encuentra en valores de FPU próximos a la media, mientras que las frecuencias disminuyen progresivamente hacia los extremos de la distribución.

Figura 24
Gráfica de probabilidad de FPU



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos experimentales.

La Figura 24 muestra la gráfica de probabilidad normal del Factor de Protección Ultravioleta (FPU), utilizada para evaluar el supuesto de normalidad de los datos. Se observa que la mayoría de las observaciones se distribuyen próximas a la línea de referencia teórica, lo que evidencia un comportamiento consistente con una distribución normal.

Asimismo, la prueba de normalidad reportó un valor de $p = 0,893$, superior al nivel de significancia de 0,05. Por lo tanto, no existen evidencias estadísticas suficientes para rechazar la hipótesis de normalidad de los datos. Del mismo modo, el estadístico de Anderson-Darling ($AD = 0,192$) indica un adecuado ajuste de las observaciones a una distribución normal.

En consecuencia, se verificó el cumplimiento del supuesto de normalidad, permitiendo la aplicación de técnicas estadísticas paramétricas para el análisis de la influencia del tipo de fibra, gramaje, espesor y color sobre el Factor de Protección Ultravioleta (FPU).

Tabla 13

Resultados de estadística descriptiva por cada tipo de fibra

Variable	Fibra	Media	Desv.Est.	Mínimo	Mediana	Máximo	Rango
FPU	Alpaca	42,20	8,72	25,75	43,69	61,22	35,47
	Oveja	37,76	8,46	22,06	38,71	54,56	32,50
	Vicuña	47,29	8,13	30,99	47,55	62,70	31,71

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos experimentales.

La Tabla 13 presenta los estadísticos descriptivos del Factor de Protección Ultravioleta (FPU) para los sombreros de fieltro elaborados con fibras de alpaca, oveja y vicuña. Se muestran los valores de media, desviación estándar, mínimo, mediana, máximo y rango para cada tipo de fibra evaluada

La fibra de vicuña presentó el mayor FPU promedio (47,29), seguida por la alpaca (42,20) y la oveja (37,76). Asimismo, la mediana más alta correspondió a la vicuña (47,55), lo que evidencia una mayor tendencia central de los valores de FPU en comparación con las demás fibras.

La desviación estándar fue similar entre los tres tipos de fibra, con valores comprendidos entre 8,13 y 8,72. La fibra de alpaca presentó la mayor desviación estándar (8,72), mientras que la vicuña registró la menor (8,13), evidenciando una dispersión ligeramente menor de los valores de FPU en esta última.

La fibra de alpaca presentó el mayor rango (35,47), lo que indica una mayor amplitud de variación en los valores de FPU. Por otro lado, la fibra de oveja registró el menor valor mínimo (22,06), mientras que la vicuña presentó el rango más bajo (31,71), evidenciando una mayor consistencia de sus valores en comparación con las demás fibras.

Tabla 14

Resultados del ANOVA de Factores Múltiples para el FPU en sombreros de fieltro

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Fibra	2	1227,0	613,50	165,49	0,000
Gramaje (g/m ²)	2	1124,5	562,24	151,67	0,000
Espesor (mm)	2	2919,9	1459,94	393,83	0,000
Color	2	1239,1	619,55	167,13	0,000
Error	72	266,9	3,71		
Total	80	6777,4			

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos experimentales.

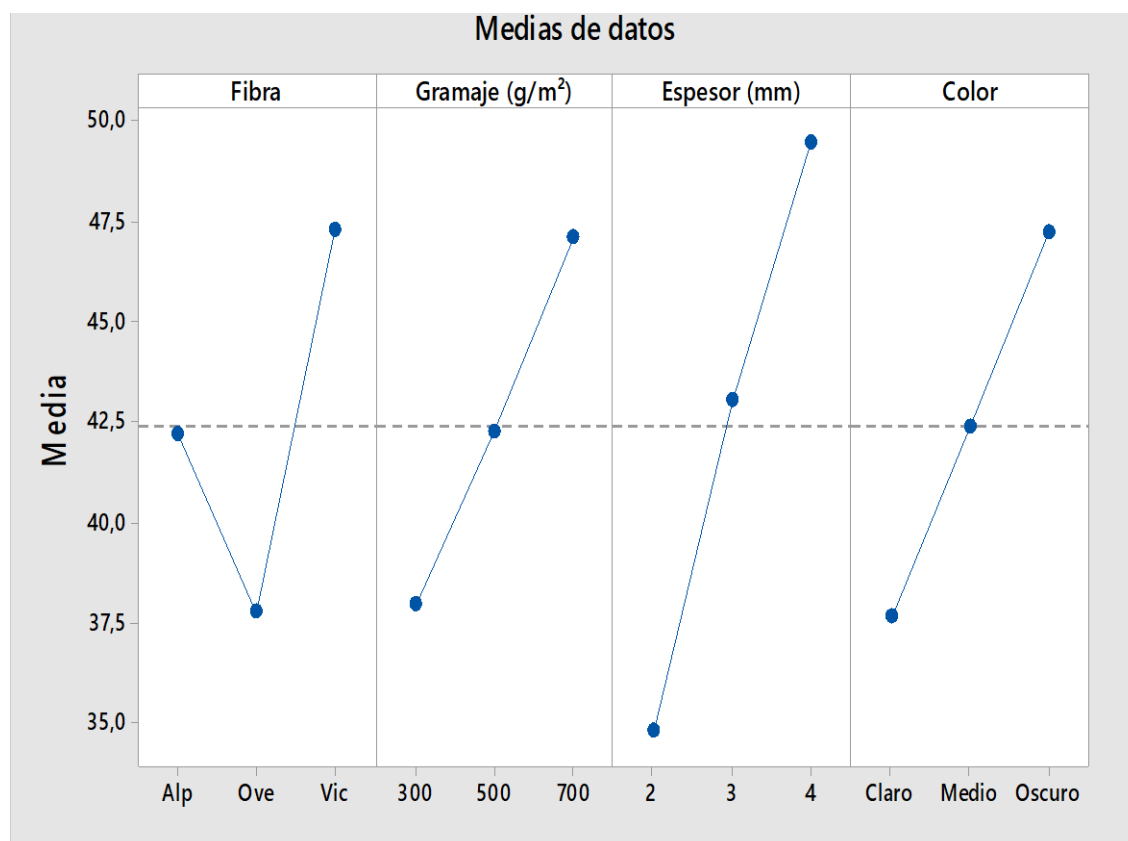
La Tabla 14 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) multifactorial realizado para evaluar la influencia del tipo de fibra, gramaje, espesor y color sobre el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) de los sombreros de fieltro.

Los resultados muestran que todos los factores evaluados ejercieron un efecto estadísticamente significativo sobre el FPU ($p < 0,001$). El espesor presentó el mayor valor de F (393,83), seguido por el color (167,13), la fibra (165,49) y el gramaje (151,67), lo que indica que el espesor fue el factor con mayor influencia sobre la variabilidad del FPU.

Estos resultados evidencian que las diferencias observadas en los niveles de protección ultravioleta no se deben al azar, sino a la influencia de las características físicas y estructurales de los sombreros evaluados.

Figura 25

Gráfica de efectos principales para FPU



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos experimentales.

La Figura 25 presenta los efectos principales de los factores evaluados sobre el Factor de Protección Ultravioleta (FPU). Se observa que los valores de FPU varían según el tipo de fibra, gramaje, espesor y color del fieltro.

En relación con el tipo de fibra, la vicuña presentó el mayor valor promedio de FPU, seguida por la alpaca y la oveja. Respecto al gramaje, se observa un incremento progresivo del FPU conforme aumenta el gramaje de 300 a 700 g/m².

En cuanto al color, los tonos oscuros presentaron los mayores valores promedio de FPU, seguidos por los colores medios y claros.

4.2. Factor de protección ultravioleta del fieltro de alpaca

Tabla 15

Análisis de varianza (fieltro de alpaca)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	18	1953,75	108,542	41,12	0,000
Lineal	6	1900,98	316,830	120,03	0,000
Gramaje	2	433,60	216,801	82,14	0,000
Espesor	2	1025,70	512,848	194,29	0,000
Color	2	441,68	220,841	83,67	0,000
Interacciones de 2 términos	12	52,77	4,397	1,67	0,239
Gramaje*Espesor	4	10,60	2,651	1,00	0,459
Gramaje*Color	4	32,57	8,144	3,09	0,082
Espesor*Color	4	9,59	2,397	0,91	0,503
Error	8	21,12	2,640		
Total	26	1974,87			

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos experimentales.

La Tabla 15 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) multifactorial realizado para evaluar el efecto del gramaje, espesor y color sobre el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) del fieltro de alpaca.

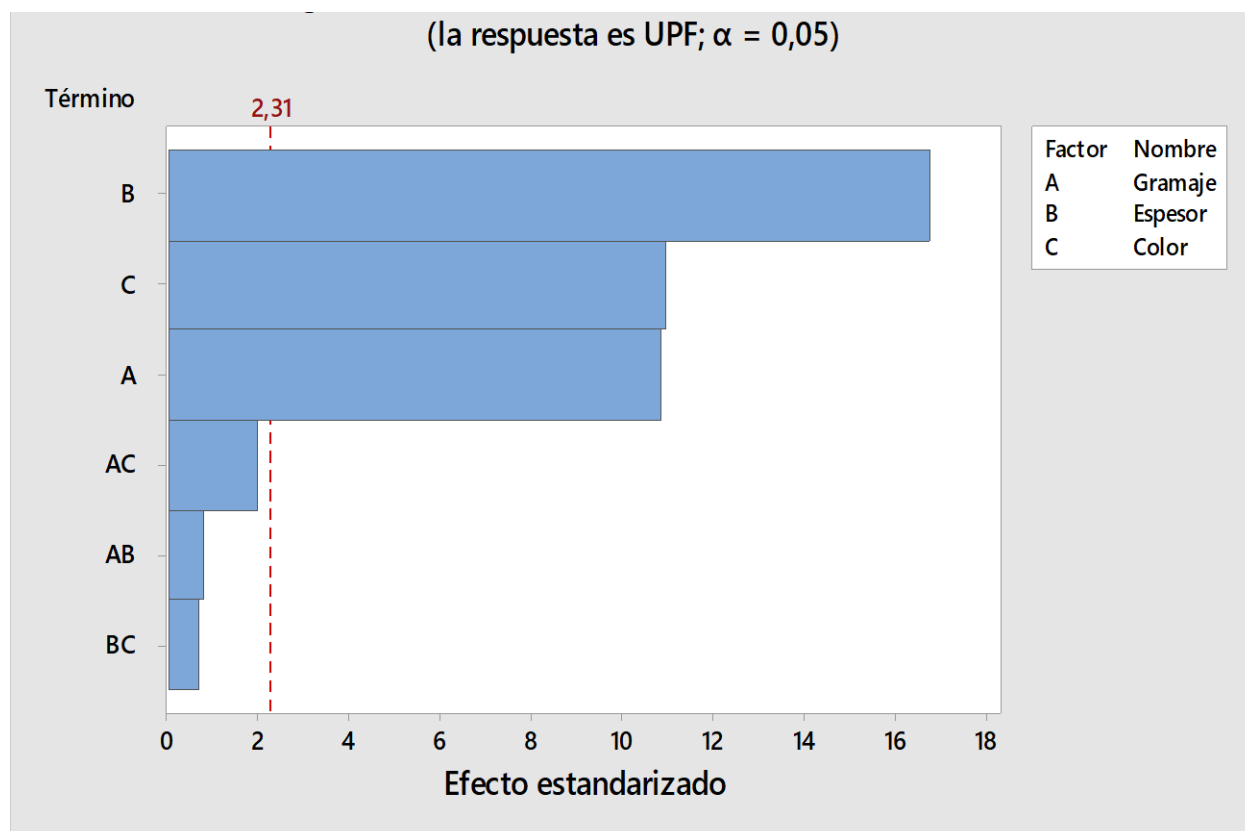
Los resultados muestran que el gramaje, el espesor y el color ejercieron un efecto estadísticamente significativo sobre el FPU ($p < 0,001$). Entre estos factores, el espesor registró el mayor valor de F (194,29), seguido por el color (83,67) y el gramaje (82,14).

Por otro lado, las interacciones gramaje $\times$ espesor ($p = 0,459$), gramaje $\times$ color ($p = 0,082$) y espesor $\times$ color ($p = 0,503$) no presentaron efectos estadísticamente significativos ($p > 0,05$), indicando que los factores evaluados actuaron de manera independiente sobre el FPU.

Asimismo, el modelo general resultó estadísticamente significativo ($p < 0,001$), evidenciando que los factores evaluados contribuyen significativamente a explicar la variabilidad observada en el FPU del fieltro de alpaca.

Figura 26

Diagrama de Pareto de efectos estandarizados



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos experimentales.

La Figura 26 presenta el diagrama de Pareto de los efectos estandarizados para el FPU del fieltro de alpaca. Se observa que los factores espesor, color y gramaje superan la línea de referencia correspondiente al nivel de significancia ($\alpha = 0,05$), evidenciando efectos estadísticamente significativos sobre el FPU.

Entre los factores evaluados, el espesor presentó el mayor efecto estandarizado, seguido por el color y el gramaje. Por otro lado, las interacciones gramaje X color, gramaje X espesor y espesor X color no superaron el valor crítico, indicando que no fueron estadísticamente significativas.

4.3. Factor de protección ultravioleta del fieltro de oveja

Tabla 16

Análisis de varianza (fieltro de oveja)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	18	1823,50	101,305	22,98	0,000
Lineal	6	1769,07	294,845	66,88	0,000
Gramaje	2	399,35	199,677	45,30	0,000
Espesor	2	916,77	458,385	103,98	0,000
Color	2	452,95	226,473	51,37	0,000
Interacciones de 2 términos	12	54,43	4,536	1,03	0,500
Gramaje*Espesor	4	5,22	1,306	0,30	0,872
Gramaje*Color	4	29,78	7,446	1,69	0,245
Espesor*Color	4	19,42	4,855	1,10	0,419
Error	8	35,27	4,408		
Total	26	1858,76			

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos experimentales.

La Tabla 16 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) multifactorial realizado para evaluar la influencia del gramaje, espesor y color sobre el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) del fieltro de oveja.

Los resultados muestran que el gramaje, el espesor y el color ejercieron un efecto estadísticamente significativo sobre el FPU ($p < 0,001$). Entre estos factores, el espesor registró el mayor valor de F (103,98), seguido por el color (51,37) y el gramaje (45,30).

Por otro lado, las interacciones gramaje $\times$ espesor ($p = 0,872$), gramaje $\times$ color ($p = 0,245$) y espesor $\times$ color ($p = 0,419$) no presentaron efectos estadísticamente significativos ($p > 0,05$), indicando que los factores evaluados actuaron de manera independiente sobre el FPU.

Asimismo, el modelo general resultó estadísticamente significativo ($p < 0,001$), evidenciando que los factores evaluados contribuyen significativamente a explicar la variabilidad observada en el FPU del fieltro de oveja.

4.4. Factor de protección ultravioleta del fieltro de vicuña

Tabla 17

Análisis de varianza (fieltro de vicuña)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	18	1691,73	93,985	30,07	0,000
Lineal	6	1659,81	276,636	88,52	0,000
Gramaje	2	312,38	156,189	49,98	0,000
Espesor	2	990,91	495,455	158,53	0,000
Color	2	356,52	178,262	57,04	0,000
Interacciones de 2 términos	12	31,92	2,660	0,85	0,613
Gramaje*Espesor	4	4,13	1,033	0,33	0,850
Gramaje*Color	4	9,43	2,358	0,75	0,582
Espesor*Color	4	18,36	4,589	1,47	0,298
Error	8	25,00	3,125		
Total	26	1716,74			

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos experimentales.

La Tabla 17 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) multifactorial realizado para evaluar la influencia del gramaje, espesor y color sobre el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) del fieltro de vicuña.

Los resultados muestran que el gramaje, el espesor y el color ejercieron un efecto estadísticamente significativo sobre el FPU ($p < 0,001$). Entre estos factores, el espesor registró el mayor valor de F (158,53), seguido por el color (57,04) y el gramaje (49,98).

Por otro lado, las interacciones gramaje $\times$ espesor ($p = 0,850$), gramaje $\times$ color ($p = 0,582$) y espesor $\times$ color ($p = 0,298$) no presentaron efectos estadísticamente significativos ($p > 0,05$), indicando que los factores evaluados actuaron de manera independiente sobre el FPU.

Asimismo, el modelo general resultó estadísticamente significativo ($p < 0,001$), evidenciando que los factores evaluados contribuyen significativamente a explicar la variabilidad observada en el FPU del fieltro de vicuña.

4.5. Comparación de los FPU de los fieltros

Tabla 18

Factor de Protección Ultravioleta (FPU) de los diferentes fieltros

Repeticiones	Alpaca	Oveja	Vicuña
1	42,45	39,48	47,08
2	43,76	40,31	48,26
3	42,47	39,18	47,11
4	43,26	40,09	48,06
5	42,69	39,77	47,58
6	42,56	40,02	47,2
Promedio	42,87	39,81	47,55
Desviación	0,53	0,42	0,51

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos experimentales.

Como se observa en la Tabla 18, el fieltro de vicuña presentó el mayor FPU promedio (47,55), seguido por el fieltro de alpaca (42,87) y el fieltro de oveja (39,81).

Estos resultados muestran que el fieltro de vicuña registró los mayores valores promedio de FPU entre los materiales evaluados.

Asimismo, las desviaciones estándar fueron bajas en los tres tipos de fieltro (entre 0,42 y 0,53), evidenciando una baja dispersión de los datos y una adecuada consistencia entre las repeticiones realizadas

Tabla 19

Análisis de varianza para el FPU

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Valor F crítico
Factor	2	182,369	91,1844	380,90	0,000	3,682
Error	15	3,591	0,2394			
Total	17	185,960				
Coefficiente de variación (%)			1,13			

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos experimentales.

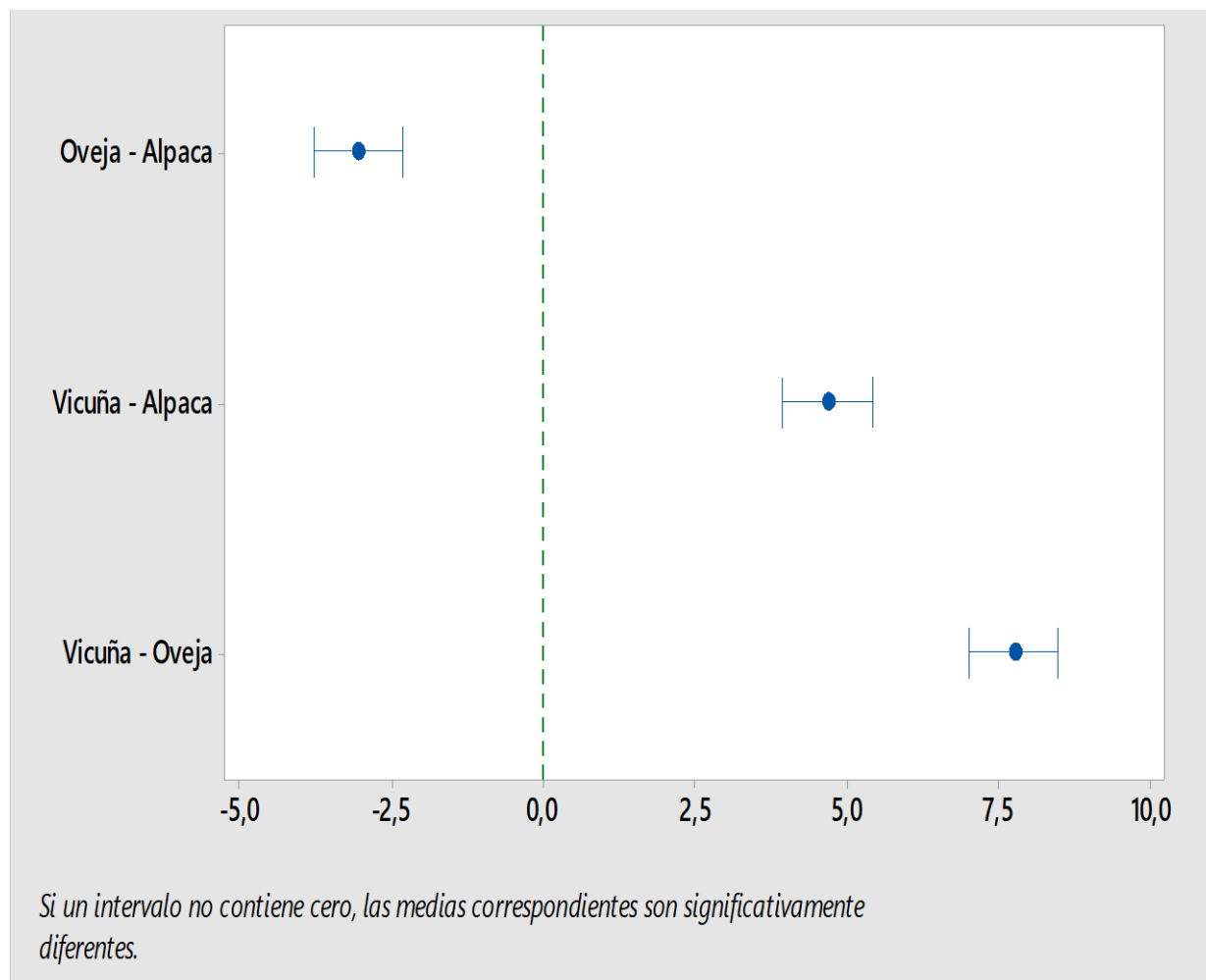
La Tabla 19 presenta los resultados del análisis de varianza realizado para comparar el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) entre los fieltros de alpaca, oveja y vicuña.

Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de fibra evaluados ($F = 380,90$; $p < 0,001$), evidenciando que el tipo de fibra influye significativamente sobre el FPU.

El coeficiente de variación fue de 1,13 %, lo que indica una baja dispersión de los datos y una adecuada consistencia de las mediciones realizadas.

Figura 27

Comparación de medias del FPU entre tipos de fibra mediante intervalos de confianza de Tukey (95 %)



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos experimentales.

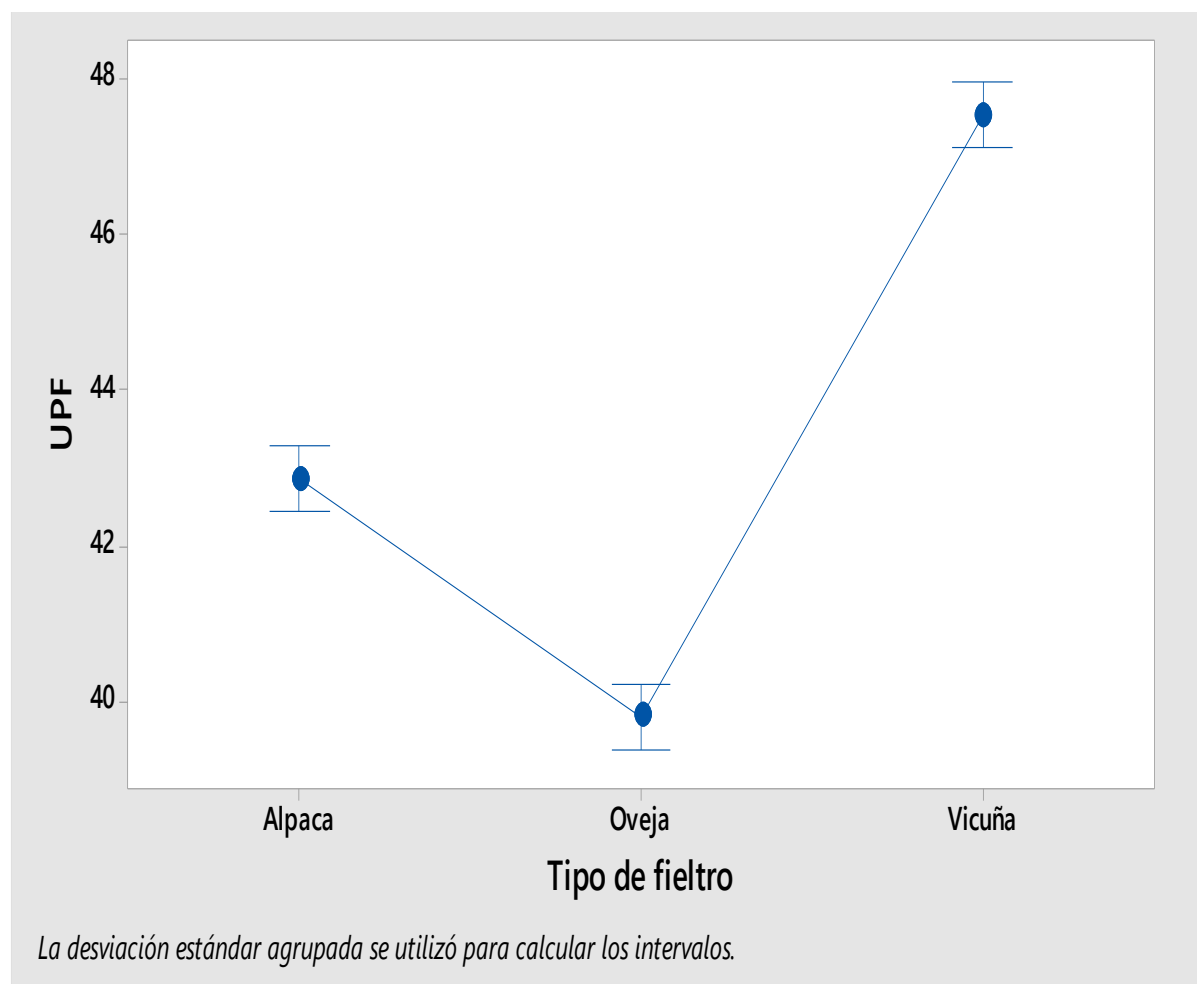
La Figura 27 presenta la comparación de medias del Factor de Protección Ultravioleta (FPU) entre los fieltros de alpaca, oveja y vicuña mediante intervalos de confianza de Tukey al 95 %.

Se observa que ninguno de los intervalos de confianza incluye el valor cero, lo que indica diferencias estadísticamente significativas entre todas las combinaciones de tipos de fibra evaluadas. Por tanto, los valores medios de FPU difieren significativamente entre los fieltros de alpaca, oveja y vicuña.

Asimismo, los resultados muestran que el fieltro de vicuña presentó el mayor valor promedio de FPU, seguido por el fieltro de alpaca, mientras que el fieltro de oveja registró el menor valor promedio. Estos resultados confirman la existencia de diferencias significativas entre los tres tipos de fibra evaluados.

Figura 28

Comparación del FPU entre distintos tipos de fibra con intervalos de confianza del 95 %



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos experimentales.

La Figura 28 presenta la comparación de los valores promedio de FPU entre los fieltros de alpaca, oveja y vicuña mediante intervalos de confianza al 95 %. Se observa que el fieltro de vicuña registró el mayor valor promedio de FPU, seguido por el fieltro de alpaca y el fieltro de oveja.

4.6. Discusión de Resultados

Los resultados obtenidos permitieron confirmar la hipótesis general de la investigación, demostrando que el tipo de fibra, el gramaje, el espesor y el color del fieltro influyen significativamente en el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) de los sombreros elaborados con fibras de vicuña, alpaca y oveja. Asimismo, el análisis multifactorial evidenció que el espesor constituye el factor de mayor influencia sobre la capacidad de protección ultravioleta, seguido por el color y el gramaje, observándose además diferencias significativas entre los tipos de fibra evaluados. Estos resultados evidencian que las características físicas y estructurales del fieltro desempeñan un papel fundamental en la reducción de la transmisión de radiación ultravioleta y en la mejora de la capacidad protectora de los sombreros elaborados con fibras naturales.

4.6.1. Influencia del tipo de fibra sobre el factor de protección ultravioleta

En cuanto al tipo de fibra, la prueba de comparación múltiple de Tukey evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los sombreros elaborados con fibras de vicuña, alpaca y oveja. Los resultados mostraron que la fibra de vicuña presentó el mayor valor promedio de FPU (47,55), seguida por la fibra de alpaca (42,87) y la fibra de oveja (39,81).

Este comportamiento puede estar relacionado con las propiedades físicas y estructurales propias de las fibras naturales utilizadas, particularmente la finura, diámetro y capacidad de compactación durante el proceso de afieltrado. La fibra de vicuña se caracteriza por presentar uno de los diámetros más finos entre las fibras animales naturales, favoreciendo la formación de estructuras más compactas y menos permeables a la radiación ultravioleta. Por su parte, la fibra de alpaca posee propiedades textiles que favorecen la obtención de materiales de alta calidad, mientras que la fibra de oveja, aunque presentó adecuados niveles de protección UV, registró los menores valores promedio de FPU entre las fibras evaluadas.

Los resultados obtenidos guardan relación con lo señalado por Huebla y Rea (2019), quienes destacan las propiedades físicas de la fibra de alpaca para aplicaciones textiles de alta calidad. Del mismo modo, Palacios y Urgiléz (2020) indican que tanto la fibra de alpaca como la lana de oveja presentan características favorables para la elaboración de fieltros con distintos niveles de compactación y densidad. En el caso de la fibra de vicuña, su elevada finura podría explicar los mayores valores de FPU observados en esta investigación.

Asimismo, Angamarca (2017) demostró que el proceso de afieltrado permite obtener materiales compactos y estructuralmente estables, condición que contribuye significativamente al incremento de la protección ultravioleta.

En consecuencia, los resultados obtenidos sugieren que las diferencias observadas entre los tipos de fibra no solo dependen de las características intrínsecas de cada material, sino también de su comportamiento durante el proceso de afieltrado y de la estructura final alcanzada por el fieltro, factores que influyen directamente en la capacidad de protección frente a la radiación ultravioleta.

4.6.2. Influencia del gramaje sobre el factor de protección ultravioleta

Con respecto al gramaje, los resultados evidenciaron que los materiales con mayor masa por unidad de superficie presentaron mayores niveles de protección ultravioleta. Este comportamiento puede atribuirse a una mayor densidad de fibras y una menor cantidad de espacios vacíos dentro de la estructura del fieltro, lo que limita el paso de la radiación ultravioleta.

Desde una perspectiva textil, el gramaje representa la masa del material por unidad de superficie, por lo que un mayor gramaje generalmente está asociado con una estructura más compacta y con menor porosidad. En consecuencia, la radiación ultravioleta encuentra una mayor resistencia para atravesar el material, incrementándose la capacidad de absorción y dispersión de los rayos UV.

Los resultados obtenidos son consistentes con lo reportado por Romero (2012), quien encontró que los textiles con gramajes superiores presentan mejores niveles de protección frente a la radiación ultravioleta. De manera similar, Algaba (2005) señala que

el incremento de la densidad y cobertura superficial del tejido favorece la reducción de la radiación transmitida. En consecuencia, el gramaje constituye un parámetro estructural relevante para optimizar la capacidad de protección ultravioleta de los sombreros elaborados con fibras naturales.

4.6.3. Influencia del espesor sobre el factor de protección ultravioleta

El espesor del fieltro constituye el factor de mayor influencia sobre el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) en los sombreros elaborados con fibras de vicuña, alpaca y oveja. El incremento de esta variable favorece la reducción de la transmitancia de radiación ultravioleta través de la estructura textil, incrementando los niveles de protección frente a la exposición solar.

Desde un punto de vista físico, este comportamiento puede explicarse porque un mayor espesor genera una barrera textil más densa, dificultando el paso de la radiación ultravioleta a través del material. El incremento del grosor favorece una mayor absorción, dispersión y reflexión interna de la radiación, disminuyendo significativamente la cantidad de rayos UV que atraviesan el sombrero. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Algaba (2005), quien concluyó que el espesor y la cobertura textil constituyen variables determinantes para reducir la transmitancia ultravioleta. Asimismo, Bernhard et al. (2021) demostraron que la compactación estructural de los textiles disminuye la porosidad del material e incrementa significativamente los niveles de protección UV.

En la presente investigación se observó que los sombreros elaborados con fibras de alpaca y vicuña alcanzaron elevados niveles de protección ultravioleta con espesores de 3 mm, mientras que en los sombreros de oveja el mejor desempeño protector se obtuvo con espesores de 4 mm. Estos resultados sugieren que el efecto protector del espesor también depende de las características propias de cada fibra, tales como su finura, densidad y capacidad de compactación durante el proceso de afieltrado. En consecuencia, el espesor constituye una de las estrategias más efectivas para optimizar la protección ultravioleta en materiales afieltrados.

4.6.4. Influencia del color sobre el factor de protección ultravioleta

En relación con el color del fieltro, se observó que los colores oscuros alcanzaron valores de FPU superiores a los registrados en los colores claros. Este comportamiento puede atribuirse a la mayor capacidad de absorción de radiación ultravioleta por parte de los pigmentos oscuros, disminuyendo la cantidad de energía que atraviesa el material.

Los hallazgos obtenidos concuerdan con lo reportado por Romero (2012), quien señaló que los textiles de colores oscuros presentan niveles de protección ultravioleta significativamente mayores que aquellos de tonalidades claras. De manera similar, Saha et al. (2024) indican que la coloración constituye uno de los factores más importantes en el desempeño protector de los materiales textiles frente a la radiación UV.

En el presente estudio, el color negro en sombreros de alpaca presentó los mayores valores de FPU, mientras que en los sombreros de vicuña el color marrón oscuro mostró el mejor desempeño protector. De manera similar, en los sombreros de oveja el color gris alcanzó niveles de protección superiores respecto a los tonos más claros. Estos resultados sugieren que la tonalidad del material constituye un factor importante en la eficiencia de protección solar, independientemente del tipo de fibra utilizada. Por tanto, la influencia observada en el presente estudio reafirma la importancia del color como variable funcional en el diseño de productos textiles destinados a la protección solar.

4.6.5. Comparación del nivel de protección ultravioleta entre los sombreros de fieltro de vicuña, alpaca

La comparación entre los diferentes tipos de fibra evidenció que el fieltro de vicuña presentó el mayor valor promedio de Factor de Protección Ultravioleta (FPU = 47,55), seguido por el fieltro de alpaca (FPU = 42,87) y el fieltro de oveja (FPU = 39,81). La prueba de comparación múltiple de Tukey confirmó que estas diferencias fueron estadísticamente significativas, demostrando que cada tipo de fibra presenta un comportamiento diferenciado respecto a la protección frente a la radiación ultravioleta.

Las diferencias observadas pueden atribuirse a las características físicas y estructurales propias de cada fibra. La fibra de vicuña posee uno de los diámetros más finos entre las fibras animales naturales, favoreciendo la formación de estructuras más compactas durante el proceso de afieltrado y reduciendo la transmisión de radiación ultravioleta. Por su parte, la fibra de alpaca presentó niveles intermedios de protección, mientras que la fibra de oveja registró los menores valores promedio de FPU entre las fibras evaluadas, aunque mantuvo niveles de protección clasificados dentro de las categorías de protección recomendadas para textiles protectores

Estos resultados guardan relación con lo señalado por Huebla y Rea (2019), quienes destacan las propiedades físicas de la fibra de alpaca para aplicaciones textiles de alta calidad. Del mismo modo, Palacios y Urgiléz (2020) indican que tanto la fibra de alpaca como la lana de oveja presentan características favorables para la elaboración de fieltros con distintos niveles de compactación y densidad. Asimismo, Angamarca (2017) demostró que el proceso de afieltrado influye significativamente en la estructura final del material y, por consiguiente, en su capacidad de protección ultravioleta.

Por otro lado, los resultados obtenidos muestran que la mayoría de las combinaciones evaluadas alcanzaron niveles de protección clasificados como "muy buena protección UV" y "excelente protección UV", de acuerdo con los criterios internacionales de clasificación de textiles protectores. Este hallazgo adquiere especial relevancia para la región Ayacucho, donde los elevados índices de radiación ultravioleta representan un riesgo permanente para la salud de la población. En este contexto, los sombreros elaborados con fibras naturales constituyen una alternativa eficaz para reducir la exposición a la radiación solar y complementar las medidas de protección recomendadas por los organismos de salud pública, especialmente en zonas altoandinas donde la exposición a radiación ultravioleta es elevada durante gran parte del año.

4.6.6. Influencia del proceso de afieltrado sobre la protección ultravioleta

Los resultados obtenidos también guardan relación con lo reportado por Angamarca (2017), quien demostró que el proceso de afieltrado permite obtener materiales compactos y estructuralmente estables. De manera similar, Palacios y Urgiléz (2020) concluyeron que el grado de compactación alcanzado durante el afieltrado influye directamente en las propiedades finales del material textil. En consecuencia, la elevada protección ultravioleta observada en los sombreros evaluados podría estar asociada no solo al tipo de fibra utilizada, sino también al nivel de compactación alcanzado durante la fabricación del fieltro.

Asimismo, la estructura compacta generada durante el proceso de afieltrado reduce los espacios disponibles para el paso de la radiación ultravioleta, favoreciendo una menor transmitancia y una mayor capacidad de protección solar. Estos resultados sugieren que el proceso de fabricación constituye un factor complementario al tipo de fibra, al gramaje, al espesor y al color, contribuyendo de manera importante a la capacidad de protección ultravioleta de los sombreros de fieltro elaborados con fibras naturales.

4.6.7. Relevancia de los resultados para la región Ayacucho

Los resultados muestran que la mayoría de las combinaciones evaluadas alcanzaron niveles de protección clasificados como "muy buena protección UV" y "excelente protección UV", de acuerdo con los criterios internacionales de clasificación textil. Este hallazgo adquiere especial relevancia para la región Ayacucho, donde los elevados índices de radiación ultravioleta representan un riesgo permanente para la salud de la población.

En este contexto, los sombreros elaborados con fibras naturales constituyen una alternativa eficaz para reducir la exposición a la radiación solar y complementar las medidas de protección recomendadas por los organismos de salud pública. La elevada capacidad de protección observada en los sombreros de vicuña, alpaca y oveja demuestra el potencial de estos materiales para contribuir a reducir la exposición a la radiación ultravioleta y fortalecer las medidas de protección personal frente a la radiación solar.

Por otro lado, considerando que gran parte de la población ayacuchana desarrolla actividades agrícolas, ganaderas y comerciales al aire libre, la utilización de sombreros con adecuados niveles de protección ultravioleta puede constituir una medida complementaria de protección personal frente a la radiación solar. En consecuencia, los resultados obtenidos no solo poseen importancia científica, sino también relevancia social y sanitaria para las poblaciones expuestas a elevados niveles de radiación UV en la región Ayacucho.

4.6.8. Implicancia productivas y económicas

Finalmente, los resultados obtenidos aportan evidencia científica que respalda el valor agregado de los sombreros de fieltro elaborados con fibras de vicuña, alpaca y oveja. La demostración de sus propiedades de protección ultravioleta puede contribuir al fortalecimiento de la competitividad de los productores y artesanos de la región Ayacucho, promoviendo el aprovechamiento sostenible de recursos naturales y la valorización de productos textiles elaborados con fibras de origen animal. Asimismo, el empleo del método *in vitro* permitió obtener resultados objetivos y reproducibles para la evaluación del FPU, constituyendo una herramienta adecuada para futuras investigaciones y para el desarrollo de posibles certificaciones relacionadas con la protección ultravioleta en textiles elaborados con fibras naturales.

4.6.9. Síntesis de la discusión

En síntesis, los resultados obtenidos permiten concluir que el espesor, el color, el gramaje y el tipo de fibra son factores determinantes en la capacidad de protección ultravioleta de los sombreros de fieltro. Entre ellos, el espesor fue la variable que ejerció la mayor influencia sobre el FPU, mientras que la fibra de vicuña presentó el mejor desempeño protector. Estos hallazgos confirman la importancia de las características estructurales y físicas del material textil en la reducción de la transmisión de radiación ultravioleta y aportan evidencia científica para el desarrollo de productos textiles naturales con mayores niveles de protección solar.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) de los sombreros de fieltro elaborados con fibras de vicuña, alpaca y oveja está influenciado significativamente por el tipo de fibra, el gramaje, el espesor y el color del material. Entre estos factores, el espesor presentó la mayor influencia sobre el FPU, seguido del color y el gramaje, evidenciando que las características estructurales y físicas del fieltro desempeñan un papel fundamental en la protección frente a la radiación ultravioleta
2. Se concluyó que el color del fieltro influye significativamente en los valores de FPU, observándose que los colores oscuros presentan mayores niveles de protección ultravioleta en comparación con los colores claros, debido a su mayor capacidad de absorción de radiación UV. El color negro en alpaca, marrón oscuro en vicuña y gris en oveja registraron los mayores valores de FPU dentro de cada tipo de fibra evaluada.
3. Se determinó que el espesor del fieltro constituye el factor de mayor influencia sobre la protección ultravioleta, observándose que el incremento del espesor favorece el aumento de los valores de FPU. En los sombreros elaborados con fibras de alpaca y vicuña, un espesor de 3 mm permitió alcanzar niveles de protección clasificados como excelentes, mientras que en los sombreros de oveja el mejor desempeño protector se obtuvo con un espesor de 4 mm.
4. Se concluyó que el gramaje del fieltro influye significativamente en la protección ultravioleta, evidenciándose que el incremento de la masa por unidad de superficie favorece el aumento de los valores de FPU. Los tratamientos con mayores gramajes evaluados presentaron mejores niveles de protección frente a la radiación ultravioleta, debido a una mayor densidad y cobertura de fibras que reducen la transmisión de radiación a través del material.
5. Se determinó que el fieltro de vicuña presentó el mayor valor promedio de FPU (47,55), seguido por el fieltro de alpaca (42,87) y el fieltro de oveja (39,81). La prueba de comparación múltiple de Tukey confirmó diferencias significativas entre los tipos de fibra evaluados, evidenciando que la fibra de vicuña ofrece el mejor desempeño protector frente a la radiación ultravioleta y constituye una alternativa con alto potencial para la elaboración de sombreros de protección solar y valorización comercial en la región Ayacucho.

RECOMENDACIONES

1. A las asociaciones, artesanos y empresas dedicadas a la elaboración de sombreros de fieltro de la región Ayacucho, se recomienda considerar el tipo de fibra, el espesor, el gramaje y el color del material como criterios técnicos de fabricación, priorizando aquellas combinaciones que permitan optimizar el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) y mejorar la calidad de los productos ofertados.
2. Al Gobierno Regional de Ayacucho y a las entidades vinculadas al desarrollo productivo, se recomienda promover programas de fortalecimiento técnico y asistencia especializada orientados a productores y asociaciones textiles, incentivando la elaboración de sombreros de fieltro con propiedades de protección ultravioleta verificadas, con la finalidad de incrementar su valor agregado y competitividad en los mercados regionales y nacionales.
3. A los productores y fabricantes de sombreros elaborados con fibras naturales, se recomienda priorizar el uso de colores oscuros, espesores adecuados y materiales con mejores propiedades protectoras, considerando que estos factores demostraron una influencia significativa en el incremento de los valores de FPU y en la reducción de la transmisión de radiación ultravioleta.
4. A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y a futuras investigaciones, se recomienda ampliar el estudio incorporando variables adicionales como densidad de fibra, porosidad, tratamientos de acabado, resistencia térmica y durabilidad del material, así como evaluar el comportamiento de los sombreros bajo condiciones reales de exposición solar en diferentes zonas altoandinas del país.
5. A los gobiernos locales, instituciones educativas y entidades vinculadas a la salud pública de la región Ayacucho, se recomienda promover campañas de sensibilización sobre la importancia del uso de prendas con protección ultravioleta, especialmente en poblaciones expuestas a elevados niveles de radiación solar, fomentando el uso de sombreros con características técnicas que garanticen una mayor protección frente a la radiación ultravioleta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, S. (2018). *Radiación ultravioleta en Arequipa 2016 - 2017*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.
- Agraria.pe. (10 de Febrero de 2023). *Perú es el principal productor de camélidos sudamericanos del mundo con más de 5 millones de cabezas*. Obtenido de Agraria.pe: <https://agraria.pe/noticias/peru-es-el-principal-productor-de-camelidos-sudamericanos-de-30808>
- Aguilar, M. (2012). *Esquila y categorización de fibra de alpaca. Manual práctico*. Arequipa: Programa Regional Sur DESCO. Obtenido de <https://www.descosur.org.pe/wp-content/uploads/2014/12/Manual007.pdf>
- Angamarca Cuasqui, J. A. (2017). *Investigación y desarrollo de un material no tejido a partir del enfieltro de algodón y pelos caninos para su aplicación en sombreros para dama* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional de la Universidad Técnica del Norte. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7286>
- Aitex. (13 de Marzo de 2018). *Aitex.es*. Obtenido de Certificado etiqueta UV Standard 801: <https://www.aitex.es/certificado-etiqueta-ultravioleta-uv-standard/#:~:text=La%20etiqueta%20UV%20STANDARD%20801%20es%20un%20sistema%20independiente%20de,protegen%20contra%20los%20rayos%20ultra violeta.>
- Algaba, I. (12 de Febrero de 2016). *Determinación in vitro del factor de protección ultravioleta proporcionada por los textiles*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2019, de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/2724/7DETERMINACION.pdf>
- Alpacas del Perú. (16 de Agosto de 2024). *Infoalpacas.com*. Obtenido de Tendencias de moda sostenible: la alpaca como fibra estrella: <https://infoalpacas.com.pe/tendencias-de-moda-sostenible-la-alpaca-como-fibra-estrella/>
- Alvarez, J. M. (2013). *Manual de compostaje para agricultura Ecológica*. Consejería de agricultura y pesca. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/311789650_Manual_de_compostaje_para_Agricultura_Ecologica
- Amestoy, J. A. (2013). *El Planeta Tierra en peligro: calentamiento global, cambio climático, soluciones*. Alicante: Editorial Club Universitario.
- APN. (11 de Junio de 2023). *Chaccu: ¿Qué es esta práctica ancestral y cómo contribuye a la conservación de la vicuña?* Obtenido de Andina.pe:

<https://andina.pe/agencia/noticia-chaccu-es-esta-practica-ancestral-y-como-contribuye-a-conservacion-de-vicuna-898413.aspx>

- Arteaga, G. (19 de Octubre de 2020). *Testsiteforme*. Obtenido de ¿Qué es el análisis de datos? Métodos, técnicas y herramientas: <https://www.testsiteforme.com/tecnica-de-procesamiento-y-analisis-de-datos/>
- AS/NZS 4399:1996. (1998). *Sun protective clothing–Evaluation and classification*. Standards Australia/standards New Zealand. Obtenido de <https://www.saiglobal.com/pdftemp/previews/osh/as/as4000/4300/4399.pdf>
- ATC. (18 de Junio de 2018). *Members.aatcc.org*. Obtenido de TM183-TM 183 Transmitancia o bloqueo de la radiación UV a través de la tela: <https://members.aatcc.org/store/tm183/579/>
- Ávila, P. A. (2024). Greenwashing: su impacto en el derecho de marcas, derecho de consumo y responsabilidad corporativa. *La Propiedad Inmaterial*(39), 185–213. doi:<https://doi.org/10.18601/16571959.n39.07>
- Baldo, J., Arzamendia, Y., & Vilá, B. (2013). *La vicuña. Manual para su conservación y uso sustentable*. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas-CONICET. Obtenido de https://www.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/2014/04/La-vicu%C3%B1a.-Manual-para-su-conservaci%C3%B3n-y-uso-sustentable_CONICET.pdf
- Barra, R. (2 de Octubre de 2024). Analysis of Market Trends and Competitiveness of the Camelid Livestock Value Chain in the North of Chile [Análisis de Tendencias de Mercado y Competitividad de la Cadena de Valor de la Ganadería de Camélidos en el Norte de Chile]. *Preprints.org*, 11-19. doi:<https://www.preprints.org/manuscript/202410.0196/v1>
- Bautista, E., & Taipei, G. (2017). Exposición de riesgo a la radiación solar, como factor al cáncer de piel, en escolares de la Institución Educativa Pública N° 38015/MX-P, Vïergen del Carmen Ranca Ayacucho 2016. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Bernhard, G., Wengraitis, S., Moise, A. F., & Barnes, P. W. (2021). *Improving the ultraviolet protection factor of textiles through mechanical surface modification using calendering*. *Textile Research Journal*, 92(11–12), 1884–1894. <https://doi.org/10.1177/00405175211046624>
- Campos, J. (2017). *Desarrollo de un nuevo método para la determinación del FPU de los tejidos [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Valencia]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/86210>
- Cedavida. (2014). *Fortalecimiento comercial y productivo de las comunidades artesanales del departamento de Boyacá*. Boyacá: Cedavida.

- Chamorro, L., Esparza, W., & Jaramillo, B. (15 de Julio de 2024). Análisis de la resistencia a la tracción y elongación del no tejido de lana de oveja para elaborar sombreros de fieltro. *Innovation and Development in Engineering and Applied Science - IDEAS*, 6(2), 1-13. Obtenido de <http://doi.org/10.53358/ideas.v6i2.961>
- Chicaiza, W. G., Marcalla, P. J., & Yumisaca, L. M. (6 de Octubre de 2022). Production of Sports T-Shirts from Pet Bottles to Reduce Pollution in the Parish of Nayón, Quito [Producción de Playeras Deportivas a Partir de Botellas de Pet para Reducir la Contaminación en la Parroquia de Nayón, Quito]. *KneOpen*, 2(6), 1602 - 1615. doi:10.18502/epoch.v2i6.12221
- Chien, A., & Jacobe, H. (Junio de 2019). *www.skincancer.org*. Recuperado el 2 de Diciembre de 2019, de <https://www.skincancer.org/risk-factors/uv-radiation/>
- Contreras, S. T., & Romero, I. B. (2019). *Perfil de mercado de la fibra de vicuña*. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/419833/nota-tecnica-perfil_de_la_fibra_de_vicun%CC%83a.pdf
- Copara, C. M. (2017). *Aprovechamiento de las fibras de alpaca y oveja para accesorios de moda para mujeres de 20 a 35 años [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]*. Repositorio Institucional, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/items/b86590da-569b-4fb8-97bb-6eb9b89a3d7b>
- corporativo. (20 de mayo de 2022). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Radiación ultravioleta: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ultraviolet-radiation>
- Díaz, B., Larios, R. P., Hernández, W., Chávez, R., Gálvez, C. A., Condori, A., & Huanca, T. (04 de Diciembre de 2020). Diagnóstico del proceso artesanal de producción de hilo de fibra de alpaca en Puno, Perú. *Ingeniería Industrial*(40), 145-169. doi:<https://doi.org/10.26439/ing.ind2021.n40.5149>
- Dobbinson, S. J., Buller, D. B., Simmons, J., & Klein Buller, M. (2022). Solar UV measured under built-shade in public parks: Findings from a randomized trial in Denver and Melbourne [Radiación UV solar medida bajo sombra construida en parques públicos: Resultados de un ensayo aleatorizado en Denver y Melbourne]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10583. Obtenido de <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/17/10583>
- Echaiz, C. A. (2018). *Taller de tesis*. Lima: Instituto para la calidad de la educación. Obtenido de <https://www.usmp.edu.pe/iced/instituto/organizacion/contenido-web/de5-taller%20-tesis-l.pdf>
- EEA . (2017). *Esquila de ovinos*. Huancayo: Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. Obtenido de <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/84>

- Febres, E. (2015). *Caracterización de polos como medios de protección contra la radiación solar UV en una empresa pecuaria*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Feldtmann. (18 de Junio de 2020). *Feldtmann.de*. Obtenido de Protección UV: <https://www.feldtmann.de/en/Garments/UV-Protection/KOLJA-CAP-WITH-NECK-PROTECTION.html>
- Fieito.com. (9 de Diciembre de 2022). *Lana de oveja: todo sobre sus características, beneficios y usos*. Obtenido de Fieito.com: <https://fieito.com/lana-de-oveja-todo-sobre-sus-caracteristicas-beneficios-y-usos/>
- Gallegos, V. A. (2021). *Análisis turístico del Festival Ecoturístico Chaccu de vicuñas en la Provincia de Lucanas, Ayacucho, 2021 [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/70338/Gallegos_PVA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- García, C., & Pérez, D. (2023). Promoviendo estilos de vida sostenibles a través de biohuertos escolares. *Educación ambiental*, 15(3), 301-315.
- Gelabert, L., & Fernández, M. (16 de Junio de 2020). *Instituto Nacional de Tecnología Industrial*. Obtenido de Ensayo de Factor de Protección UV (FPU) en materiales textiles: <https://www.argentina.gob.ar/inti/servicios-inti/ensayo-de-factor-de-proteccion-uv-fpu-en-materiales-textiles>
- GRA. (30 de Mayo de 2011). Ordenanza Regional N° 012-2011-GRAICR. Ayacucho, Huamanga, Perú: Gobierno Regional de Ayacucho.
- Hernández, R. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. España: McGraw-Hill Interamericana.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Hohenstein. (11 de Enero de 2019). *Estandar UV 801*. Obtenido de Protección UV certificada- UV STANDARD 801: <https://www.hohenstein.lat/es/confianza/uv-standard-801>
- Hohenstein. (13 de Mayo de 2021). *Hohenstein.com*. Obtenido de Norma americana (AATCC TM 183): <https://uv-protection.hohenstein.com/en/testing-certification/american-standard-aatcc-tm-183>
- Huauya Reymundo, M., Quispe, E. C., Huanca López, T., Calsín, B., & Mamani, F. (2025). Características de la lana de ovinos Corriedale y Merino Alemán criados en condiciones de alta montaña. *Anales Científicos*, 86(1). <https://doi.org/10.21704/ac.v86i1.2226>
- Huarhua Huillcapaniora, M. (2025). Efecto de mordientes en la variación de tonos de color y evaluación de características textiles en lana de ovino y algodón nativo teñidos con

flores de colli (Buddleja coriacea) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. Repositorio Institucional UNAMBA. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMB_75c9c255a1ce505f218bed38db0bd971/Details

Huebla, M., & Rea, P. (2019). *Industrialización, diseño y elaboración de artículos terminados con la fibra de alpaca* [Trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional ESPOCH. <https://dspace.esPOCH.edu.ec>

Huerta, M. C. (6 de Junio de 2018). *Canal IPe*. Obtenido de Estos son los camélidos sudamericanos que habitan en el Perú: <https://www.canalipe.gob.pe/noticias/curiosidades/estos-son-los-camelidos-sudamericanos-que-habitan-en-el-peru>

INACAL. (10 de Mayo de 2023). *Mincetur.gob.pe*. Obtenido de Requisitos de Calidad de la Fibra de Alpaca: https://www.mincetur.gob.pe/reglamentostecnicos/informacion_general/documentos/s7_Requisitos_de_Calidad_Fibra_de_Alpaca.pdf

INDECOPI. (2015). *Norma Técnica Peruano - NTP 900.058*. Lima.

INEI [Instituto Nacional de Estadística e Informática]. (20 de Julio de 2017). *Población total proyectada y ubicación geográfica a nivel distrital*. Obtenido de Inei.gob.pe: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1420/cuadros/cusco/cusco_8_3.xls

INEI. (2017). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Obtenido de <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>

Innovación y Cualificación, S. L. (2018). *Iniciación en materiales, productos y procesos textiles* (2 ed.). Andalucía: Editorial IC.

Jaico Huaynaya, [Iniciales]. (2022). Evaluación de la indumentaria personal como medio de protección contra la radiación ultravioleta, durante la ejecución de proyectos de saneamiento en la provincia de La Mar, Ayacucho-2018 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].

Kishore, A., Pal, B., & Sarkar, P. (Enero de 2024). Los camélidos como recurso sostenible: una perspectiva socioeconómica. *Revista asiática de medio ambiente y ecología*, 23(1), 53-72. doi:<https://doi.org/10.9734/ajee/2024/v23i1521>

Labsphere. (16 de Agosto de 2019). *Labsphere.com*. Obtenido de Analizador de transmitancia ultravioleta UV-2000: <https://www.labsphere.com/product/uv-2000-ultraviolet-transmittance-analyzer/>

Larios-Francia, E., Quispe, E. C., Huanca, T., Machaca, V., & Condori, G. (2023). Características textiles de la fibra de alpaca Huacaya según zonas agroecológicas, sexo y

edad en la región de Puno. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 34(2). http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172023000200013

Lichtenstein, G. (2013). Guanaco Management in Argentina: Taking a Commons Perspective [Manejo del guanaco en Argentina: desde una perspectiva de bienes comunes]. *Journal of Latin American Geography*, 12(1), 187-213. doi:<https://doi.org/10.1353/lag.2013.0002>

Lichtenstein, G., & Carmanchahi, P. (28 de Setiembre de 2012). Guanaco management by pastoralists in the Southern Andes [Manejo del guanaco por pastores en los Andes del Sur]. *Pastoralism*, 2(16). doi:<https://doi.org/10.1186/2041-7136-2-16>

López, E. (2014). *Fieltro*. Barcelona, España: Parramón Paidotribo S.L. . Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/unsch/226920?page=17>

Louris, E., Sfiroera, E., Priniotakis, G., Mekris, R., Siemos, H., Efthymiou, C., & Assimakopoulos, M. (2018). *Evaluación del factor de protección (FPU) de varias estructuras de tejido de punto*. Antenas: Universidad del Sur de Attica.

Martí, C. (13 de Junio de 2023). *www.maynet.es*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2019, de Factor protección ultravioleta: <http://www.maynet.es/tag/factor-proteccion-ultravioleta/>

Mediavilla, M. A. (2014). *Atmósfera, materia y medición*. Madrid: Equipo Sirius.

Medlight. (6 de Julio de 2023). *Medlight.com.mx*. Recuperado el 08 de Diciembre de 2019, de Artículos: <https://www.sundayafternoons.mx/blogs/news>

Mejia, X. (5 de Abril de 2024). *Actualidadambiental.pe*. Obtenido de ¿Cuántas comunidades se benefician del aprovechamiento sostenible de la fibra de vicuña en Perú?: <https://www.actualidadambiental.pe/comunidades-aprovechamiento-sostenible-de-la-fibra-de-vicuna/#:~:text=Seg%C3%BAn%20el%20Serfor%2C%20actualmente%20se,kilos%20en%20el%20a%C3%B1o%202022.>

Melo, Y. (6 de Febrero de 2024). *Infobae.com*. Obtenido de Camélidos peruanos en el ojo del mundo: Perú es el líder mundial en la producción de fibra de alpaca y vicuña: <https://www.infobae.com/peru/2024/02/04/camelidos-peruanos-en-el-ojo-del-mundo-peru-es-lider-mundial-en-la-produccion-de-fibra-de-alpaca-y-vicuna/#:~:text=Hipoalerg%C3%A9nicas:%20La%20falta%20de%20lanolina,tambi%C3%A9n%20de%20gran%20significado%20cultural>

MIDAGRI. (2019). *Perfil de mercado de la fibra de vicuña*. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/419833/nota-tecnica-perfil_de_la_fibra_de_vicun%CC%83a.pdf

MINAM. (1 de Mayo de 2018). *En el Perú solo se recicla el 1.9% del total de residuos sólidos reaprovechables*. Obtenido de Sinia.minam.gob.pe:

<https://sinia.minam.gob.pe/novedades/peru-solo-se-recicla-19-total-residuos-solidos-reaprovechables>

MIT. (17 de Junio de 2017). *Marcaningenio.com*. Obtenido de Cortador de gramaje: <https://marcaningenio.com/todos-los-productos/cortador-de-gramaje.html>

Muntané, R. J. (Mayo de 2010). Introducción a la investigación básica. *RAPD ONLINE*, 33(3), 221-227. Obtenido de <https://www.sapd.es/revista/2010/33/3/03/pdf>

Navas, J. (23 de Octubre de 2019). *Dermalicante.com*. Obtenido de La ropa como protector solar: <https://dermalicante.com/ropa-protector-solar/>

Nbvoa, C. (2016). *La conservación de especies nativas en America Latina*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de <https://www.fao.org/4/x6526e/X6526E33.htm>

NTP 231.301:2022. (2022). *Fibra de alpaca clasificada. Definiciones, clasificación por grupos de calidades, requisitos y rotulado* (Tercera ed.). INACAL. Obtenido de <https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/detalle.aspx?id=35519&idtv=9964>

Ochochoque, M. (2024). *Tela no tejida artesanalmente con las bragas (alpacas) de color blanco, negro y café para evaluar su calidad – Muñani 2023* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Juliaca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Juliaca. <https://repositorio.unaj.edu.pe/items/0aec13d0-b17d-4686-b654-80022873a01b>

OMS. (2024). *Índice UV Solar Mundial*. Ginebra: WHO.

Palacios, J., & Urgiléz, D. (2020). *Experimentación con las técnicas de tinturado natural y afieltrado de lana de oveja y fibra de alpaca* [Trabajo de titulación, Universidad del Azuay]. Repositorio Institucional de la Universidad del Azuay. <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10009>

Pariona, A. (15 de Abril de 2024). Una maravilla de los Andes, la fibra más fina del mundo. (B. L. Pillpe, Entrevistador)

Peralta Quispe, J. (2021). *Lana de ovino como aislante térmico en proyectos de acondicionamiento de las instituciones educativas altoandinas de Ayacucho* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional UNSCH. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/081f6a2d-048a-4887-94f4-4ae81be96f15>

Pinto, C. E., Martín, C., & Cid, M. D. (2010). Camélidos sudamericanos: clasificación, origen y características. *Complutense de Ciencias Veterinarias*, 4(1), 23-36. Obtenido de <http://www.ucm.es/BUCM/revistasBUC/portal/modulos.php?name=Revistas2&id=RCCV&col=>

Pro-lite. (11 de Abril de 2017). *Pro-lite.co.uk*. Obtenido de Analizador de protección solar in vitro Labsphere UV-2000S: <https://pro-lite.co.uk/products-services->

index/spectroscopy/sunscreen-testing/labsphere-uv-2000s-in-vitro-sunscreen-analyser/

- Quispe, B. (2018). *Mejoramiento de hábitos de protección saludable frente a la radiación ultravioleta en niños de la institución educativa de la comunidad de ChuquiagUILlo del distrito y provincia de Huancané, 2018*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Quispe, B. L. (2018). *Mejoramiento de hábitos de protección saludable frente a la radiación ultravioleta en niños de la institución educativa de la comunidad de ChuquiagUILlo del distrito y provincia de Huancané, 2018 [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano]*. Repositorio Institucional, Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/7999>
- Quispe Condori, J. (2024). Evaluación de las características textiles de fibra de alpaca Huacaya en la provincia de Huancané – 2022 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Juliaca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Juliaca. <https://repositorio.unaj.edu.pe/items/22446fc5-288d-4d01-8036-ffb8fa00fcb2>
- Quispe, E., Poma, A., & Purroy, A. (2013). Características productivas y textiles de la fibra de alpacas. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 7(1), 1-29. Obtenido de https://doi.org/10.5209/rev_RCCV.2013.v7.n1.41413
- Quispe Mamani, E., Flores Apaza, A., Mamani Apaza, M., & Ticona Quispe, E. (2024). Colorimetría de la cochinilla en el proceso de post-mordentado en fibra de alpaca Huacaya y lana de oveja criolla. *Visión Panorámica*, 18(1). <https://unaj.edu.pe/revista/index.php/vpin/article/view/286>
- Quispe Ochoa, J. (2024). Análisis de las características textiles de la fibra de vicuña del distrito de Pedro Vilca Apaza, Puno 2022 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Juliaca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Juliaca. <https://repositorio.unaj.edu.pe/items/cde0c76c-f5ed-40ef-b44a-2dbc1668854f>
- RAE. (07 de Diciembre de 2019). *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 07 de Diciembre de 2019, de <https://dle.rae.es>
- Riera, S. (16 de Abril de 2016). *Modaes.com*. Obtenido de El mapa mundial del aprovisionamiento: <https://www.modaes.com/equipamiento/el-mapa-mundial-del-aprovisionamiento#:~:text=Australia%20es%20el%20principal%20productor,Reino%20Unido%2C%20Uruguay%20y%20Sud%2C%20Africa>.
- Rodríguez, A. O., Heredia, J. A., Heredia, O., Castañeda, M. E., & Rodríguez, L. E. (Diciembre de 2018). El apocalipsis del ozono. *Biología y Sociedad*(1), 56-63. doi:<https://doi.org/10.29105/bys1.2-51>
- Rodríguez, D. (17 de Septiembre de 2020). *Lifeder.com*. Obtenido de Investigación básica: características, definición, ejemplos: <https://www.lifeder.com/investigacion-basica/>

- Rodríguez, F. (2015). *Influencia de la radiación solar en la salud de las personas en la ciudad de Moquegua, 2001-2010*. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Growman.
- Rojas, E. (12 de Noviembre de 2020). *Tesisymasters.cl*. Obtenido de ¿Qué es y para qué sirve un diseño de investigación?: <https://tesisymasters.cl/disenio-de-investigacion/>
- Romero, B. E. (2012). *Determinación in vitro del factor de protección ultravioleta en telas producidas en el Ecuador*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/164>
- Romero, M. (2019). *Energía Solar Térmica*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2019, de Portalfarma.com: <https://www.portalfarma.com/Profesionales/campanaspf/categorias/Documents/MAQUETACION%20MATERIAL%20FORMATIVO%20fotoproteccionfotproc2010.pdf>
- Rosales, E. (15 de Junio de 2019). *Mariettas*. Obtenido de Todo lo que necesitas saber sobre el fieltro: tipos, usos y cómo obtenerlo: <https://www.mariettas.es/que-es-el-fieltro/#ContinuarLeyendo>
- Saha, M., Islam, M. S., Hossain, M. A., Islam, M. M., & Hasan, M. M. (2024). A comprehensive review of ultraviolet radiation and functional modified textile fabric with special emphasis on UV protection. *Heliyon*, 10(18), e38814. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38814>
- Santana, D. M. (11 de Setiembre de 2020). La Oveja Canaria. *RumiNews*(20), 20-24. Obtenido de https://issuu.com/grupoagrnews/docs/00-0920-ruminews_septiembre_04-issuu?fr=sOTg0ZjE5NDExNDI
- SENAMHI. (18 de Junio de 2021). *Repositorio.senamhi*. Obtenido de Monitoreo de la radiación ultravioleta: <https://hdl.handle.net/20.500.12542/897>
- SENAMHI. (26 de Octubre de 2024). *www.Senamhi.gob.pe*. Recuperado el 4 de Diciembre de 2019, de Pronóstico de radiación UV máximo (cielo despejado y mediodía solar) a nivel nacional: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=radiacion-uv>
- Smith, A., & Jones, B. (2022). El impacto educativo y ambiental de la implementación de biohuertos en las escuelas. *Educación Sostenible*, 10(2), 45-58.
- Sosa, A. (2019). *Prácticas y medidas preventivas contra los efectos de los rayos ultravioleta en los agricultores de la empresa ACELIM del Perú*. Piura, Perú: Universidad Nacional de Piura.
- Tamayo, J., & Peñaherrera, E. K. (2014). *Fieltro Artesanal y su aplicación en el Centro de Bordados Cuenca. Campo húmedo y seco [Tesis de grado, Universidad del Azuay]*. Repositorio institucional, Azuay. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3836>

- Tanya, M., & Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093&lng=es&tIng=es
- Tinoco, Ó. (2015). Cadena productiva de lana de oveja en el sector textil y de confecciones. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 12(2), 73-80. Obtenido de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v12_n2/pdf/a10v12n2.pdf
- UNA. (2016). *Guía práctica para el manejo de los residuos orgánicos utilizando composteras rotatorias y lombricompost*. Universidad Nacional Costa Rica. Obtenido de <https://documentos.una.ac.cr/bitstream/handle/unadocs/3818/Manual%20Composteras.pdf?isAllowed=y&sequence=1>
- UNE. (2007). *UNE-EN 13758-2. Textiles: propiedades protectoras frente a la radiación solar ultravioleta*. (AENOR, Ed.) Asociación Española de Normalización y Certificación. Obtenido de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0039093>
- Vilá, B. (2012). *Camélidos sudamericanos*. Eudeba, Buenos Aires : Universidad de Buenos Aires. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/unsch/66327?page=38>
- Vilá, B., & Arzamendia, Y. (26 de Octubre de 2020). South American Camelids: their values and contributions to people [Camélidos sudamericanos: sus valores y aportes a las personas]. *Sustainability Science*, 17(3), 707-724. doi:<https://doi.org/10.1007/s11625-020-00874-y>
- Wong, W. (2015). *Protección ultravioleta de tejidos de punto*. Hong Kong: Universidad Politécnica de Hong Kong.
- Xicota, E. (Noviembre de N de 2018). *Esterxicota.com*. Obtenido de ¿Qué tan sostenible es la alpaca?: <https://www.esterxicota.com/la-alpaca-no-es-sostenible/>
- Zapana, Y. (2022). Características textiles de la fibra de alpaca de los centros de producción de reproductores de dos zonas agroecológicas [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Altiplano. <https://repositorio.unap.edu.pe>
- Zoccola, M., Bhavsar, P., Anceschi, A., & Patrucco, A. (Agosto de 2023). Analytical Methods for the Identification and Quantitative Determination of Wool and Fine Animal Fibers: A Review [Métodos analíticos para la identificación y determinación cuantitativa de lana y fibras animales finas: una revisión]. *Fibers*, 11(8), 67-81. doi:<https://doi.org/10.3390/fib11080067>

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Absorción ultravioleta: Capacidad de un material para captar o retener radiación ultravioleta, reduciendo la cantidad de radiación que atraviesa el tejido.

Alpaca (*Vicugna pacos*): Camélido sudamericano domesticado cuya fibra es empleada en la elaboración de textiles debido a sus propiedades térmicas, suavidad y resistencia.

ANOVA (Análisis de varianza): Prueba estadística utilizada para determinar si existen diferencias significativas entre medias de grupo evaluados.

Chaccu: Práctica ancestral andina de captura, esquila liberación de vicuñas realizada de forma sostenible para la obtención de fibra.

Color de fieltro: característica física del material textil que puede influir en la absorción o reflexión de radiación ultravioleta.

Espesor: distancia entre las superficies opuestas del material textil, expresada en milímetros (mm), relacionada con la capacidad de protección ultravioleta.

Factor de Protección Ultravioleta (FPU ó FPU): índice que determina la capacidad de un material textil para bloquear la radiación ultravioleta, indicando el nivel de protección proporcionado.

Fieltro: material textil no tejido obtenido mediante compactación de fibras animales utilizando humedad, temperatura y presión.

Fibra natural: material filamentosos de origen animal utilizado en la fabricación de productos textiles.

Gramaje: peso del material textil expresado en gramos por metro cuadrado (g/m^2), asociado con la densidad y capacidad protectora del tejido.

In vitro: método experimental realizado en condiciones controladas de laboratorio y fuera de un organismo vivo.

Índice ultravioleta (IUV): Escala internacional utilizada para medir la intensidad de radiación ultravioleta incidente sobre la superficie terrestre.

Ovino: mamífero domesticado de la especie *Ovis aries*, cuya lana es utilizada en la producción de textiles.

Radiación solar: Energía electromagnética emitida por el sol que llega a la superficie terrestre.

Sombrero ala ancha: prenda de protección utilizada para disminuir la exposición directa a la radiación solar en cabeza, rostro y cuello.

Trazabilidad experimental: Registro y seguimiento sistemático de las condiciones, procedimientos y resultados obtenidos durante el desarrollo de un experimento.

Transmitancia ultravioleta: cantidad de radiación ultravioleta que logra atravesar un material textil.

Tukey: Prueba estadística de comparación múltiple utilizada para identificar diferencias significativas entre medias luego de aplicar ANOVA.

Vicuña (*Vicugna vicugna*): camélido sudamericano silvestre cuya fibra es altamente valorada por su finura y propiedades textiles.

Curva de protección ultravioleta: Representación gráfica que muestra el comportamiento de un material frente a la transmisión o bloqueo de radiación ultravioleta.

Densidad de fibra: Grado de compactación de las fibras dentro de una estructura textil, relacionado con la reducción de espacios vacíos y el incremento de la protección UV.

Fieltro afieltrado: Material textil obtenido mediante procesos mecánicos, térmicos o de humedad que compactan fibras hasta formar una estructura homogénea y resistente.

Longitud de onda: Distancia entre dos puntos consecutivos de una onda electromagnética, generalmente expresada en nanómetros (nm) para la radiación ultravioleta.

Porosidad: Proporción de espacios vacíos presentes en un material textil que permiten el paso de aire, luz o radiación.

Protección ultravioleta (UV): Capacidad de un material para bloquear, absorber o reducir la transmisión de radiación ultravioleta proveniente del sol.

Radiación UVA: Tipo de radiación ultravioleta con longitudes de onda entre 315 y 400 nm, asociada al envejecimiento prematuro de la piel.

Radiación UVB: Tipo de radiación ultravioleta con longitudes de onda entre 280 y 315 nm, relacionada con quemaduras solares y daños biológicos.

Radiación UVC: Tipo de radiación ultravioleta con longitudes de onda entre 100 y 280 nm, absorbida casi totalmente por la capa de ozono.

Textil protector: Material diseñado para reducir la transmisión de radiación ultravioleta y brindar protección frente a la exposición solar.

Transmitancia UV: Porcentaje de radiación ultravioleta que atraviesa un material textil.

ANEXOS

ANEXO 1

Panel Fotográfico

Figura 29

Entrevista al representante de la empresa Pantirwa (Armando



Fuente: Registro fotográfico del autor.

Figura 30
Sombreros de fieltro en exhibición



Fuente: Registro fotográfico del autor.

Figura 31
Selección de las muestras de fieltro



Fuente: Registro fotográfico del autor.

Figura 32

Recorrido del establecimiento de ventas de la empresa Pantirwa



Fuente: Registro fotográfico del autor.

Figura 33

Identificación y rotulado de las muestras de fieltro



Fuente: Registro fotográfico del autor.

Figura 34
Medición del espesor de los diferentes fieltros



Fuente: Registro fotográfico del autor.

Figura 35
Pesado de las diversas muestras de fieltro



Fuente: Registro fotográfico del autor.

Anexo 2

Datos de FPU de las muestras de sombreros de fieltro de fibra de vicuña

Nº	Gramaje (g/m²)	Espesor (mm)	Color	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	FPU promedio
1	300	2	Claro	29,84	32,08	31,05	30,99
2	300	2	Medio	33,65	35,58	34,94	34,72
3	300	2	Oscuro	42,32	40,33	41,25	41,30
4	300	3	Claro	42,02	41,12	40,02	41,05
5	300	3	Medio	42,85	41,87	42,87	42,53
6	300	3	Oscuro	46,03	50,53	46,04	47,53
7	300	4	Claro	47,83	47,23	49,45	48,16
8	300	4	Medio	53,84	49,11	51,63	51,53
9	300	4	Oscuro	55,62	53,49	53,06	54,06
10	500	2	Claro	36,19	36,89	35,19	36,09
11	500	2	Medio	37,25	41,39	38,56	39,07
12	500	2	Oscuro	47,25	44,39	40,56	44,07
13	500	3	Claro	42,05	44,12	44,28	43,48
14	500	3	Medio	45,18	44,16	43,16	44,17
15	500	3	Oscuro	49,77	48,94	49,93	49,55
16	500	4	Claro	47,95	44,79	53,9	48,88
17	500	4	Medio	51,75	52,39	51,76	52,97
18	500	4	Oscuro	57,85	61,39	62,58	60,63
19	700	2	Claro	37,17	40,18	37,19	38,18
20	700	2	Medio	41,6	41,39	43,56	42,18
21	700	2	Oscuro	53,95	51,99	52,86	52,93
22	700	3	Claro	47,25	48,3	47,11	47,55
23	700	3	Medio	52,85	54,99	51,57	53,14
24	700	3	Oscuro	55,5	55,39	54,56	55,15
25	700	4	Claro	56,87	51,89	52,96	53,91
26	700	4	Medio	61,11	60,04	59,52	60,22
27	700	4	Oscuro	63,85	61,68	62,56	62,70

Anexo 3

Datos de FPU de las muestras de sombreros de fieltro de fibra de alpaca

Nº	Gramaje (g/m ²)	Espesor (mm)	Color	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	FPU promedio
1	300	2	Claro	25,4	26,1	25,75	25,75
2	300	2	Medio	29,1	28,4	28,9	28,80
3	300	2	Oscuro	34	34,9	34,35	34,42
4	300	3	Claro	31,5	32,1	31,8	31,80
5	300	3	Medio	41,3	42	41,8	41,70
6	300	3	Oscuro	43,1	42,6	43,2	42,97
7	300	4	Claro	38,1	37,4	38,15	37,88
8	300	4	Medio	46,3	47	46,65	46,65
9	300	4	Oscuro	47,12	47,73	47,82	47,56
10	500	2	Claro	30,1	30,8	30,35	30,42
11	500	2	Medio	30,87	31,28	31,08	31,08
12	500	2	Oscuro	37,52	37,1	37,4	37,34
13	500	3	Claro	38,06	38,68	38,44	38,39
14	500	3	Medio	44,57	44,17	44,69	44,48
15	500	3	Oscuro	47,9	48,82	48,3	48,34
16	500	4	Claro	45,1	44,3	44,9	44,77
17	500	4	Medio	49,8	48,9	49,5	49,40
18	500	4	Oscuro	51,5	52,61	52	52,04
19	700	2	Claro	33,3	33,69	33,7	33,56
20	700	2	Medio	38,82	39,52	38,9	39,08
21	700	2	Oscuro	47	47,32	47	47,11
22	700	3	Claro	43,8	43,48	43,8	43,69
23	700	3	Medio	44,1	44,6	44,7	44,47
24	700	3	Oscuro	53	54,02	54	53,65
25	700	4	Claro	49	49,4	49,3	49,23
26	700	4	Medio	59,3	59,9	59,75	59,65
27	700	4	Oscuro	60,9	61,5	61,25	61,22

Anexo 4 Datos de FPU de las muestras de sombreros de fieltro de fibra de oveja

Nº	Gramaje (g/m ²)	Espesor (mm)	Color	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	FPU promedio
1	300	2	Claro	21,9	22,3	21,98	22,06
2	300	2	Medio	26,7	26,9	26,98	26,86
3	300	2	Oscuro	28,1	28,6	28,26	28,32
4	300	3	Claro	27,1	27,6	27,44	27,38
5	300	3	Medio	33,5	33,8	33,68	33,66
6	300	3	Oscuro	40,05	39,65	40,15	39,95
7	300	4	Claro	33,9	34,2	34,02	34,04
8	300	4	Medio	38,5	42,8	37,59	39,63
9	300	4	Oscuro	42,18	42,11	44,08	42,79
10	500	2	Claro	22,77	21,42	23,64	22,61
11	500	2	Medio	32,45	30,86	31,58	31,63
12	500	2	Oscuro	38,94	37,82	36,36	37,71
13	500	3	Claro	33,9	34,26	30,41	32,86
14	500	3	Medio	40	40,01	40	40,01
15	500	3	Oscuro	44,57	40,62	45,96	43,72
16	500	4	Claro	37,89	38,91	39,34	38,71
17	500	4	Medio	44,82	47,11	45,24	45,72
18	500	4	Oscuro	51,07	55,13	53,04	53,08
19	700	2	Claro	28,89	30,93	29,96	29,93
20	700	2	Medio	38,84	37,66	37,88	38,13
21	700	2	Oscuro	34,87	37,64	31,78	34,76
22	700	3	Claro	38,49	37,65	42,78	39,64
23	700	3	Medio	43,11	42,18	44,22	43,17
24	700	3	Oscuro	48,9	46,42	46,88	47,40
25	700	4	Claro	44,98	45,38	45,19	45,18
26	700	4	Medio	46,34	45,07	46,65	46,02
27	700	4	Oscuro	54,2	54,9	54,58	54,56

ANEXO 5

ARTÍCULO CIENTÍFICO

**FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PROTECCIÓN ULTRAVIOLETA DE
SOMBREROS DE FIELTRO DE VICUÑA, ALPACA Y OVEJA DE LA REGIÓN
DE AYACUCHO**

Autor: Bernardo Luciano PILLPE ARGUMEDO

Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Correo institucional

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar factores que influyen en la protección ultravioleta de sombreros de fieltro elaborados con fibras de vicuña, alpaca y oveja de la región Ayacucho, considerando el efecto del color, gramaje y espesor del material. La investigación fue de enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel explicativo y diseño experimental multifactorial. La determinación del factor de protección ultravioleta (FPU), se realizó mediante el método *in vitro*, evaluando diferentes combinaciones de color, gramaje y espesor en sombreros elaborados con fibras naturales. Los ensayos fueron desarrollados en el laboratorio de Óptica y Semiconductores de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería y en el laboratorio del centro tecnológico de textiles y confecciones del SENATI. El análisis estadístico se realizó mediante la estadística descriptiva e inferencial mediante utilizando ANOVA multifactorial y prueba de Tukey ($p < 0,05$). Los resultados evidenciaron que el espesor, color y gramaje influyen significativamente en el FPU, siendo el espesor el factor de mayor influencia. Asimismo, el fieltro de vicuña presentó el mayor nivel de protección clasificados como muy buena y excelente. Se concluye que los sombreros elaborados con fibras naturales presentan alta capacidad de protección ultravioleta, siendo el espesor, color y gramaje factores determinantes en su desempeño.

Palabras claves: radiación ultravioleta, factor de protección ultravioleta, sombreros de fieltro, fibras naturales, Ayacucho.

Abstract

The objective of this research was to determine the factors influencing the ultraviolet protection of felt hats made from vicuña, alpaca, and sheep fibers from the Ayacucho region, considering the effect of color, grammage, and thickness of the material. The research followed a quantitative approach, applied type, explanatory level, and multifactorial experimental design. The ultraviolet protection factor (FPU) was determined through the in vitro method by evaluating different combinations of color, grammage, and thickness in hats made from natural fibers. The tests were carried out at the Optics and Semiconductors Laboratory of the Faculty of Sciences at the National University of Engineering and at the Textile and Clothing Technology Center Laboratory of SENATI. Statistical analysis was performed using descriptive and inferential statistics through multifactorial ANOVA and Tukey's test ($p < 0.05$). The results showed that thickness, color, and grammage significantly influence the FPU, with thickness being the most influential factor. Likewise, vicuña felt presented the highest level of protection, followed by alpaca and sheep felt, predominantly showing ultraviolet protection levels classified as very good and excellent. It is concluded that hats made from natural fibers exhibit high ultraviolet protection capacity, with thickness, color, and grammage being determining factors in their performance.

Keywords: ultraviolet radiation, ultraviolet protection factor, felt hats, natural fibers, Ayacucho.

I. INTRODUCCIÓN

La radiación ultravioleta (UV) constituye uno de los principales factores ambientales que afectan la salud humana debido a sus efectos acumulativos sobre la piel, los ojos y el sistema inmunológico. La exposición prolongada a niveles elevados de radiación UV incrementa el riesgo de quemaduras solares, envejecimiento prematuro de la piel, cataratas y cáncer cutáneo. Esta problemática adquiere mayor relevancia en las regiones altoandinas del Perú, donde la altitud geográfica favorece una mayor intensidad de radiación solar durante gran parte del año. En la región Ayacucho se registran frecuentemente índices de radiación ultravioleta clasificados como muy altos y extremos, representando un riesgo permanente para la población expuesta a actividades al aire libre.

Diversas investigaciones han demostrado que los textiles constituyen una barrera efectiva frente a la radiación ultravioleta, dependiendo su capacidad protectora de factores como el tipo de fibra, el espesor, el gramaje, el color y la estructura del material. Estudios realizados en materiales textiles naturales y sintéticos reportan que el incremento del espesor y la densidad del tejido reduce significativamente la transmisión de radiación UV, mientras que los colores oscuros presentan una mayor capacidad de absorción y protección. Asimismo, investigaciones desarrolladas en fibras animales han evidenciado diferencias en el nivel de protección ultravioleta asociadas a las características físicas y estructurales de cada tipo de fibra.

La región Ayacucho posee una importante tradición en la elaboración artesanal de sombreros de fieltro fabricados con fibras de vicuña, alpaca y oveja, productos que constituyen una fuente de identidad cultural y actividad económica para numerosas familias. Sin embargo, a pesar de su amplio uso como elemento de protección frente a la radiación solar, existe escasa evidencia científica que permita conocer y comparar objetivamente el nivel de protección ultravioleta que ofrecen estos materiales, así como la influencia de variables físicas como el gramaje, el espesor y el color del fieltro.

Desde el punto de vista teórico, el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) es el indicador más utilizado para evaluar la capacidad de un material textil para bloquear la radiación ultravioleta. Valores elevados de FPU indican una menor transmisión de radiación UV y, por tanto, una mayor protección para el usuario. La evaluación de este parámetro permite identificar las características textiles que contribuyen a mejorar el desempeño protector de los materiales empleados en la confección de prendas y accesorios destinados a la protección solar.

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del tipo de fibra, el gramaje, el espesor y el color del fieltro sobre el Factor de Protección Ultravioleta de sombreros elaborados con fibras de vicuña, alpaca y oveja de la región Ayacucho. Los resultados permiten generar evidencia científica sobre el comportamiento de estos materiales y contribuir al desarrollo de productos textiles con valor agregado orientados a la protección de la salud frente a la radiación solar.

II. METODOLOGÍA:

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, nivel explicativo y diseño experimental multifactorial. El estudio tuvo como finalidad evaluar la influencia del tipo de fibra, gramaje, espesor y color del fieltro sobre el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) de sombreros elaborados con fibras de vicuña, alpaca y oveja de la región Ayacucho.

La población estuvo constituida por sombreros de fieltro elaborados con fibras naturales de vicuña, alpaca y oveja. Las muestras fueron obtenidas de la empresa artesanal Pantirwa, dedicada a la fabricación de sombreros de fieltro en la región Ayacucho. Para el estudio se evaluaron diferentes combinaciones de tipo de fibra, gramaje, espesor y color, considerando los niveles establecidos en el diseño experimental.

La determinación del Factor de Protección Ultravioleta (FPU) se realizó mediante el método in vitro, empleando un espectrofotómetro UV-2000S Labsphere, equipo especializado para la medición de la transmitancia espectral de materiales textiles. Los ensayos fueron desarrollados en el Laboratorio de Óptica y Semiconductores de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y en el Centro Tecnológico de Textiles y Confecciones del Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial (SENATI).

Para cada muestra se realizaron mediciones repetidas del FPU con la finalidad de garantizar la precisión y confiabilidad de los resultados. Asimismo, se determinaron las características físicas de los materiales, incluyendo gramaje (g/m

²), espesor (mm) y color del fieltro, variables consideradas como factores experimentales del estudio.

Los datos obtenidos fueron procesados mediante estadística descriptiva e inferencial. Se aplicó un análisis de varianza multifactorial (ANOVA) para evaluar la influencia de los factores estudiados sobre el FPU, complementado con la prueba de comparación múltiple de Tukey al 95 % de confianza para identificar diferencias significativas entre tratamientos. El nivel de significancia utilizado fue de $\alpha = 0,05$.

III. Resultados y discusión

Resultados

Con la finalidad de determinar la influencia del tipo de fibra, gramaje, espesor y color del fieltro sobre el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) de sombreros elaborados con fibras de vicuña, alpaca y oveja de la región Ayacucho, se realizó un análisis estadístico multifactorial mediante análisis de varianza (ANOVA). Los resultados evidenciaron que todos los factores evaluados ejercieron una influencia estadísticamente significativa sobre el FPU ($p < 0,001$), confirmando que las características físicas y estructurales del fieltro determinan la capacidad de protección frente a la radiación ultravioleta.

El análisis mostró que el espesor presentó el mayor efecto sobre la variabilidad del FPU ($F = 393,83$), seguido por el color ($F = 167,13$), el tipo de fibra ($F = 165,49$) y el gramaje ($F = 151,67$). Estos resultados indican que el incremento del espesor y del gramaje, así como la utilización de colores oscuros y fibras de mayor calidad estructural, favorecen significativamente el aumento del nivel de protección ultravioleta de los sombreros evaluados.

Tabla 1

Resultados del análisis de varianza multifactorial para el Factor de Protección Ultravioleta (FPU)

Factor	Valor F	Valor p	Influencia
Espesor	393,83	<0,001	Muy alta
Color	167,13	<0,001	Alta
Tipo de fibra	165,49	<0,001	Alta
Gramaje	151,67	<0,001	Moderada

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 1 evidencia que el espesor constituye el principal factor asociado a la variación del FPU. Asimismo, el color, el tipo de fibra y el gramaje también

presentaron efectos altamente significativos ($p < 0,001$), lo que demuestra que la combinación de estas variables contribuye al incremento de la capacidad protectora del fieltro frente a la radiación ultravioleta.

Una vez comprobada la influencia significativa de los factores evaluados, se comparó el comportamiento del FPU entre los diferentes tipos de fibra, con el propósito de identificar el material que ofrece el mayor nivel de protección ultravioleta.

Tabla 2

Valores promedio del Factor de Protección Ultravioleta según tipo de fibra

Tipo de fibra	Tipo de fibra
Vicuña	47,55
Alpaca	42,87
Oveja	39,81

Fuente: Elaboración propia.

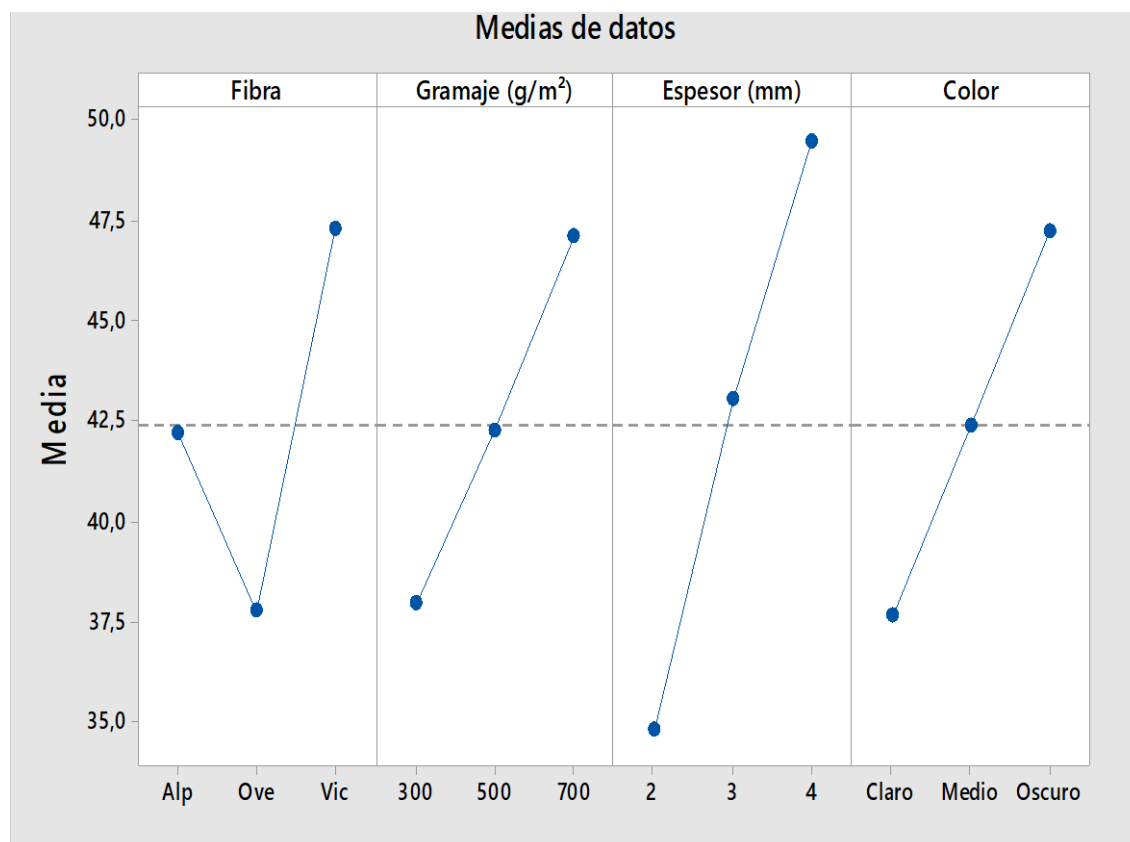
Los resultados muestran que los sombreros elaborados con fibra de vicuña alcanzaron el mayor valor promedio de FPU, seguidos por los confeccionados con fibra de alpaca y oveja. Esta tendencia evidencia diferencias en la capacidad protectora de los materiales evaluados y sugiere que las propiedades físicas de cada fibra influyen en la transmisión de la radiación ultravioleta a través del fieltro.

El análisis de comparación múltiple confirmó diferencias estadísticamente significativas entre los tres tipos de fibra evaluados ($p < 0,001$), indicando que la

fibra de vicuña presenta un comportamiento superior respecto a las demás fibras analizadas.

Figura 1

Gráfica de efectos principales para el Factor de Protección Ultravioleta (FPU).

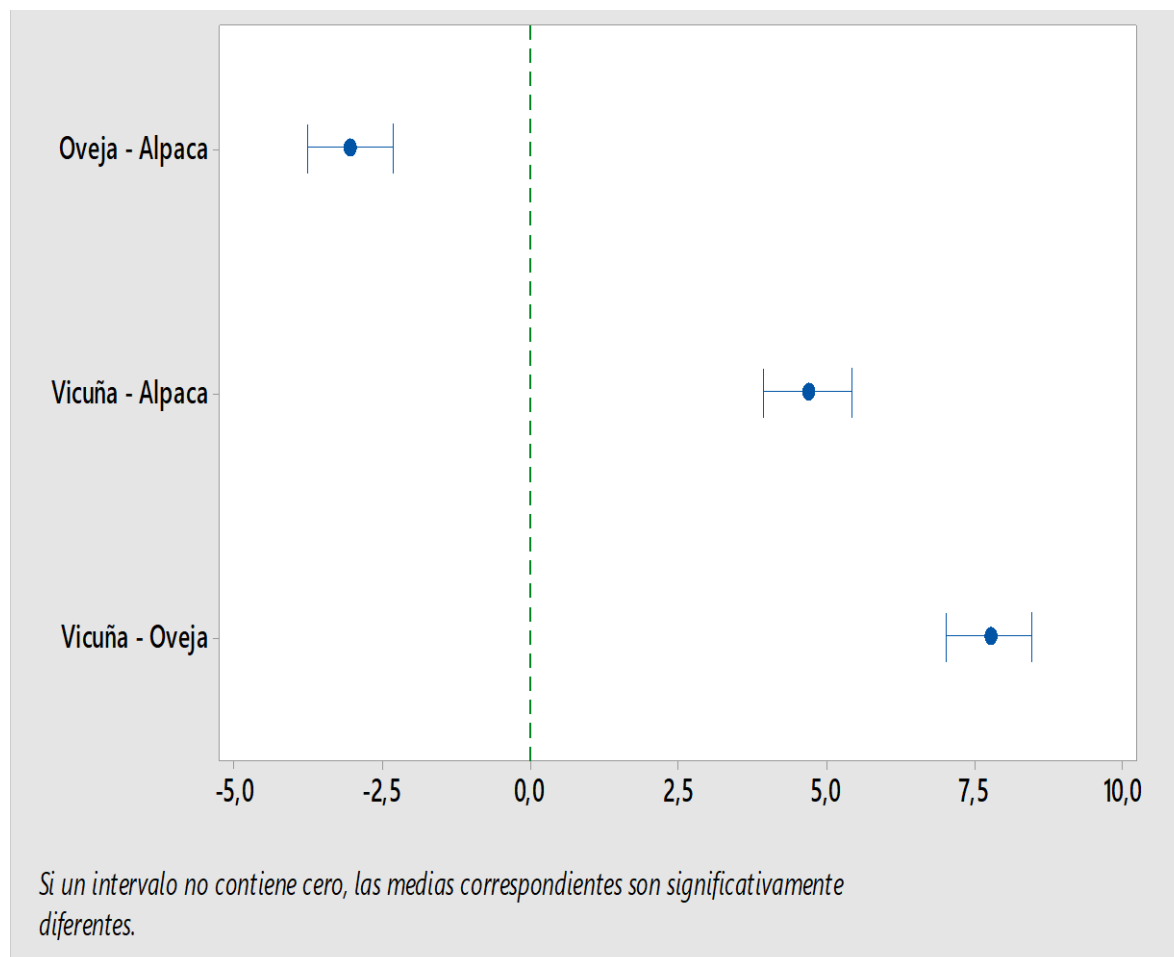


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos experimentales.

La Figura 1 muestra que el incremento del espesor y del gramaje del fieltro favorece el aumento progresivo del FPU. Asimismo, los colores oscuros registraron mayores niveles de protección ultravioleta respecto de los colores claros, mientras que la fibra de vicuña presentó el comportamiento más favorable entre los materiales evaluados.

Figura 2

Comparación de medias del Factor de Protección Ultravioleta entre tipos de fibra mediante la prueba de Tukey (95 %).



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos experimentales.

La Figura 2 evidencia que existen diferencias significativas entre los tres tipos de fibra evaluados. Los intervalos de confianza obtenidos mediante la prueba de Tukey muestran que la fibra de vicuña presentó los mayores valores medios de FPU, seguida por la fibra de alpaca y, finalmente, por la fibra de oveja.

Discusión

Los resultados obtenidos demuestran que el tipo de fibra, el gramaje, el espesor y el color del fieltro influyen significativamente en el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) de los sombreros elaborados con fibras de vicuña, alpaca y oveja. Entre las variables evaluadas, el espesor presentó la mayor influencia sobre el FPU, evidenciando que el incremento del grosor del material reduce la transmisión de radiación ultravioleta y mejora la capacidad protectora del sombrero. Este comportamiento puede explicarse porque un mayor espesor incrementa el recorrido óptico que debe atravesar la radiación, favoreciendo su absorción y dispersión dentro de la estructura del fieltro.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Hassan y El-Tonsy (2020), quienes señalaron que el espesor y la densidad del material textil constituyen factores determinantes para incrementar el Factor de Protección Ultravioleta. De manera similar, Zoccola et al. (2023) indican que las fibras naturales con mayor compactación presentan una menor transmitancia de radiación UV, debido a la reducción de espacios entre fibras, lo que limita el paso de la radiación incidente. En consecuencia, los resultados obtenidos confirman que las características estructurales del fieltro desempeñan un papel fundamental en el comportamiento protector de los materiales textiles frente a la radiación solar.

Respecto al color del fieltro, se observó que los tonos oscuros alcanzaron mayores valores de FPU que los colores claros. Este comportamiento es consistente con

investigaciones previas que indican que los pigmentos oscuros poseen mayor capacidad para absorber la radiación ultravioleta antes de que esta atraviese el material. En la presente investigación, el color negro en los sombreros de alpaca, el marrón oscuro en los de vicuña y el gris en los elaborados con fibra de oveja registraron los niveles más altos de protección ultravioleta, lo que evidencia la importancia del color como criterio técnico durante el proceso de fabricación.

En relación con el tipo de fibra, la fibra de vicuña presentó el mayor valor promedio de FPU, seguida por la fibra de alpaca y, finalmente, por la fibra de oveja. Esta diferencia podría atribuirse a las propiedades físicas propias de la fibra de vicuña, caracterizada por su elevada finura, uniformidad y capacidad de compactación durante el proceso de afieltrado. Estas características favorecen la formación de una estructura más densa, disminuyendo la transmitancia de la radiación ultravioleta y mejorando la eficiencia protectora del material. La prueba de comparación múltiple de Tukey confirmó que estas diferencias fueron estadísticamente significativas, respaldando la superioridad de la fibra de vicuña como material para la elaboración de sombreros con mayor capacidad de protección solar.

El gramaje también mostró una influencia significativa sobre el FPU, observándose que el incremento de la masa por unidad de superficie favorece mayores niveles de protección ultravioleta. Este comportamiento puede asociarse a una mayor cantidad de fibras por unidad de área, lo que incrementa la cobertura del material y reduce la cantidad de radiación que logra atravesarlo. Aunque el gramaje presentó una influencia menor que el espesor, continúa siendo una variable

relevante para optimizar las propiedades funcionales del fieltro.

Desde una perspectiva aplicada, los resultados obtenidos poseen importantes implicancias para el sector textil artesanal de la región Ayacucho. La evidencia científica generada permite establecer criterios técnicos para la fabricación de sombreros de fieltro con mayor capacidad de protección ultravioleta, considerando la selección del tipo de fibra, el espesor, el gramaje y el color del material. La incorporación de estos criterios puede contribuir a mejorar la calidad del producto, incrementar su valor agregado y fortalecer la competitividad de los artesanos y productores locales en mercados que demandan textiles con propiedades funcionales.

Asimismo, la investigación aporta información científica relevante para la promoción del uso de fibras naturales como alternativa sostenible frente a materiales sintéticos. Además de sus beneficios ambientales y culturales, los sombreros elaborados con fibras de vicuña, alpaca y oveja demostraron poseer propiedades de protección ultravioleta que pueden contribuir a la prevención de enfermedades asociadas a la exposición prolongada a la radiación solar, especialmente en poblaciones que desarrollan actividades al aire libre en regiones de elevada altitud.

Finalmente, los resultados obtenidos respaldan la hipótesis planteada en la investigación al demostrar que el tipo de fibra, el gramaje, el espesor y el color del fieltro influyen significativamente en el Factor de Protección Ultravioleta de los sombreros elaborados con fibras naturales. En conjunto, estos hallazgos amplían el conocimiento sobre las propiedades funcionales de los textiles artesanales

elaborados en la región Ayacucho y constituyen una base científica para futuras investigaciones orientadas al desarrollo de materiales con mayor eficiencia de protección frente a la radiación ultravioleta.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) de los sombreros de fieltro elaborados con fibras de vicuña, alpaca y oveja está influenciado significativamente por el tipo de fibra, el gramaje, el espesor y el color del material. Entre estos factores, el espesor presentó la mayor influencia sobre el FPU, seguido del color y el gramaje, evidenciando que las características estructurales y físicas del fieltro desempeñan un papel fundamental en la protección frente a la radiación ultravioleta
2. Se concluyó que el color del fieltro influye significativamente en los valores de FPU, observándose que los colores oscuros presentan mayores niveles de protección ultravioleta en comparación con los colores claros, debido a su mayor capacidad de absorción de radiación UV. El color negro en alpaca, marrón oscuro en vicuña y gris en oveja registraron los mayores valores de FPU dentro de cada tipo de fibra evaluada.
3. Se determinó que el espesor del fieltro constituye el factor de mayor influencia sobre la protección ultravioleta, observándose que el incremento del espesor favorece el aumento de los valores de FPU. En los sombreros elaborados con fibras de alpaca y vicuña, un espesor de 3 mm permitió alcanzar niveles de protección clasificados como excelentes, mientras que en los sombreros de oveja el mejor desempeño protector se obtuvo con un espesor de 4 mm.

4. Se concluyó que el gramaje del fieltro influye significativamente en la protección ultravioleta, evidenciándose que el incremento de la masa por unidad de superficie favorece el aumento de los valores de FPU. Los tratamientos con mayores gramajes evaluados presentaron mejores niveles de protección frente a la radiación ultravioleta, debido a una mayor densidad y cobertura de fibras que reducen la transmisión de radiación a través del material.
5. Se determinó que el fieltro de vicuña presentó el mayor valor promedio de FPU (47,55), seguido por el fieltro de alpaca (42,87) y el fieltro de oveja (39,81). La prueba de comparación múltiple de Tukey confirmó diferencias significativas entre los tipos de fibra evaluados, evidenciando que la fibra de vicuña ofrece el mejor desempeño protector frente a la radiación ultravioleta y constituye una alternativa con alto potencial para la elaboración de sombreros de protección solar y valorización comercial en la región Ayacucho.

Referencias bibliográficas

Acuña, S. (2018). *Radiación ultravioleta en Arequipa 2016–2017*. Universidad Nacional de San Agustín.

Agraria.pe. (2023, 10 de febrero). *Perú es el principal productor de camélidos sudamericanos del mundo con más de 5 millones de cabezas*. <https://agraria.pe/noticias/peru-es-el-principal-productor-de-camelidos-sudamericanos-de-30808>

Algaba, I. (2016, 12 de febrero). *Determinación in vitro del factor de protección ultravioleta proporcionado por los textiles*.

AS/NZS 4399:1996. (1998). *Sun protective clothing—Evaluation and classification*. Standards Australia/New Zealand.

ATC. (2018). *Members.atcc.org. TM183-TM183. Transmitancia o bloqueo de la radiación UV a través de la tela*.

Corporativo. (2022, 20 de mayo). *Organización Mundial de la Salud. Radiación ultravioleta*.

Dobbinson, S. J., Buller, D. B., Simmons, K., & Kleibull, M. (2022). *Solar UV measured under built-shade in public parks. International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 10583.

Febres, E. (2015). *Caracterización de polos como medios de protección contra la radiación solar UV en una empresa pecuaria*. Universidad Nacional de Ingeniería.

Gelabert, I., & Fernández, M. (2020). *Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Protección UV en materiales textiles*.

GRA. (2011). *Ordenanza Regional N.º 012-2011-GRACR*. Gobierno Regional de Ayacucho.

Hassan, M. M., Islam, M. M., Islam, M. M., & Hasan, M. M. (2024). *A comprehensive review of ultraviolet radiation and functional modified textile fabric with special emphasis on UV protection. Heliyon*, 10(18), e38814.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.

Hohenstein. (2019). *Estándar UV 801*.

Hohenstein. (2021). *Norma americana AATCC TM183: Certificación UV Standard*.

INEI. (2017). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*.

INEI. (2023). *Población total proyectada y ubicación geográfica a nivel distrital*.

Lichtenstein, G. (2013). *Guanaco Management in Argentina: Taking a Commons Perspective*. *Journal of Latin American Geography*, 12(1), 187–213.

Lichtenstein, G., & Carmanchahi, P. (2012). *Guanaco management by pastoralists in the Southern Andes*. *Pastoralism*, 2(16).

Louris, E., Siforou, E., Prinziotis, G., Mekris, R., Siemos, H., Efthymiou, C., & Assimakopoulos, M. (2018). *Evaluación del factor de protección (FPU) de varias estructuras de tejido de punto*. Universidad del Sur de Ática.

Medina, M. A. (2014). *Atmósferas, materia y medición*. Equipo Sirius.

Melo, Y. (2024). *Informe de producción de fibra de alpaca y vicuña en el Perú*.

MIDAGRI. (2019). *Perfil de mercado de la fibra de vicuña*. Ministerio de Agricultura y Riego.

Organización Mundial de la Salud. (2022). *Radiación ultravioleta*. <https://www.who.int>

Quispe, E., Poma, A., Purroy, A. (2013). *Características productivas y textiles de la fibra de alpacas*. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 7(1), 1–29.

Romero, B. E. (2012). *Determinación in vitro del factor de protección ultravioleta en telas producidas en el Ecuador*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

UNE. (2007). *UNE-EN 13758-2. Textiles. Propiedades protectoras frente a la radiación solar ultravioleta (AENOR)*.

Wong, W. (2015). *Protección ultravioleta de tejidos de punto*. Hong Kong Polytechnic University.

Zoccola, M., Bhavsar, P., Anceschi, A., & Patrucco, A. (2023). *Analytical methods for the identification and quantitative determination of wool and fine animal fibers: A review*. *Fibers*, 11(6), 67–81.



ESCUELA DE

POSGRADOUNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N°0065-2026-UNSCH-EPG/KBA**

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de Posgrado en segunda instancia para la **Escuela de Posgrado – UNSCH**; en cumplimiento a la Resolución Directoral N°002-2026-UNSCH-EPG/D, Reglamento de Originalidad de trabajos de Investigación de la UNSCH, otorga lo siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

AUTOR	Bach. BERNARDO LUCIANO PILLPE ARGUMEDO
DENOMINACIÓN DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS	MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL
GRADO ACADÉMICO QUE OTORGA	MAESTRO
DENOMINACIÓN DEL GRADO ACADÉMICO	MAESTRO(A) EN INGENIERÍA AMBIENTAL
TÍTULO DE TESIS	Factores que influyen en la protección ultravioleta de sombreros de fieltro de vicuña, alpaca y oveja de la región de Ayacucho
EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD	13% de similitud
N° DE TRABAJO	2993663677
FECHA	05 de julio de 2026

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es procedente otorgar la constancia de originalidad con depósito.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.

05 de julio de 2026.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRO BERNARDO LUCIANO ARGUMEDO
Jefe Director de Investigación

CC.
Archivo
KBA/

Factores que influyen en la protección ultravioleta de sombreros de fieltro de vicuña, alpaca y oveja de la región de Ayacucho

por Bernardo Luciano PILLPE ARGUMEDO

Fecha de entrega: 05-jul-2026 11:35a. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2993663677

Nombre del archivo: Bernardo_Luciano_PILLPE_ARGUMEDO_T.docx (16.53M)

Total de palabras: 29247

Total de caracteres: 175680

Factores que influyen en la protección ultravioleta de sombreros de fieltro de vicuña, alpaca y oveja de la región de Ayacucho

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

""Desarrollo de un nuevo método para la determinación del UPF de los tejidos""
'Universitat Politecnica de Valencia'

Fuente de Internet

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3

repositorio.unaj.edu.pe

Fuente de Internet

4

ucp.silverchair-cdn.com

Fuente de Internet

5

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

6

apirepositorio.unu.edu.pe

Fuente de Internet

7

Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

8

repositorio.unach.edu.pe

Fuente de Internet

9

repositorio.unp.edu.pe

Fuente de Internet

10

repositorio.unamba.edu.pe

Fuente de Internet

11

repositorio.unsaac.edu.pe

Fuente de Internet

12

www.tdx.cat

Fuente de Internet

13

www.sanidad.gob.es

Fuente de Internet

14

repositorio.unah.edu.pe

Fuente de Internet

-
- 15 Gonzalo Gurrea Ysasi. "Análisis del efecto de las barreras físicas sobre la radiación UVB eritemática recibida por las personas", 'Universitat Politecnica de Valencia', 2015
Fuente de Internet
-
- 16 repositorio.udh.edu.pe
Fuente de Internet
-
- 17 www.ccoo.es
Fuente de Internet
-
- 18 Submitted to Universidad Nacional Agraria La Molina
Trabajo del estudiante
-
- 19 docplayer.es
Fuente de Internet
-
- 20 Diaz Lopez, Oliver. "Tecnología de Biorreactores de Membrana Como Tratamiento Terciario de Aguas Residuales Domesticas", Universidad de La Laguna (Canary Islands, Spain), 2022
Publicación
-
- 21 Submitted to Universidad Católica de Santa María
Trabajo del estudiante
-
- 22 revistas.lamolina.edu.pe
Fuente de Internet
-
- 23 Taipe Huamán, Ciro William. "Implementación de una app móvil para estimar el índice ultravioleta en tiempo real", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru)
Publicación
-
- 24 Figueroa Mendoza, Linda. "Mejoramiento de la práctica de protección frente a los efectos dañinos de la radiación solar en los niños y niñas de la Institución Educativa Inicial N° 2 de Laraqueri, Puno 2013.", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru)
Publicación
-
- 25 repositorio.unap.edu.pe
Fuente de Internet
-
- 26 upcommons.upc.edu
Fuente de Internet
-
- 27 Submitted to Universidad del Valle de Guatemala
Trabajo del estudiante
-
- 28 Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru
Trabajo del estudiante
-
- 29 Submitted to Universidad TecMilenio
Trabajo del estudiante
-

30 repositorio.uta.edu.ec
Fuente de Internet

31 www.coursehero.com
Fuente de Internet

32 Morales Riva, Miguel Angel | Rivera Loayza, Sandro | Saboya Cruzado, Fidel. "Modelo Prolab: Bloqueador solar orgánico", Pontificia Universidad Catolica del Peru (Peru)
Publicación

33 "Sustentabilidade, Tecnologia e Meio Ambiente: tópicos atuais em pesquisa", Editora Cientifica Digital, 2024
Publicación

34 pt.scribd.com
Fuente de Internet

35 repositorio.uncp.edu.pe
Fuente de Internet

Excluir citas
Excluir bibliografía

Activo
Activo

Excluir coincidencias

< 30 words



ESCUELA DE

POSGRADOUNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR
EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO(A) EN INGENIERÍA AMBIENTAL
RESOLUCIÓN DIRECTORAL N°00203-2026-UNSCH-EPG/D.

Siendo las 04:00 p.m. del 12 de mayo de 2026 se reunieron en el auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, el Jurado Examinador y Calificador de Tesis, presidido por el **MG. KELVIS BERROCAL ARGUMEDO** Director (e) de la Escuela de Posgrado, el **Mtro. ABEL NILO JUSCAMAYTA TOMASEVICH** Director de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, e integrado por los siguientes miembros: **Dr. JUAN CARLOS PONCE RAMIREZ** y la **Mtra. TARCILA ALCARRAZ ALFARO**; para la sustentación oral y pública de la tesis titulada: **FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PROTECCIÓN ULTRAVIOLETA DE SOMBREROS DE FIELTRO DE VICUÑA, ALPACA Y OVEJA DE LA REGIÓN DE AYACUCHO**, presentado por el **Bach. BERNARDO LUCIANO PILLPE ARGUMEDO**. Teniendo como asesora a la **Mg. LEIDY DIANA MEDINA QUIQUIN**.

Acto seguido se procedió a la exposición de la tesis, con el fin de optar el Grado Académico de **MAESTRO(A) EN INGENIERÍA AMBIENTAL**. Formuladas las preguntas, éstas fueron absueltas por el graduando.

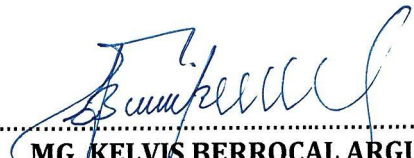
A continuación, el Jurado Examinador y Calificador de Tesis procedió a la votación, la que dio como resultado el siguiente calificativo: DIECISIETE (17).

CALIFICACION (x)	X
Aprobado(a) por Unanimidad.	
Aprobado(a) por Mayoría.	
Desaprobado(a) por Unanimidad.	
Desaprobado(a) por Mayoría.	

Marcar con un aspa (x).

Luego, el presidente del Jurado recomienda que la Escuela de Posgrado proponga que se le otorgue al **Bach. BERNARDO LUCIANO PILLPE ARGUMEDO**, el Grado Académico de **MAESTRO(A) EN INGENIERÍA AMBIENTAL**. Siendo las.....5:40 p.m.....hrs. se levanta la sesión.

Se extiende el acta en la ciudad de Ayacucho, a las.....5:50 p.m.....hrs. del 12 de mayo de 2026.


.....
MG. KELVIS BERROCAL ARGUMEDO
Director (e) de la Escuela de Posgrado.


.....
Mtro. ABEL NILO JUSCAMAYTA TOMASEVICH
Director de la UPG-FIQM.


.....
Dr. JUAN CARLOS PONCE RAMIREZ
Miembro.


.....
Mtra. TARCILA ALCARRAZ ALFARO
Miembro.


.....
Dr. ENRIQUE JAVIER AGUILAR FELICES
Secretario Docente.

Observaciones:

.....

.....

.....