



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
ESCUELA DE GRADUADOS**

**TESIS:
PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
ESPECIALISTA EN DERMATOLOGÍA**

**TEMA:
“DETERMINACIÓN IN VITRO DEL FACTOR DE PROTECCIÓN
ULTRAVIOLETA EN TELAS PRODUCIDAS EN EL ECUADOR”**

AUTOR: DRA. BERTHA ELIZABETH ROMERO FEIJOO

DIRECTOR TESIS: DRA. MARIA CECILIA BRIONES CEDENO

GUAYAQUIL - ECUADOR

2012

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a Dios a mis padres y a mis queridos hijos Edison y Samantha por el apoyo inmensurable que recibí día a día a lo largo de mi carrera.

Jamás olviden cuan feliz me siento de tenerlos como padres y guías.

Dra. Bertha Elizabeth Romero Feijoo

Autora

AGRADECIMIENTO

Dios es tan poco lo que tenemos que pedirte y tanto lo que tenemos que agradecerte” que faltarán hojas para darte las gracias, en primer lugar por bendiciones recibidas; y luego gracias por haber influido en mi etapa de formación académica y espiritual.

Agradezco al Dr. Enrique Uruga, Director del Postgrado de Dermatología de UCSG, y Director del Centro de Piel Uruga (EUP), Dra. Maria Cecilia Briones, Docente del Postgrado de Dermatología de UCSG, al Ing. Mauricio Cornejo Docente de la ESPOL, y de manera especial a la Dra. Gilda Zurita Salazar, guía e impulsadora del proyecto que me ha permitido intervenir..

Infinitas gracias a todas las personas que de una u otra manera influyeron en este trabajo.

Dra. Bertha Elizabeth Romero F.
Autora

ÍNDICE GENERAL

ABREVIATURAS	VIII
RESUMEN.....	IIX
ABSTRACT	XI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
2.1. Delimitación del problema	7
2.2. Justificación.....	7
2.3. Propósito	8
3. OBJETIVOS.....	9
3.1. Objetivo General	9
3.2. Objetivos Específicos	9
4. MARCO TEÓRICO	10
4.1. La radiación ultravioleta y sus efectos en la piel	10
4.1.1. La radiación ultravioleta	10
4.1.2. Efectos de la radiación ultravioleta en la piel.....	12
4.2. Características de los productos textiles.....	16
4.3. Metodologías para evaluar el grado de protección de los textiles a la radiación UV.....	18
4.3.1. Determinación del UPF del tejido mediante el método in vitro.....	19
4.3.2. Cálculo de los parámetros relacionados con la protección contra la radiación ultravioleta proporcionada por un tejido	26
4.3.3. Protocolo para determinar el factor de protección de los textiles mediante el método in vivo	28
5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	31
6. METODOLOGÍA	32

6.2. Diseño de la Investigación.....	32
6.2.1. Muestra/Selección de los participantes	32
6.2.2. Técnica de recolección de datos	32
6.2.3. Procesamiento de datos	29
7. PRESENTACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS	34
7.1. Resultados de las pruebas realizadas del factor de protección ultravioleta en las telas producidas en el Ecuador	34
7.1.1. El Espectro de acción eritemal.....	34
7.1.2. Irradiancia Espectral Solar	35
7.1.3. Transmitancia Espectral del tejido.....	36
7.2. Resultados obtenidos del factor de protección ultravioleta de los textiles.....	36
7.2.1. Clasificación de protección textil según muestras de fábricas estudiadas según el método “In Vitro”.....	36
7.3. Características de telas según nivel de protección	41
7.3.1. Prendas Categoría “Baja”: Clasificación según peso.....	43
7.3.2. Prendas Categoría “Baja”: Clasificación según tipo de color	43
7.3.3. Prendas Categoría “Baja”: Clasificación según composición.....	44
7.3.4. Prendas Categoría “Baja”: Clasificación según indicador FPU	44
7.3.5. Prendas Categoría “Excelente”: Clasificación según peso	46
7.3.6. Prendas Categoría “Excelente”: Clasificación según tipo de color.....	46
7.3.7. Prendas Categoría “Excelente”: Clasificación según composición.	47
7.3.8. Prendas Categoría “Excelente”: Clasificación según indicador FPU..	47
7.4. Análisis de resultados obtenidos en prendas según método “In Vivo”	48
8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	532
9. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES.....	554
10. RECOMENDACIONES.....	56
11. VALORACIÓN CRÍTICA	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	589

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de los factores que afectan significativamente el FPU de los Tejidos.....	22
Tabla 2. Clasificación de la ropa según índice UPF	28
Tabla 3. Fototipos de Piel	30
Tabla 4. Irradiancia Espectral Solar	35
Tabla 5. Muestras de Textiles "Francelana"	37
Tabla 6. Muestras de Textiles "La Internacional"	38
Tabla 7. Muestras de Textiles "Pinto"	38
Tabla 8. Muestras de Textiles "S.J. Jersey"	39
Tabla 9. Muestras de Textiles "Sinfotil"	39
Tabla 10. Muestras de Textiles "Ecuador"	40
Tabla 11. Muestras de Tela con nivel de protección "Baja"	41
Tabla 12. Muestras de telas con nivel de proteccion excelente.....	4525
Tabla 13. Telas escogidas para el metodo in vivo.....	48
Tabla 14. Telas de baja proteccion comparando resultados in vitro e in vivo.....	50
Tabla 15. Telas de alta proteccion según aplicación de metodo in vivo.....	51

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Tipos de Fibras Textiles.....	18
Gráfico 2. Espectrofotometro y fotodetectores.....	19
Gráfico 3. Ilustración de la Transmitancia	21
Gráfico 4. Porosidad en algodón.....	23
Gráfico 5. Lampara emisora de rayos UVB.....	29
Gráfico 6. Espectro de acción eritemal CIE.....	35
Gráfico 7. Clasificación de telas según su nivel de protección	41
Gráfico 8. Prendas Categoría "Baja"-Clasificación por peso	43
Gráfico 9. Prendas categoría "baja"-Clasificación por tipo de color	43
Gráfico 10. Prendas Categoría "baja"-Clasificación según composición.....	44
Gráfico 11. Prendas Categoría "Baja": Clasificacion según indicador FPU.....	44
Gráfico 12. Prendas Categoría "Excelente"-Clasificación por peso	46
Gráfico 13. Prendas Categoría "Excelente"-Clasificación por tipo de color	46
Gráfico 14. Prendas Categoría "Excelente"-Clasificación por composición	47
Gráfico 15. Prendas Categoría "Excelente": Clasificacion según indicador FPU47	
Gráfico 16. Panel para ensayo de metodo in vivo.....	49
Gráfico 17. Esquema de radiacion UVB utilizada en el metodo in vivo.....	50

ABREVIATURAS

FPU: Factor de Protección Ultravioleta

UV: Ultravioleta

nm: nanómetros

mJ: milijoule

RUV: Radiación Ultravioleta

CIE: Comisión internacional de iluminación

AM: Masa de aire

AAD: Academia Americana de Dermatología

RESUMEN

Objetivo: Determinar el grado de protección a la radiación ultravioleta que ofrecen los tejidos fabricados y comercializados en el Ecuador.

Metodología: Estudio descriptivo y analítico que incluyó la utilización de 2 métodos: in vitro e in vivo, y una muestra de 72 telas y en el método in vivo 10 personas. Se utilizó un equipo denominado espectrofotómetro que emite radiación con un rango en nm y que mide la transmitancia a través del tejido.

Análisis Estadístico: La representación de los resultados se hizo a través de tablas tabuladas en hojas de cálculo de Excel, clasificando el estudio por método (in vitro e in vivo), luego por tipo de fábrica, y características (color, peso y composición). Como complemento se utilizaron gráficos de pastel, para una mejor ilustración y comprensión.

Resultados: Se presentan resultados del FPU (factor de protección ultravioleta) efectuadas en setenta y dos tipos de telas de fabricación nacional e identificándolas según su grado de protección:(40-50, 50+) excelente, (25-39) muy buena, (15-24) buena y (menos 15) mala protección. Para ello se consideró varios parámetros; la transmitancia que se midió a través de un instrumento llamado espectrofotómetro y otros parámetros que se encuentran estandarizados. Este método fue parcialmente comparado con el método in vivo, realizado en personas voluntarias con los fototipos de piel que más frecuentemente existen en nuestro mediotipos 4 y 5 según la clasificación de Fitz Patrick.

Obteniendo como resultados por medio del método in vitro, que del total de telas el 43% tienen una buena protección contra la radiación ultravioleta, teniendo las siguientes características colores oscuros, peso superior a 200g/m², y su composición fue de algodón, poliéster y lana, un 56% tienen una baja protección siendo de colores claros, peso inferior a 150gr y composición similar de algodón y poliéster.

Al correlacionar con el método in vivo se obtuvieron resultados similares debido a que se obtuvo eritema únicamente con los textiles de colores claros y con un peso bajo, que corresponde a un FPU menor de 15.

Palabras Clave: Telas, espectrofotómetro, radiación ultravioleta, in vitro, in vivo, piel, eritema.

ABSTRACT

Objective: To determine the degree of UV protection offered by fabrics manufactured and marketed in Ecuador.

Methodology: A descriptive and analytical study that includes using 2 methods: in vitro and in vivo, a sample of 72 fabrics, and 10 people in each method respectively. We used a spectrophotometer which simulates electromagnetic radiation with a range in nm and measures the transmittance through the fabric.

Statistical analysis: The representation of the results was done through tables tabulated in Excel spreadsheets, classifying the study method (in vitro and in vivo), type of factory, and features (color, weight and composition). Complementing pie charts were used for better illustration and understanding.

Results: The results were made in UPF (Ultraviolet Protection Factor) for seventy-two types of domestically produced fabrics, identifying them according to their degree of protection as excellent (40-50, 50+), very good (25-39), good (15-24), and low (less than 15). Several parameters were considered for this; the transmittance was measured through an instrument called a spectrophotometer and other standardized parameters. This method was partially compared with the in vivo method, fulfilled by volunteers with skin phototypes IV and V, which exist most frequently in our environment, according to Fitz Patrick.

The results obtained by the in vitro method indicate that the 43% of textiles that have good protection against UV radiation have the following characteristics: dark color, weigh more than 200g/m², and are a composition of cotton, polyester and wool. The 56% with low protection are light colored, weigh less than 150 grams, and have a composition similar to that of cotton and polyester.

In correlation, they obtained similar results with the in vivo method, as erythema was obtained only through light colored textiles with light weight, which corresponds to an UPF of less than 15.

Keywords: Fabrics, spectrophotometer, ultraviolet radiation, in vitro, in vivo, skin, erythema.

1. INTRODUCCIÓN

Hace más de 400 años que Copérnico declaró que el sol era el centro del universo. A lo largo de la historia, la especie humana ha tenido una relación especial con el sol. Desde Egipto hasta México se rendía culto al astro rey, era considerado el dios que daba calor y permitía el crecimiento de los cultivos, de hecho no hay ningún aspecto del mundo en que vivimos que no esté influenciado por el sol desde la fotosíntesis hasta nuestro estado de ánimo por lo que no es de extrañar el papel central que juega el sol en la piel ⁽¹⁾.

La exposición a mínimas dosis de sol es beneficiosa para el organismo ya que contribuye al desarrollo de los huesos y la asimilación de vitamina D3, pero una exposición prolongada provoca fotoenvejecimiento y cáncer de piel, causada por la radiación ultravioleta; y además, alteraciones oculares que afectan retina y córnea ^(2,3).

En la actualidad se debe prestar atención especial a la protección de la piel debido a que la intensidad de la radiación ultravioleta que llega a la superficie de la tierra es mucho mayor ahora, que hace años atrás debido a la reducción de la capa de ozono que constituye la principal protección en la superficie terrestre a la radiación ultravioleta ⁽²⁾. Esto significa que en las mismas horas de exposición al sol nuestra piel recibe hoy mucha más radiación; además los rayos solares son más fuertes en la línea ecuatorial o ecuador, donde el sol está más perpendicular a la superficie terrestre y los rayos ultravioleta tienen que viajar distancias más cortas a través de la atmósfera ⁽⁴⁾.

La disminución de la capa de ozono ha llevado que aumente la cantidad de radiación ultravioleta que llega a la superficie de la tierra, particularmente cuando el sol se haya en el cenit y los rayos solares inciden verticalmente ⁽⁵⁾. La reducción de la capa de ozono es mayormente producido por la propia actividad humana a partir de la

liberación en la atmósfera de compuestos que deterioran el ambiente tales como refrigerantes o plaguicidas. ^(2,6)

A pesar de que desde hace años se viene hablando de la importancia de la protección de la piel contra la RUV mediante diversas formas, como por ejemplo las ropas, se sabe muy poco sobre el verdadero potencial que las telas ofrecen contra la radiación ultravioleta, y existe aún un gran desconocimiento tanto en la población como en la industria textil. Aunque cada vez existe mayor concienciación de la necesidad de protección de la piel frente a la radiación solar, generalmente se piensa en la protección cuando la piel no está cubierta por una prenda. ^(1,7)

Así, todo el mundo habla del factor de protección que tienen los bloqueadores solares, pero casi nadie piensa en la protección que le proporcionan las prendas de vestir. Las prendas, en particular cuando se trata de tejidos ligeros, no ofrecen tanta protección solar como en general se cree, la piel puede no estar suficientemente protegida a pesar de estar cubierta con una prenda de vestir.

La protección a la RUV del sol ofrecida por un tejido depende de un gran número de variables entre las que mencionamos los diferentes tipos de fibras clasificándolas según su origen en naturales como la lana y el algodón, y artificiales como el poliéster y el nylon, además el color del tejido y el peso, entre otras características tenemos el espesor y la porosidad datos que no se pudieron obtener en nuestro trabajo debido a la falta de equipos especiales en las diferentes fabricas del país, para determinar estos datos⁽⁸⁾.

Existen dos métodos para determinar el factor de protección ultravioleta de las telas el método in vivo en el que se requiere de un gran número de personas que se deben someter a diferentes ensayos utilizando una fuente artificial de UVB recibiendo diferentes dosis de energía hasta obtener el eritema, por lo que es subjetivo y sujeto a valores

diferentes para cada individuo debido a que depende del fototipo de piel.
(9)

Mientras que el método *in vitro* es el más utilizado, por ser más exacto ya que se utilizan equipos que determinan la transmitancia espectral difusa en el rango de longitudes de onda de la radiación ultravioleta, deduciéndose el factor de protección a partir de ella. El factor de protección de un tejido determinado *in vitro* se representa como factor de protección ultravioleta (FPU).^(3,8)

En este estudio se logra obtener el grado de protección a la radiación ultravioleta de 6 industrias textiles del Ecuador mediante el método *in vitro*, y para verificar la eficacia de este método se realizaron ensayos utilizando el método *in vivo* con personas voluntarias utilizando la radiación UVB.

Este proyecto de investigación nace de la iniciativa de la Doctora Gilda Zurita por viabilizar en nuestro país la producción de prendas fabricadas con telas dotadas de propiedades *fotoprotectoras*, como medio cotidiano para prevenir la incidencia de los rayos ultravioletas sobre la piel, no solo de pacientes especialmente sensibles a estos rayos, sino de todo aquel que quiera beneficiarse de un medio *fotodefensivo* integrado a sus prendas de uso corriente.

Como un paso inicial la Dra. Gilda Zurita ha localizado la existencia de un *espectrofotómetro* en el área de materiales de la Facultad de Ciencias Químicas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL. Este aparato tiene la capacidad de poder detectar y determinar la *transmitancia* de radiación ultravioleta a través de los textiles, razón por la cual ha impulsado la gestión de un convenio entre la ESPOL y el Departamento de Dermatología del Hospital Luis Vernaza, HLV.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La disminución de la capa de ozono en las últimas décadas ha aumentado de manera considerable la cantidad de radiación ultravioleta que llega a la tierra, existiendo mayor riesgo para los países que se encuentran en la franja ecuatorial, porque el sol está perpendicular a la superficie terrestre, y sus rayos viajan distancias más cortas a través de la atmósfera. En consecuencia, con la misma cantidad de horas de exposición al sol nuestra piel recibe actualmente mucha más radiación.

Los rayos ultravioletas (UV) son un tipo de energía invisible emitida por el sol y que forman parte del espectro de luz. A la superficie de la tierra llegan dos tipos de rayos UV: Los rayos UVB (280- 320 nanómetros) y los rayos UVA (320 a 400 nanómetros). Los UVB actúan en la primera capa de la piel (epidermis) y poseen alta energía. Son los que producen el eritema y participan en la quemadura solar. Son los principales responsables, por una alteración directa del ADN celular, de la aparición de cáncer basocelular y espinocelular.

Los rayos UVA penetran más profundo en la piel, llegan hasta la dermis (segunda capa de la piel) e indirectamente por acción de los radicales libres alteran el ADN de la célula, causando fotoenvejecimiento y aumentando el riesgo de cáncer cutáneo. Tanto los rayos UVB como los UVA pueden causar supresión del sistema inmune, que es el que nos ayuda a protegernos de la formación y desarrollo del cáncer cutáneo; además, también provocan alteraciones oculares que afectan retina y córnea.

Debido a la necesidad de evitar los daños producidos por la exposición solar, existen varias organizaciones como la European Standardization Commission en Europa y la American Association of Textile Chemists and Colorists junto a la American Society for Testing and Materials en Estados Unidos, que proponen una serie de medidas para

reducir los riesgos entre las que se encuentran la Organización Mundial de la salud y la Academia Americana de Dermatología recomienda:

-Usar fotoprotectores con FPS ≥ 15 (UVA+UVB), aplicar uniformemente 30 minutos antes de la exposición sobre piel seca y reaplicar cada 30 minutos de exposición, al salir del agua, tras sudar o realizar ejercicio. Sería conveniente evitar las cabinas bronceadoras (UVA) ya que pueden favorecer el envejecimiento y la posible aparición de cáncer. En pacientes de alto riesgo, como los tratados con inmunosupresores (corticoides, azatioprina), transplantados, mayores, antecedentes de cáncer cutáneo, fotosensibilidad, predisposición genética al cáncer (individuos con pecas, piel, cabello y ojos claros) debería aplicarse FPS > 30.

- Ropa oscura (roja, verde y azul) con FPU ≥ 30 , camisas de mangas largas, pantalones largos.
- El uso de sombreros de ala ancha para protección de cabeza, cuello, nariz y orejas.
- Gafas protectoras frente a radiaciones UVA+UVB, con vidrios de policarbonato o polimetilmetacrilato y con monturas de protección lateral y /o superior.
- Sombrero de ala ancha para protección de cabeza, cuello, nariz y orejas.
- Combinar las medidas anteriores con otras alternativas como resguardarse en la sombra durante el cenit (12-16 horas), especialmente en zonas de alta montaña y mar abierto. En el trópico el cenit se centra entre 10-11h y 15-16 horas⁽¹⁰⁾.

En nuestra ciudad por tener un clima cálido, la población tiende a utilizar ropa ligera, sin mangas, de tela muy fina, de algodón y de una trama abierta, sin saber que este tipo de ropa no brinda protección adecuada ya que permiten filtrar cierta cantidad de radiación UV⁽¹¹⁾.

Está muy difundido el uso de bloqueadores y pantallas solares como medio de protección; pero existe un total desconocimiento en la población, acerca de usar la ropa como estrategia para cubrirse del sol. No se conoce sobre el grado de protección que los distintos tipos de telas pueden ofrecer.

El estándar internacional para clasificar la ropa según la cantidad de radiación UV que bloquea, es semejante al que se emplea con los bloqueadores solares, se conoce como factor de protección ultravioleta (FPU), y se define como la razón entre el tiempo umbral para causar un eritema cuando está presente un elemento de protección y el tiempo umbral para causar el mismo efecto cuando no hay ningún tipo de protección. Si una persona puede permanecer 10 minutos expuesta al sol hasta que su piel se enrojece, utilizando una crema o tejido con un factor de protección de 15 podrá permanecer 150 minutos en exposición hasta que se produzca el enrojecimiento.

Todas las telas brindan alguna protección a la radiación solar ya que constituyen una barrera, sin embargo, no se sabe exactamente cuál es el porcentaje de protección que los distintos tipos de telas pueden presentar, porque no se encuentran debidamente certificadas y en el Ecuador no existen estudios o investigaciones que busquen determinar esta característica de las telas.

Mediante esta investigación se pretende obtener información acerca de las telas, cuales ofrecen mayor protección contra los rayos ultravioletas, que tipo de tejido según su composición, peso y color ofrecen mayor o menor capacidad para bloquear los rayos ultravioletas.

Para poder llegar a concientizar a nuestros pacientes y a la población en general, acerca de la importancia que la ropa tiene en la prevención del daño solar crónico, que incluye el envejecimiento precoz y el cáncer de piel.

2.1. Delimitación del problema

Este trabajo de investigación fue iniciativa de la doctora Gilda Zurita, quien por medio de un convenio de la Facultad de Ciencias Químicas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL y el Departamento de Dermatología del Hospital Luis Vernaza, HLV. Para lograr obtener la transmitancia de las telas mediante un equipo llamado espectrofotómetro.

Realizándose el estudio en telas de seis industrias textiles del Ecuador a través de ensayos realizados mediante el método in vitro. Para verificar la eficacia del método in vitro se realizan ensayos utilizando el método in vivo con personas voluntarias utilizando la radiación UVB.

Estudio realizado desde el mes de febrero hasta agosto del 2011; con telas ecuatorianas de diferentes fábricas del país, quienes nos brindaron diferentes muestras de forma aleatoria de sus telas, las cuales estaban debidamente etiquetadas indicando las características de cada una de ellas: composición del tejido, peso y color, y fueron clasificadas dependiendo del origen del tejido como: de fibra natural en donde se incluye el algodón, lino, seda y lana; tejidos sintéticas como nylon y poliéster y tejidos artificiales como el rayón.

2.2. Justificación

El aumento en la esperanza de vida, la excesiva exposición al sol debido a las actividades que se realizan al aire libre o a la búsqueda del bronceado, y la depleción de la capa de ozono, han contribuido al incremento de los problemas cutáneos y oculares fotoinducidos. Todo ello ha resultado en una creciente demanda de métodos para proteger la piel frente a los efectos adversos de la radiación solar.

La falta de información en nuestro país sobre el nivel de protección contra la radiación ultravioleta que nos brindan las telas de fabricación nacional, nos ha conducido a realizar un estudio sobre este tema, y que los resultados sean difundidos a la comunidad con la finalidad que se tome las medidas pertinentes a fin de reducir los efectos adversos de la radiación ultravioleta en la piel.

Considerando que el daño solar es acumulativo e irreversible, y que la única forma de prevenirlo es bloquear la radiación ultravioleta antes de que penetre a la piel; surge la necesidad de usar vestimenta con tejidos adecuados tomando en cuenta las características con mayor capacidad de bloqueo.

2.3. Propósito

A través de un muestreo al azar, obtener la colaboración de diversas fábricas de textiles, para poder establecer cuáles son las telas que presentaron mayores y menores niveles de fotoprotección a través del método in vitro e in vivo; y tratar, con los resultados obtenidos reducir los efectos adversos de la radiación ultravioleta en la piel.

Los datos que se obtuvieron, se entregaran a las fábricas, para que sean ellos, los que posteriormente desarrollen medidas correctivas o preventivas según fuere el caso.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Determinar el grado de protección a la radiación ultravioleta que ofrecen los tejidos fabricados y comercializados en el Ecuador.

3.2. Objetivos Específicos

- ❖ Determinar el factor de protección ultravioleta FPU de las telas mediante el método in vitro.
- ❖ Analizar cuáles son los materiales textiles que mejor protección solar nos brinden considerando la clasificación de los textiles de acuerdo a su origen.
- ❖ Analizar las variables de color, tipo de fibra, peso de las telas, y relacionarlas con el FPU obtenido.
- ❖ Correlacionar el efecto protector de las telas in vitro, con el efecto protector in vivo en 20% de las muestras elegidas al azar.
- ❖ Comunicar a las personas y los fabricantes de telas los resultados del estudio para que se informen de que telas nos brindan mayor protección.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. La radiación ultravioleta y sus efectos en la piel

4.1.1. La radiación ultravioleta

Existen diferentes fuentes artificiales que emiten radiación ultravioleta, pero la fuente más importante de este tipo de radiación es el sol. La luz solar es la energía responsable de la vida en la tierra. El sol emite diversos tipos de radiaciones: rayos X, radiaciones ionizantes, radiaciones ultravioletas (RUV), luz visible, radiaciones infrarrojas y otras.

Desde el punto de vista fotobiológico el espectro solar en la superficie terrestre (nivel del mar) está formado por radiaciones con longitudes de onda de energía electromagnética comprendida entre 290 y 3000 nm. Y debido a esta gran diversidad, desde el punto de vista de la práctica clínica se considera que el espectro solar está formado por: radiaciones ultravioleta (290-400 nm), luz visible (400-760 nm) y radiaciones infrarrojas (760 a 1.800 nm⁽¹⁾).

Estas radiaciones son modificadas de manera importante por su paso a través de la atmósfera y solamente dos tercios de esta energía penetra en la Tierra. La mayoría de los efectos perjudiciales para la salud, principalmente sobre la piel, se deben a la acción de la radiación ultravioleta. La luz visible y la radiación infrarroja son generalmente inocuas para el hombre^(2,10).

Por convenio, el espectro ultravioleta se subdivide arbitrariamente en tres bandas de mayor a menor longitud de onda., siendo las siguientes: UVC (200 a 290 nm), UVB (290 a 320), y UVA (320 a 400 nm). La región UVA es la responsable de la reacción de pigmentación de la piel, y de

muchos otros efectos como son el fotoenvejecimiento de la piel y la fotosensibilización. La UVA no es filtrada por la capa de ozono en el mismo grado que la UVB y la UVC, y cantidades suficientes de la misma penetran a través de las nubes y de los vidrios.

La región UVB tiene también una marcada acción pigmentógena, otro efecto importante que se le atribuye es el cáncer cutáneo. En un día de verano, la UVB comprende aproximadamente el 5% de la radiación UV, y la UVA el 95% restante. Sin embargo la UVB es más responsable que la UVA en producir daño biológico, ya que contribuye con cerca del 80% de los efectos dañinos que se asocian a la exposición solar, la UVA sólo produce el 20% restante ⁽¹¹⁾.

La cantidad de radiación UV y luz visible que alcanzan un cierto nivel de la piel varía con su longitud de onda. En general, las longitudes de onda largas penetran más profundamente, lo cual se puede explicar por las propiedades ópticas de la piel. La radiación UVC comprende las longitudes de onda menores a 290 nm (200-290 nm). Esta región es eritematogena, mutagénica y carcinogénica; pero no está presente en la superficie terrestre debido a la filtración producida por la capa de ozono.

Actualmente se considera que el aumento en las patologías fotosensibles puede estar asociado a la disminución del ozono estratosférico, el cual se sabe regula la intensidad de la radiación ultravioleta B que llega a la superficie de la tierra hasta en un 50% y en menor proporción de radiación ultravioleta A. Se ha determinado que pérdidas de ozono estratosférico de un 1% permiten incrementos de 2% de radiación ultravioleta B sobre la superficie de la tierra ⁽¹²⁾.

La intensidad y frecuencia del espectro luminoso generado por el sol sufre alteraciones cuando la luz atraviesa la atmósfera. Eso se debe a la absorción, reflexión y dispersión que toma lugar dentro de esta. Estas modificaciones son dependientes del espesor de la capa atmosférica, también específica por un parámetro denominado "masa de aire" (AM), y

por tanto del ángulo cenital del sol, de la distancia tierra-sol y de las condiciones atmosféricas y meteorológicas.

4.1.2. Efectos de la radiación ultravioleta en la piel

La radiación solar es fuente de vida en la tierra, pero la exposición a esta de forma incontrolada provoca efectos perjudiciales en la piel. Efectos agudos como las quemaduras solares observando eritema, inflamación, prurito, ampollas, exfoliación y pigmentación. Dependiendo de la intensidad de la quemadura, del tiempo, del horario de exposición, clima, latitud, espesor de la capa de ozono y fototipo de piel ⁽¹³⁾.

El proceso inflamatorio cutáneo originado tras producirse la quemadura solar se relaciona con la aparición y /o activación de una serie de mediadores celulares de la inflamación como prostaglandinas y citoquinas. Otras sustancias implicadas son los fotoproductos de ADN, expresión de moléculas de adhesión intercelular (ICAM), formación de especies reactivas de oxígeno y mutaciones de los genes protectores, como es el caso del gen p53.

Otro efecto ocasionado por el sol es el incremento del grosor de la piel y la formación creciente de melanina provocando manchas hiperpigmentadas en la piel como lentigos que contribuyen al envejecimiento prematuro de la piel, y la fotosensibilización dando reactivación de algunas enfermedades de la piel como herpes, erupción polimorfo lumínica y problemas en la vista (cataratas precoces).

Efectos crónicos como el envejecimiento presencia de arrugas, alteración en la pigmentación, lesiones del ADN, queratosis actínicas pre malignas, que pueden llegar a originar carcinomas basocelulares, espinocelular y melanoma.

Como efectos inmediatos, la radiación UVA ejerce una acción calórica y produce una pigmentación rápida de la melanina que ya existe en la piel. Una sobreexposición a esta radiación produce efectos crónicos y colaterales similares a los producidos por la radiación UVB, aunque las dosis necesarias para producirlos son mayores. Las fotodermatitis, el fotoenvejecimiento y la fotocarcinogénesis son algunos de los efectos adversos más importantes ^(12,14).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), el cáncer cutáneo es el tipo de cáncer más frecuente en la incidencia mundial y el melanoma se está incrementando más rápidamente que cualquier otra neoplasia maligna ⁽¹⁵⁾. De todos los efectos nocivos que producen las radiaciones solares sobre la piel; tenemos que el fotoenvejecimiento y la fotocarcinogénesis son los más estudiadas actualmente.

➤ **Fotocarcinogénesis**

Los fotones de las radiaciones UV interactúan con numerosas estructuras, incluyendo el ADN, ARN, las proteínas, los lípidos de las membranas y las organelas celulares provocando la apoptosis de los queratinocitos irradiados.

Los queratinocitos disponen de mecanismos necesarios para reparar este daño, pero si lo hacen de forma incompleta aparecen mutaciones características del daño actínico.

Cuando la mutación inducida por la radiación UV se produce en el p53 se pierde el control del genoma, produciendo la aparición de lesiones pre cancerosas como queratosis actínicas y lesiones cancerosas como carcinomas espinocelulares o basocelulares. ⁽¹⁵⁾

Si la radiación UVB es importante en la iniciación tumoral, la UVA lo es en la promoción del mismo. Así, la radiación UVA produce hiperplasia

epidérmica, aparición de células de quemadura *sunburncells*” en la epidermis y aumento de la expresión de p53 en los queratinocitos. La radiación solar, tanto la UVB como la UVA, puede disminuir la inmunidad cutánea lo cual favorecería a su vez a la formación de tumores. ^(14,15)

➤ **Fotoenvejecimiento**

El fotoenvejecimiento consiste en los cambios en apariencia y funciones de la piel como resultado de una exposición solar repetida, más que por el simple paso del tiempo. Este complejo proceso implica la interacción de muchos elementos, incluyendo metaloproteinasas, citosinas y otros mediadores de la inflamación sobre distintas estructuras celulares y extracelulares cutáneas.

Se estima que el 90 % de los cambios cutáneos asociados a la edad, son consecuencia de la radiación UV crónicamente recibida, en particular por su acción sobre el ADN celular. En este sentido, aparecen mutaciones en genes reguladores, como el p53, con más frecuencia en la piel crónicamente fotoexpuesta que en la piel normal, lo que apoya el papel del daño acumulativo del ADN en el fotoenvejecimiento. Además, la capacidad de reparar el ADN disminuye con la edad. ⁽¹⁶⁾

➤ **Fotoprotección intrínseca de nuestra piel**

Para protegerse de la agresión por parte de las radiaciones externas, la piel posee unos mecanismos de adaptación y de defensa, de los cuales los más importantes son el engrosamiento de la capa córnea, la producción de melanina, la activación de moléculas antioxidantes, los sistemas de reparación del ADN y la síntesis de citocinas. Estos mecanismos de fotoprotección natural tienen una eficacia variable según los individuos, siendo insuficientes especialmente en las personas de fototipo claro.

La melanina es el pigmento marrón-negro que es distribuido a los queratinocitos circundantes a través de las prolongaciones dendríticas de los melanocitos. Este pigmento tiene una función protectora en la piel, mediante absorción directa de los fotones y otros cromóforos celulares.

En las células, la melanina tiende a distribuirse encima del núcleo, para proteger al núcleo de la radiación UV. No obstante, la pigmentación melanica epidérmica, varía según el fototipo de piel, no es un filtro neutro ⁽¹⁷⁾.

La cantidad de radiación UV y luz visible que alcanzan un cierto nivel de la piel varía con su longitud de onda. En general, las longitudes de onda largas penetran más profundamente, lo cual se puede explicar por las propiedades ópticas de la piel.

Cuando la luz visible y la UV alcanzan la piel, parte es reflejada, parte es absorbida, y parte es transmitida a diferentes capas de células, hasta que la energía del rayo incidente se disipa. La porción de luz que es absorbida por las moléculas en los tejidos es la más importante ya que se trata de la energía que puede causar respuestas tisulares. ⁽¹⁸⁾

➤ **Fotoprotección exógena**

En sentido amplio puede decirse que la fotoprotección exógena incluye todos aquellos métodos y estrategias que el sujeto realiza para disminuir los efectos adversos de las radiaciones solares sobre la piel. Esto incluye desde evitar la exposición solar, ponerse a la sombra, utilizar gorros, vestimenta, hasta la aplicación o ingestión de sustancias destinadas a este fin, conocidas como fotoprotectores.

Los sombreros y las gorras proporcionan una buena pantalla física de fotoprotección para el rostro y el cuello. Las gafas de sol protegen los ojos y áreas perioculares de los efectos dañinos de la radiación UV. La American Academy of Ophthalmology recomienda que las gafas de sol

bloqueen el 99 % de la radiación UVA y B. La protección se correlaciona con el color o la oscuridad de la lente.

Las sombras y los árboles pueden reducir la radiación UV directa pero no la indirecta emitida por las superficies circundantes (arena, agua, nieve, etc.)^(17,19)

4.2. Características de los productos textiles

Una tela es una lámina flexible compuesta por muchos hilos que se entrecruzan de manera regular y alternada en toda la longitud. Las telas pueden ser las obras tejidas en el telar o aquellas semejantes que se encuentran formadas por series alineadas de puntos o lazadas hechas con un mismo hilo. La fibra es cada uno de los filamentos que, dispuestos en haces, entran en la composición de los hilos y tejidos, ya sean artificiales, vegetales o animales.

Las telas se clasifican según su composición en fibras naturales de origen animal o vegetal y las fibras químicas que pueden ser sintéticas y artificiales.

Las fibras naturales de origen animal son todas aquellas fibras que como tales se encuentran en estado natural y que no exigen más que una ligera adecuación para ser hiladas y utilizadas como materia textil entre ellos tenemos: la lana, el pelo de la alpaca, angora, camello, cabra, llama, vicuña y pelo de caballo y la seda que se obtiene del gusano de seda; dentro de las fibras naturales de origen vegetal tenemos el lino y el algodón que es el más comercializado, es la fibra de más calidad textil en su estado natural.

Dentro de las fibras químicas tenemos las fibras artificiales y sintéticas, que son el resultado de transformaciones químicas. Es importante mencionar que el término sintético hace referencia a un

producto obtenido a partir de elementos químicos, y el artificial es un producto ya elaborado con componentes existentes en la naturaleza.

Las fibras artificiales son fibras a base de polímeros naturales de celulosa y de proteínas vegetales como cacahuete, maíz y soya. La celulosa es un componente básico de las paredes de las células vegetales de color blanco sin olor ni sabor.

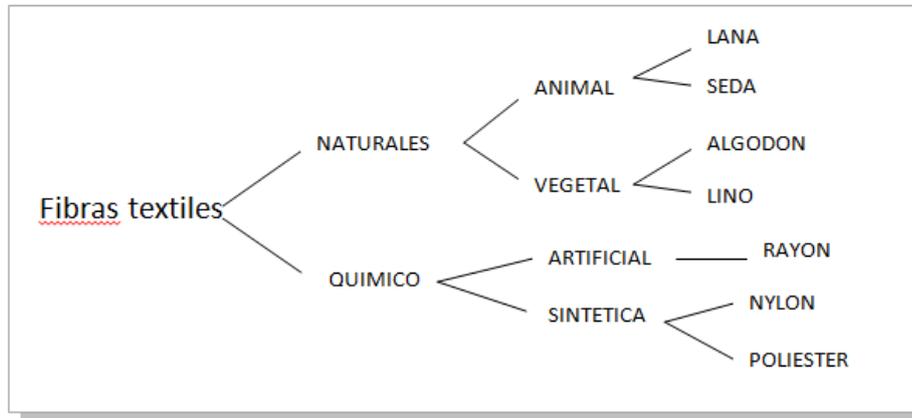
Las fibras artificiales fueron inventadas a principios del siglo XX, consolidando una gran aceptación en la confección textil, con una elaboración que se ha ido perfeccionando desde la producción de la fibra hasta la fabricación de los tejidos. Obteniendo el rayón, que es un material semejante a la seda de gran resistencia y poco inflamable.

Las fibras sintéticas: El proceso de polimerización, aplicada a determinadas materias primas, permite la obtención de fibras sintéticas. Los polímeros son moléculas orgánicas complejas, formadas como resultado de la unión de varias moléculas orgánicas simples. Se elaboran a partir de materias primas como son el carbón, alquitrán, amoníaco y petróleo, estos tejidos resultan ligeros, elásticos y muy resistentes, tenemos el nylon y el poliéster.

La combinación de fibras naturales como el algodón, lana y artificiales produce fibras mixtas que ofrecen las mejores cualidades de ambas. Existe una variedad muy grande de géneros fabricados con fibras mixtas y cada uno de ellos se comporta de modo diferente ⁽²⁰⁾.

Los textiles bloquean la radiación solar en mayor o menor grado dependiendo de algunas características, Considerando su origen las fibras sintéticas son más bloqueadoras que las fibras de origen natural; la densidad de la trama o porosidad es importante, ya que a mayor densidad menor paso de la luz ultravioleta. También influye el color de la tela colores oscuros protegen mejor que colores claros ^(19,21).

Gráfico 1. Tipos de Fibras Textiles



Fuente: Tomado del texto industrias textiles y de la confección.2006

4.3. Metodologías para evaluar el grado de protección de los textiles a la radiación UV.

El estándar internacional para clasificar la ropa anti UV es similar a la que se emplea con los protectores solares. Se conoce como FPU, que nos indica el porcentaje de filtración de los rayos UV a través de la tela.

Las telas se clasifican según el nivel de radiación que filtran. Variando su FPU de 15 a 50. De esta manera un FPU de 15 quiere decir que retarda 15 veces la producción de eritema en la piel. Una clasificaciones 50 significa que solo 1/50 de los rayos UV del sol atraviesan la tela, ya que solo el 2% de los rayos UV pueden pasar. El factor de protección solar de un tejido se puede determinar mediante los métodos *in vivo* o *in vitro*^(17,22).

El método *in vivo* se basa en aplicar sobre la piel generalmente la espalda de un individuo, dosis miniase radiación U para obtener inicialmente la dosis de eritema mínimo (DEM), que se considera a la menor dosis capaz de proporcionar un eritema homogéneo a las 24 horas. Una vez determinado la dosis de eritema mínimo se obtiene el DEM con protección utilizando diferentes materiales textiles.

Para que este método *in vivo* sea fiable se necesita de un gran número de individuos que se sometan a este procedimiento y realizar varios ensayos utilizando diferentes dosis hasta conseguir el eritema mínimo en la piel con cada uno de los diferentes tejidos, que será leído a las 24 horas. Todos estos factores, afectan la rapidez del proceso ⁽²³⁾.

El método *in vitro* se basa en medir la cantidad de la radiación ultravioleta que pasa a través del tejido. Se cuantifica mediante un espectrofotómetro debidamente calibrado. La técnica no requiere personas que se sometan a ensayo y la medida se puede realizar fácilmente y en pocos segundos. Por lo tanto es un método sencillo, rápido y objetivo.

Gráfico 2. Espectrofotómetro y fotodetectores



Fuente: Laboratorio de Materiales de la ESPOL

Varios autores han comparado los resultados mediante ambas métodos de medición para determinar el FPU de los tejidos, los resultados obtenidos son muy similares. Por estas consideraciones, la medición del factor de protección de tejidos se realiza fundamentalmente mediante el método de medición *in vitro*. ⁽²⁴⁾

4.3.1. Determinación del FPU del tejido mediante el método *in vitro*

Para determinar el FPU de un tejido o tela a más de la transmitancia que es la cantidad de radiación ultravioleta que pasa a través del tejido, se toman en cuenta otros factores.

En primer lugar, no toda la radiación ultravioleta emitida por el sol llega a la superficie de la Tierra en la misma proporción, por lo que en el cálculo del FPU es necesario introducir un factor de corrección, de forma que se simulen las condiciones reales de exposición. El factor que se introduce es el espectro de irradiancia solar que se tomó de la ciudad de Quito de nuestro país, quienes nos dieron valores de la irradiancia solar en las diferentes horas del día.

Por otra parte, no todos los tipos de radiación ultravioleta causan el mismo efecto sobre el ser humano, por lo que se debe dar más peso a las radiaciones más perjudiciales y minimizar el efecto de las radiaciones más benignas. Esta corrección se realiza mediante la introducción en la fórmula, del espectro de acción eritemal. Por lo tanto, son tres los factores que intervienen en la determinación del FPU de un tejido ⁽²⁵⁾:

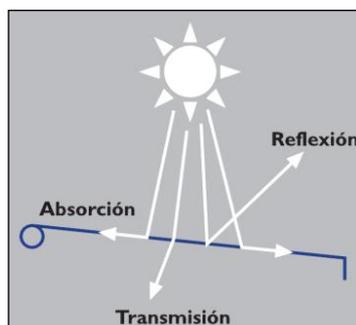
- Transmitancia espectral: que representa la cantidad de energía que se transmite a través del tejido en todo el rango de longitud de onda ultravioleta.
- Irradiancia espectral solar: que es la cantidad de energía solar que llega a la superficie de la Tierra para cada longitud de onda.
- Espectro de acción eritemal: Es la representación numérica del eritema producido en la piel de acuerdo a la longitud de onda.

4.3.1.1. Transmitancia de un tejido (T_{λ})

El factor más importante a tener en cuenta en el cálculo del FPU del tejido, es la transmisión de la radiación ultravioleta a través de él. Cuando un rayo de luz incide sobre una muestra textil, una parte de la radiación es reflejada, otra parte es absorbida por el material y el resto lo atraviesa y se transmite.

Hay dos tipos diferentes de transmisión de la radiación ultravioleta: una parte es la transmisión directa, es decir, la radiación que pasa directamente a través de los poros del tejido, y una parte difusa, cuya distribución puede ser alterada por una serie de parámetros del tejido que se detallarán posteriormente⁽²⁶⁾.

Gráfico 3. Ilustración de la Transmitancia



Fuente: Tomado de tesis doctoral de Mulero M.

La transmitancia espectral directa y difusa puede medirse mediante el uso de un espectrofotómetro, que proporciona una fuente de luz ultravioleta, que recoge la luz difundida en todos los ángulos y la dirige a los fotodetectores. El espectro de transmitancia siempre refleja el comportamiento de un tejido particular con determinadas características.

Diversos investigadores han llegado a la conclusión de que hay muchos parámetros que tienen una influencia significativa sobre la transmisión de la radiación ultravioleta a través de los tejidos. Sin embargo, el único parámetro en el que todos están de acuerdo es el color del tejido, coincidiendo con nuestro estudio. Los parámetros que tienen alguna influencia en la transmisión de la radiación ultravioleta a través de los tejidos, se exponen brevemente a continuación:

I. El Tipo de Fibra.-

La estructura química de una fibra determina sus propiedades de absorción, de forma que materiales diferentes tienen diferentes espectros de absorción y absorben en mayor o menor grado la radiación ultravioleta.

Tabla 1. Resumen de los factores que afectan significativamente el FPU de los Tejidos

TIPO DE TEJIDO	Algodón, rayon, lino; tienen menos FPU que nylon, lana, seda y poliéster
POROSIDAD, PESO Y GROSOR	El FPU aumenta cuanto menor son los espacios entre los hilos y cuanto mayor es el peso y el grosor del tejido
COLOR	Los colores oscuros tales como negro, verde, azul o beige son los tonos que proporcionan mayor protección
ESTIRAMIENTO	El FPU disminuye con el estiramiento del tejido
HUMEDAD	Existe una relación inversamente proporcional entre el FPU y la humedad

Fuente: Tomada de actas dermosifilograficas 2003. Foto protección. Gilaberte Y.

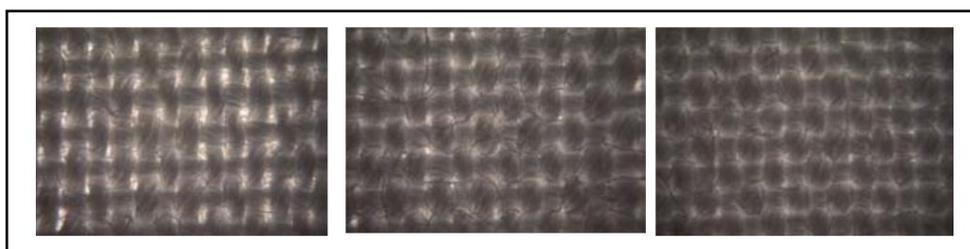
Algunos tipos de fibra son relativamente transparentes a la radiación ultravioleta como el algodón no tratado, la seda natural, las poliamidas y acrílicas, ofrecen sólo una pequeña absorción de la radiación ultravioleta. El poliéster tiene buena absorción de la radiación en longitudes de onda bajas pero menor en longitudes de onda altas, mientras que la lana posee una buena absorción de la radiación en todo el espectro ultravioleta ^(25, 27).

Los tejidos ligeros de algodón blanco, para prendas de verano, ofrecen FPU bajos, y su efecto protector frecuentemente es menor que el de una crema con SPF de 15. Sin embargo, esta fibra es la que ofrece el mayor confort en su uso y la más popular para prendas ligeras de verano ⁽²⁸⁾.

II. La Porosidad del tejido.-

La porosidad del tejido es otro parámetro importante para la protección que proporcione un tejido (que vendrá determinado por la densidad de hilos en el caso de tejidos de calada o mallas y columnas en el caso de tejidos de punto). Cuanto más poroso más radiación atravesará el tejido a pesar de que estuviera fabricado con fibras que tengan buena absorción de la radiación ultravioleta.

Gráfico 4. Porosidad en algodón



Fuente: Tomado de tesis doctoral. 2004. Algaba I.

Cuando la radiación ultravioleta incide sobre un tejido puede encontrar una apertura o poro de la estructura del mismo y pasar sin tener ningún impedimento o puede encontrar fibras. Para alcanzar un elevado factor de protección es necesario reducir la porosidad de un tejido.

Un aumento en el factor de cobertura (o disminución en la porosidad) puede conseguirse, por ejemplo, aumentando la densidad del tejido pero, naturalmente esto representaría un aumento de peso, lo cual puede suponer un descenso de confort para prendas ligeras.

Algunos investigadores también señalan que el espesor del tejido tiene influencia en la transmisión ultravioleta de los tejidos, aunque la mayoría no dan datos que corroboren esta afirmación, sino que parece ser una percepción intuitiva: cuanto más grueso es el tejido, más protección puede proporcionar. Uno de los estudios que contiene datos en cuanto al espesor señala que este parámetro tiene una influencia

significativa en el factor de protección, aunque menor que el factor de cobertura.⁽²⁹⁾

Como en el caso de la porosidad, si queremos aumentar el factor de protección mediante un mayor espesor implicaría un menor confort de los tejidos para su uso en prendas ligeras de verano o ropa deportiva.

III. El color

La mayoría de los investigadores señalan que el uso de colorantes puede tener una gran influencia en el UPF de un tejido. Todos los colorantes textiles deben absorber radiación visible (400-700 nm) selectivamente para conseguir una percepción de color. Para todos ellos, la banda de absorción se extiende en mayor o menor grado a la región espectral de la radiación ultravioleta (290-400 nm) y, de esta forma, los colorantes pueden actuar como absorbentes de radiación ultravioleta. Esta absorción depende mucho de la estructura química del colorante y sobre todo de la intensidad del color: los colores oscuros y los intensos proporcionan mejor protección frente a la radiación ultravioleta.⁽²⁶⁾

4.3.1.2. Irradiancia espectral solar (S_{λ})

Otro factor que se incluye en el cálculo del FPU es la irradiancia espectral solar. Como se indicó anteriormente, no todas las longitudes de onda de la radiación ultravioleta alcanzan la superficie terrestre en la misma proporción. La cantidad de radiación depende de varios factores:

- **Latitud:** Los rayos solares son más fuertes en el ecuador, donde el sol está más perpendicular a la superficie terrestre y los rayos ultravioleta tienen que viajar las distancias más cortas a través de la atmósfera. Además, la capa de ozono es más fina en los trópicos. A latitudes más altas los rayos ultravioleta deben viajar distancias mayores a través de porciones ricas en ozono de la atmósfera.

- **Altitud:** La intensidad ultravioleta se incrementa con la altitud porque hay menos capa de atmósfera para absorber las radiaciones ultravioletas.
- **Capa de ozono:** la capa de ozono absorbe la mayor parte de las radiaciones perjudiciales, pero su grosor varía dependiendo de la época del año y de las condiciones ambientales. Además el grosor de la capa de ozono se ha reducido de forma importante en algunas áreas debido a la emisión de productos químicos.
- **Época del año:** el ángulo de incidencia de los rayos solares varía con las estaciones. La intensidad ultravioleta es mayor durante los meses de verano.
- **Hora del día:** al mediodía los rayos solares inciden más perpendicularmente sobre la superficie terrestre por lo que deben recorrer una distancia más corta a través de la atmósfera. Por la mañana y por la tarde, los rayos pasan oblicuamente a través de la atmósfera y la intensidad de radiación UVB disminuye sustancialmente.
- **Condiciones ambientales:** las nubes reducen los niveles ultravioleta, pero no completamente.

En la fórmula de cálculo del factor de protección de los tejidos se introduce un espectro llamado de irradiancia espectral solar, que tiene en cuenta estos factores a excepción de las condiciones ambientales. Se utilizan espectros medidos al mediodía, como condiciones más severas. El espectro puede variar según la localización geográfica, y debe indicarse el utilizado al dar un resultado ⁽²⁸⁾.

4.3.1.3. Espectro de acción eritemal (E_λ)

Como se indicó anteriormente no todas las longitudes de onda de la radiación ultravioleta que llega a la superficie de la Tierra son dañinas en igual proporción para el ser humano. La capacidad de la radiación ultravioleta para producir un eritema en la piel humana depende en gran medida de la longitud de onda.

Como ya se ha comentado, cuanto menor es la longitud de onda, más perjudicial es el efecto de la radiación. Así la radiación UVC es más perjudicial que la radiación UVB y ésta, a su vez, más que la radiación UVA. Por lo tanto, existe la necesidad de expresar la acción de la radiación ultravioleta sobre la piel según su efecto eritemal.

La Comisión Internacional de Iluminación (CIE), ha propuesto utilizar un espectro eritemal de referencia, como una medida estándar del efecto relativo de la radiación ultravioleta según la longitud de onda. El espectro de acción eritemal se obtiene irradiando a las personas de ensayo con radiación ultravioleta monocromática de todas las longitudes de onda. Para cada longitud de onda, se determina la dosis que produce un eritema (J/cm²)⁽³⁰⁾.

4.3.2. Cálculo de los parámetros relacionados con la protección contra la radiación ultravioleta proporcionada por un tejido

En los últimos años han aparecido varias normas que detallan el procedimiento para la determinación in vitro del factor de protección de los artículos textiles. Sin embargo, nos referiremos a la norma más utilizada que apareció en 1996, desarrollada conjuntamente por Australia y Nueva Zelanda, la AS/NZS.^(29, 31)

El parámetro fundamental para expresar la protección contra la radiación ultravioleta que proporciona un tejido es el Factor de Protección

Ultravioleta (FPU) es una medida cuantitativa de la efectividad con que un tejido puede proteger a la piel contra la radiación ultravioleta. El FPU se calcula entre la radiación UVR media transmitida a través del aire y la radiación UVR media transmitida a través del tejido.

El FPU de una muestra se calcula a partir de la medida de varios pedazos de tejido tomando muestra de los extremos de la tela y del centro, La determinación se debe realizar como mínimo con 4 muestras. El Pude cada tejido se calcula según la siguiente fórmula:

$$UPF_i = \frac{\sum_{\lambda=290}^{400} (E_{\lambda} * S_{\lambda} * \Delta\lambda)}{\sum_{\lambda=290}^{400} (E_{\lambda} * S_{\lambda} * T_{\lambda} * \Delta\lambda)}$$

E_{λ} : espectro eritemal según CIE

S_{λ} : irradiancia espectral solar

T_{λ} : transmitancia espectral del tejido

$\Delta\lambda$: anchura de banda en nm

λ : longitud de onda en nm

Luego se calcula el UPF de la muestra, como la media aritmética de los UPF de cada uno de las muestras.

Índice FPU.-

La norma australiana/neozelandesa establece, además, un sistema de clasificación de los tejidos en función de sus propiedades protectoras del sol. Cuando el objetivo es incluir el factor de protección en el etiquetado, la ropa protectora del sol debe ser categorizada de acuerdo con el índice UPF, según la tabla siguiente:

Tabla 2. Clasificación de la ropa según índice FPU

Rango FPU	Grado de protección	Transmisión Rad.UV efectiva (%)
Menos de 15	Baja	
15-24	Buena	6,7 a 4,2
25-39	Muy buena	4,1 a 2,6
40-50, 50+	Excelente	≤ 2,5

Fuente: Etiquetado y clasificación de los tejidos en función de su factor de protección a la radiación ultravioleta. Cclasificación vigente en Australia y Nueva Zelanda (AS/NZ) 1996

El índice UPF siempre será un valor múltiplo de 5. Para su cálculo se parte del UPF de la muestra y se toma el múltiplo de 5 inmediatamente inferiores. Así un tejido con un UPF de 39, tendrá un índice UPF de 35 y proporcionará muy buena protección a la radiación ultravioleta. A partir de 50, el índice siempre se señala como 50+⁽³²⁾.

4.3.3. Protocolo para determinar el factor de protección de los textiles mediante el método in vivo

Para este procedimiento se requiere de personas voluntarias que sean sujetos clínicamente sanos de ambos sexos, edad superior a 18 años y con diferentes fototipo de piel de acuerdo a la clasificación de FitzPatrick. Estas personas serán sometidas a dosis crecientes de radiación UVB y se cuantificará como dosis mínima de eritema (MED) a la menor dosis capaz de proporcionar en el área estudiada un eritema marcado, homogéneo, a las 24 horas. Para la realización de este procedimiento se seguirá con las siguientes normas:

Se empleará una pieza de material opaco a la radiación UV, en la que se abren varias ventanas de 1 o 2 cm². El resto de la zona debe cubrirse y protegerse de la luz UV.

Utilizamos un equipo marca Lumera de productos Daavlin, un instrumento patentado que suministra terapia localizada y de alta

intensidad con rayos UVB a cualquier superficie específica del cuerpo. Consta de un pincel de fibra óptica que emite rayos terapéuticos UV 626 de 800 Watts directamente sobre una parte localizada, la cual emite un flujo de radiación UVB de 290 a 310nm.

La dosis mínima eritema (MED) se consigue al exponer una área cubierta a la radiación solar como es la espalda, a dosis creciente de energía (mJ/cm^2), y se registrara la (MED). La lámpara se dispone directamente a la zona del test, y van descubriéndose las ventanas para diferentes tiempos de irradiación, considerando valores: $100\text{mJ}/\text{mW}$ (00:01), $150\text{mJ}/\text{mW}$ (00:02) $200\text{mJ}/\text{mW}$ (00:03), $250\text{mJ}/\text{mW}$ (00:03) y $300\text{mJ}/\text{mW}$ (00:04).

Gráfico 5. Lámpara emisora de rayos UVB



Fuente: Área de fototerapia del Centro Privado de Piel Dr. Uraga.

Como no todos los individuos tienen la misma sensibilidad a la radiación UV debido a las diferentes capacidades de autoprotección de sus pieles, el MED varía entre 200 y $500\text{J}/\text{m}^2$ de acuerdo con las normas alemanas.

De esta forma, los tiempos de aplicación que no hayan conseguido enrojecimiento perceptible de la piel se consideran dosis suberitemal, mientras que el tiempo mínimo para alcanzar un suave enrojecimiento de la piel, que aparece 8 horas después y desaparece a las 24 horas (eritema de primer grado), es la dosis mínima eritema (MED).

Los cambios de pigmentación suelen tener lugar con exposiciones repetidas y la descamación es muy infrecuente a dosis de MED. El eritema de segundo grado es más pronunciado, parecido a la quemadura

solar leve, y dura varios días; produce cierta incomodidad, proporcional a la superficie irradiada. El eritema de tercer grado tiene un período de latencia menor y ofrece el aspecto de una quemadura solar grave. La piel adquiere un aspecto rojo, caliente y edematoso, que suele acompañarse de cambios descamativos y posterior pigmentación. El eritema de cuarto grado corresponde a una quemadura solar de segundo grado, con aparición de ampollas⁽³⁴⁾. Una vez determinado la dosis de eritema mínima (DEM), se obtendrá la dosis de eritema mínimo (DEM) con protección utilizando las diferentes telas incluidas en el estudio.^(30,33)

Tabla 3. Fototipos de Piel

Fototipo	Respuesta a la radiación lumínica	Características de los individuos	Protección	Factor de protección solar
I	Intensas quemaduras. Nunca se pigmentan	Piel, cabello y ojos muy claros, con abundantes pecas.	Ultra máxima	>15
II	Se queman fácil e intensamente	Piel, cabello y ojos claros, con pecas.	Máxima	8-15
III	Se queman y pigmentan moderadamente	Razas caucásicas. Piel blanca, poco bronceada	Extra	6-8
IV	Se queman moderada o mínimamente	Piel habitualmente morena o algo amarronada, con pelo y ojos oscuros	Moderada	4-6
V	Se queman raramente. Se pigmentan con facilidad e intensidad	Piel morena o amarronada	Mínima	2-4
VI	No se queman nunca. Se pigmentan intensamente	Razas negras	Mínima, no precisa	

Fuente: Clasificación de los foto tipos del Dr. Fitzpatrick. 2006

5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Las telas de poliéster, algodón y lana de colores oscuros y más de 200gr.de peso brindan una mejor protección contra los rayos ultravioletas en comparación con telas de colores claros y peso inferior a 200gr.

6. METODOLOGÍA

6.1. Tipo de Estudio

Es un estudio de investigación descriptivo y analítico. Para su desarrollo se contactaron a 6 diferentes fábricas de telas del país, quienes nos brindaron aleatoriamente diferentes muestras de sus telas, las cuales estaban etiquetadas indicando las características de cada una de ellas: composición del tejido, peso y color, y fueron clasificadas de acuerdo al origen del tejido como: de fibra natural que incluye el algodón, lino, seda y lana, nylon; tejidos artificiales como poliéster y el rayón.

6.2. Diseño de la Investigación

6.2.1. Muestra/Selección de los participantes

- Área de estudio: Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ciencias Químicas de la ESPOL, donde se realizó la medición y el Centro de piel Dr. Enrique Uruga (EUP), realizando el ensayo in vivo.
- Universo: Telas de fabricación nacional.
- Muestra: en método in vitro se usaron 72 telas de 6 fábricas nacionales de diferente composición, peso y color. En método in vivo se utilizaron 17 muestras de telas en 10 personas voluntarios a ser expuestos a una fuente artificial de UVB.

6.2.2. Técnica de recolección de datos

La observación directa será la técnica utilizada al momento de realizar esta investigación, puesto que la transmisión de la radiación ultravioleta a través del tejido se hará utilizando un espectrofotómetro, equipo que se encuentra en el laboratorio de Materiales de la Escuela Politécnica del Litoral. Para descartar errores de medición de la transmitancia de los tejidos a estudiar y contar con datos confiables se

realizarán cinco mediciones en cinco diferentes sitios de la muestra textil y se obtendrá su valor promedio. Además de la medida de la transmisión a través del tejido, en el cálculo del FPU hay que tener en cuenta otros factores como la irradiancia espectral solar, tomados de la ciudad de Quito, y el espectro de acción eritemal, considerando a los datos de la comisión internacional de iluminación (CIE).

6.2.3. Procesamiento de datos

Una vez calculado el FPU las telas serán identificadas según el grado de protección que ofrecen de la siguiente manera: 40-50,50+ (Excelente), 25-39 (muy buena), 15-24 (buena) y menos 15 (baja) protección de acuerdo al rango establecido. Con la finalidad de realizar un análisis de las ventajas y desventajas del método in vitro, se realizó una comparación con el método in vivo con personas voluntarias, realizándose con 17 telas de diferente FPU, aplicándose radiación ultravioleta con un equipo que emite radiación UVB.

Los 10 voluntarios, tuvieron: fototipo de piel 1(0), 2(0), 3(3), 4(7), 5(0), 6(0), de los cuales 7 fueron de sexo masculino y tres de sexo femenino.

Los datos recabados serán tabulados en hojas de cálculos de Excel a fin de determinar los factores que mayor incidencia tuvieron en relación al grado de protección de las prendas, para finalmente mediante un gráfico de pastel poder ilustrar de una forma más sencilla estos resultados.

7. PRESENTACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS

7.1. Resultados de las pruebas realizadas del factor de protección ultravioleta en las telas producidas en el Ecuador

En el capítulo anterior se explicó los procedimientos a seguir para calcular el FPU de las telas. En el presente capítulo se muestra el cálculo propiamente dicho de todas las telas estudiadas para su evaluación. La fórmula para el cálculo del FPU es la siguiente:

$$UPF_i = \frac{\sum_{\lambda=290}^{400} (E_{\lambda} * S_{\lambda} * \Delta\lambda)}{\sum_{\lambda=290}^{400} (E_{\lambda} * S_{\lambda} * T_{\lambda} * \Delta\lambda)}$$

E_{λ} : espectro eritemal según CIE

S_{λ} : irradiancia espectral solar

T_{λ} : transmitancia espectral del tejido

$\Delta\lambda$: anchura de banda en nm

λ : longitud de onda en nm

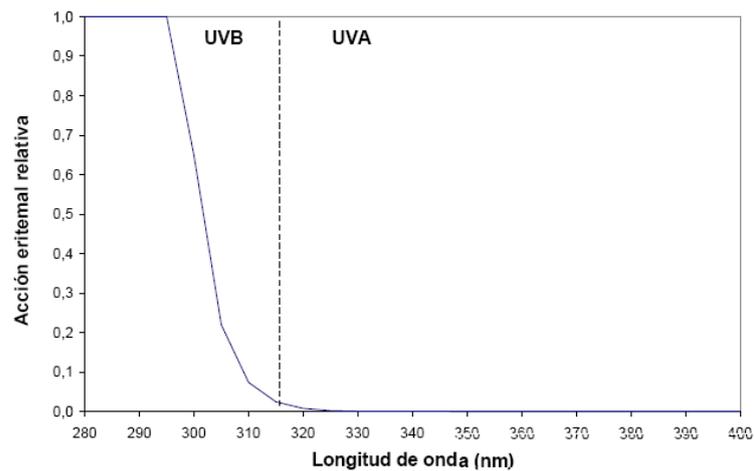
Se detalla los valores usados en cada uno de los parámetros para calcular el FPU.

7.1.1. El Espectro de acción eritemal

Los datos concernientes del espectro de acción eritemal para la obtención del FPU fueron tomados de la norma estandarizada del CIE.

Que es una representación numérica del eritema producido en la piel de acuerdo a la longitud de onda.

Gráfico 6. Espectro de acción eritemal CIE



Fuente: Departamento de procesos tecnológicos e industriales.Mendoza M. 1995

7.1.2. Irradiancia Espectral Solar

Los datos del espectro de irradiancia solar existentes en nuestro país fueron obtenidos para las condiciones más extremas, esto es a mayor altura y en la época de mayor radiación solar, por tal se consideró como referente a los datos de irradiancia espectral solar de la ciudad de Quito al medio día durante la época de verano. Estos datos fueron proporcionados por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (Ver *anexo#1*). Los datos de irradiancia obtenidos para el día 12 de Julio de 2011 a las 12h00 son los siguientes:

Tabla 4.Irradiancia Espectral Solar

LONGITUD DE ONDA	IRRADIANCIA ESPECTRAL SOLAR
305	11,43
313	27,46
320	37,39
340	62,09
380	81,42
395	78,27

Fuente: Secretaría del Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito

Como se puede notar en el cuadro anterior, en nuestro país no se cuenta con el dato de la irradiancia en todo el rango de longitud de onda de 290 a 400 nm, por no contar con el equipo; por lo que nos basamos únicamente en estos valores para el cálculo del FPU.

7.1.3. Transmitancia Espectral del tejido

Los datos correspondientes a la transmitancia espectral del tejido corresponden a la información obtenida mediante el uso del espectrofotómetro de todos los tejidos que fueron objeto en el presente estudio y realizada las mediciones en el rango de longitud de onda. De 290 a 400 nm.

Se realizó la prueba de transmitancia con el espectrofotómetro, considerando 5 muestras de cada tela para obtener su transmitancia en el rango de longitud de onda de 290 a 400nm, determinándose luego su valor promedio siendo este el valor que se toma para la fórmula de FPU.

7.2. Resultados obtenidos del (FPU) factor de protección ultravioleta de los textiles.

7.2.1. Resultados de protección textil según muestras de fábricas estudiadas por el método “In Vitro”.

A continuación se detallan los resultados obtenidos, de las telas de las diferentes fábricas que formaron parte de la investigación:

➤ **Textiles “Francolina”**

Tabla 5. Muestras de Textiles “Francolina”

TEXTILES "FRANCELANA"	FPU calc.	INDICE UPF	Categoría de Protección
francelanacasimir 4001 burlington 50%polkiester-50%acrili	150	50+	Excelente
francelana gabardina de lana 45%lana-55%poliester	91.67	50+	Excelente
francelana gabardina de lana fantasía 45%lana-55%poliester	29.00	25	Muy Buena
francelana gabardina roma 45%lana-55%poliester	19.92	20	Buena
Francelana tropical california bañado 50%poliester-50%acrili.	1.60	1	Baja
francelana tropical de lana H.T.18 45%laan - 55%poliester	7.78	5	Baja
Francelana tropical escoces 50%poliester-50%acrili.	6.10	5	Baja
francelana tropical lana fantasía fino 45%lana-55%poliester	9.13	5	Baja
Francelana tropical lana fantasía 45%lana-55%poliester	0.47	1	Baja
francelana tropical lana 45%lana-55%poliester	2.52	1	Baja
francelana gabardina roma fantasía 45%lana-55%poliester	22.25	20	Buena
francelanaveronalana90% nylon 10%	62.50	50+	Excelente

Fuente: Autora

En lo concerniente a las muestras de tela proporcionadas por esta fábrica, se puede decir que de las 12 muestras analizadas, la mitad (6 muestras) obtuvo una calificación de protección “Baja”, en la cual los índices de FPU calculados apenas arrojaron como resultado un valor entre inferior a los 10.00 FPU. Por su parte, 3 muestras tuvieron un resultado de excelente siendo los indicadores FPU superiores a 50.00 puntos. En conclusión las telas de esta fábrica tienen un grado de protección “Bajo”.

➤ **Textiles “La Internacional”**

Tabla 6. Muestras de Textiles “La Internacional”

TEXTILES “LA INTERNACIONAL”	FPU calc.	INDICE UPF	Categoría de Protección
vicunhasalvador 235LDE algodón 100%	150	50+	Excelente
vicunha 547lfc caribe 100% algodón	150	50+	Excelente
vicunha fortaleza 246LDP 80%alg20%poliester	150	50+	Excelente
vicunhalaguna 236 LDC 100%algodon	50.00	50	Excelente
vicunhamaringà 834LDE 78%algodon20%pol 2%elaastano	0.25	1	Baja
vicunhaparana 238LEP 78%algodon20%pol 2%elaastano	150	50+	Excelente

Fuente: Autora

Los resultados de las muestras de textiles “La Internacional” fueron muy positivos ya que de los 6 casos analizados, 5 tuvieron un indicador FPU mayor a los 50.00 puntos, dando así una categoría de protección “Excelente”.

➤ **Textiles “Pinto”**

Tabla 7. Muestras de Textiles “Pinto”

TEXTILES “PINTO”	FPU calc.	INDICE UPF	Categoría de Protección
Pinto doble pique morado 100%alg.	13.60	10	Baja
pinto doble pique naranja 100%alg	11.01	10	Baja
pinto fleece500 azul 100%alg	46.00	40	Muybueno
pinto fredperrylyvra 20 denier fresa comp97.4%alg 2.6 spandex	7.18	5	Baja
pinto fredperrylyvra 20 denier naranja comp97.4%alg 2.6 spandex	5.24	5	Baja
pinto jersey 100% algazul	17.70	15	Buena
pinto lycra40den morado comp91% algodón 9%spandex muestra 1.dsp	125.00	50+	Excelente
pinto rib acanalada fucsia 91%alg9%spandex	6.38	5	Baja
pinto ribacanalafagrafitp 100%algoton	4.60	5	Baja
pinto ribacanalafa rasado95.5%alg 4.5%spanfex	150.00	50+	Excelente
pinto rib lycra 40 blanco 91%alg 9%spandex - muestras	3.71	1	Baja
pinto rib lycra acanalafa uva 95.5%alg 4.5%spanfex - muestras	62.50	50+	Excelente
Pinto tela lycra 40 den 2x1 rosado 95.5% algodón	100.00	50+	Excelente
Pinto tela rib normal 1x1 blanco 100%algodon - muestras	9.42	5	Baja

Fuente: Autora

Los tipos de tela analizados en textiles pinto predominantemente e algodón, en su gran mayoría tuvieron un resultado de “Bajo” ya que de las 14 prendas analizadas, 8 casos presentaron valores de FPU entre los 3 y 13 puntos.

➤ **Textiles "S.J. Jersey"**

Tabla 8. Muestras de Textiles "S.J. Jersey"

TEXTILES "S.J. JERSEY"	FPU calc.	INDICE UPF	Categoría de Protección
fleece Lycra 62%pes 34%alg.	28.25	25	Muy Buena
interlock comp65%pes 35%alg.	28.61	25	Muy Buena
jersey algodón100%	11.52	10	Baja
Jersey toscana35%alg65%pes.	2.55	1	Baja
Fleece Toscana 65% pol 35%alg	60.00	50+	Excelente
Lacoste toscana 65% pes 35 % alg.	16.28	15	Buena
lycra algodón liviana 96%alg 4%lycra	17.74	15	Buena
lyvraalgodón 92%alg 8%lycra	82.14	50+	Excelente

Fuente: Autora

Los resultados de textiles "S.J. Jersey" fueron equilibrados ya que de las 8 muestras analizadas, todas tuvieron los mismos porcentajes de participación (25%), teniendo así 2 prendas con categorías Excelentes, Muy Buena, Buena y Baja cada una.

➤ **Textiles "Sintofil"**

Tabla 9. Muestras de Textiles "Sintofil"

TEXTILES "SINTOFIL"	FPU calc.	INDICE UPF	Categoría de Protección
SINTOFIL CAROLA 1255 100% poliéster	2.14	1	Baja
SINTOFIL ARUBA 10140 100% poliéster	4.50	5	Baja
SINTOFIL CROSS 1850 100% poliéster	41.67	40	Excelente
SINTOFIL DELTA 100% poliéster	17.36	15	Buena
SINTOFIL FORRO DE BOLSILLO 40250 80% poliéster 20%algodón	0.69	1	Baja
SINTOFIL GABARDINA TORINO 65% poliéster 35%algodón	150	50+	Excelente
SINTOFIL MINIOXFORD 29100 75% poliéster 25% algodón	1.79	1	Regular
SINTOFIL ORION MIX 40800 50% poliéster 50% algodón	43.64	40	Excelente
SINTOFIL POPELINA 29390 67% poliéster 33% algodón	1.57	1	Baja
SINTOFIL nelsontex pol100%	3.06	1	Baja
Dikiscamisas 67% PES 33%alg	44.00	40	Excelente
wendi pol50%alg50%	1.41	1	Baja
KhakisALG100%	150	50+	Excelente
SINTOFIL BERMUDA 70540 100% algodón	36.90	35	Muy Buena
RALLY POL100%	1.66	1	Baja
nue capo pol 100%	50.00	50	Excelente

Fuente: Autora

Los resultados más representativos de esta empresa indicaron que el nivel de protección de sus telas es equilibrado también, ya que de las 16 muestras, 7 obtuvieron una categoría de protección “Baja” y 6 una categoría de protección “Excelente”.

➤ **Textiles “Ecuador”**

Tabla 10. Muestras de Textiles "Ecuador"

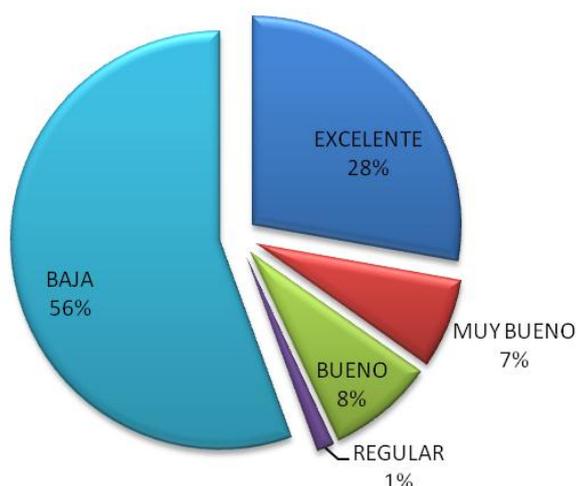
TEXTILES "ECUADOR"	FPU calc.	INDICE UPF	Categoría de Protección
TEXTIL ECUADOR tela color amarillo	1.22	1	Baja
TEXTIL ECUADOR tela color anaranjado	1.48	1	Baja
TEXTIL ECUADOR tela color crema	1.04	1	Baja
TEXTIL ECUADOR tela color café claro	1.22	1	Baja
TEXTIL ECUADOR tela color café oscuro	3.70	1	Baja
TEXTIL ECUADOR tela color celeste	1.93	1	Baja
TEXTIL ECUADOR tela color fucsia	1.16	1	Baja
TEXTIL ECUADOR tela color morado	2.97	1	Baja
TEXTIL ECUADOR tela color anaranjado claro	1.03	1	Baja
TEXTIL ECUADOR tela color negro	3.38	1	Baja
TEXTIL ECUADOR tela color rojo oscuro	2.79	1	Baja
TEXTIL ECUADOR tela color rojo	1.27	1	Baja
TEXTIL ECUADOR tela color rosado	1.00	1	Baja
TEXTIL ECUADOR tela color turquesa	0.94	1	Baja
TEXTIL ECUADOR tela color verde claro	1.95	1	Baja
TEXTIL ECUADOR tela color blanco	1.02	1	Baja

Fuente: Autora

Finalmente, al analizar las muestras de la empresa Textiles “Ecuador” se constató que el nivel de protección es baja ya que en todos los casos los indicadores FPU obtuvieron un valor de que oscilaba entre 0.94 y 3.70, considerado así como una categoría “Baja” en cuanto a protección.

A fin de comprender de manera general que telas son las que mejor protegen se tomaron las muestras previamente analizadas y se las consolidó para de esta manera clasificarlas según su nivel de protección y en base a eso poder determinar las características que inciden en ese resultado. De esta forma se obtuvo que del total de prendas analizadas (72), el 56% tuviera una clasificación “Baja” y el 28% tuvo una calificación “Excelente” tal y como se muestra en el siguiente gráfico:

Gráfico 7. Clasificación de telas según su nivel de protección



7.3. Características de telas según nivel de protección

Tabla 11. Muestras de Tela con nivel de protección “Baja”

TELA	FPU calc.	INDICE UPF	Categoría de Protección	PESO (gr/m ²)	TIPO DE COLOR	COMPOSICION
francelana tropical california bañado 50%poliester-50%acrili.	1.60	1	Baja	190	claro	poliester
francelana tropical de lana H.T.18 45%laan - 55%poliester	7.78	5	Baja	185	claro	poliester
francelana tropical escoces 50%poliester-50%acrili.	6.10	5	Baja	195	claro	poliester
francelana tropical lana fantasía fino 45%lana-55%poliester	9.13	5	Baja	187	claro	poliester
Francelana tropical lana fantasía 45%lana-55%poliester	0.47	1	Baja	198	claro	poliester
francelana tropical lana 45%lana-55%poliester	2.52	1	Baja	179	claro	poliester
vicunhamaringà 834LDE 78%algodon20%pol 2%elaastano	0.25	1	Baja	210	claro	algodón
pinto doble pique morado 100%alg.	13.60	10	Baja	170	oscuro	algodón
pinto doble pique naranja 100%alg	11.01	10	Baja	280	oscuro	algodón
pinto fredperrylyvra 20 denier fresa comp97.4%alg 2.6 spandex	7.18	5	Baja	250	oscuro	algodón
pinto fredperrylyvra 20 denier naranja comp97.4%alg 2.6 spandex	5.24	5	Baja	220	oscuro	algodón
pinto rib acanalada fucsia 91%alg9%spandex	6.38	5	Baja	250	oscuro	algodón
pinto ribacanalafagrafitp 100%algof on	4.60	5	Baja	300	oscuro	algodón

pinto rib lycra 40 blanco 91%alg 9%spandex - muestras	3.71	1	Baja	270	claro	algodón
Pinto tela rib normal 1x1 blanco 100%algodon - muestras	9.42	5	Baja	310	claro	algodón
jersey algodón100%	11.5 2	10	Baja	190	claro	algodón
Jersey toscana35%alg65%pes.	2.55	1	Baja	175	claro	poliester
SINFOTIL CAROLA 1255 100% poliester	2.14	1	Baja	80	oscuro	poliester
SINFOTIL ARUBA 10140 100% poliester	4.50	5	Baja	160	oscuro	poliester
SINFOTIL FORRO DE BOLSILLO 40250 80%	0.69	1	Baja	120	claro	poliester
poliéster 20%algodon						
SINFOTIL POPELINA 29390 67% poliester 33% algodón	1.57	1	Baja	140	claro	poliester
SINFOTIL nelsontex pol100%	3.06	1	Baja	250	claro	poliester
wendi pol50%alg50%	1.41	1	Baja	130	claro	algodón
RALLY POL100%	1.66	1	Baja	100	claro	algodón
TEXTIL ECUADOR tela color amarillo	1.22	1	Baja	130	claro	algodón
TEXTIL ECUADOR tela color anaranjado	1.48	1	Baja	140	oscuro	algodón
TEXTIL ECUADOR tela color crema	1.04	1	Baja	140	claro	algodón
TEXTIL ECUADOR tela color café claro	1.22	1	Baja	150	claro	algodón
TEXTIL ECUADOR tela color café oscuro	3.70	1	Baja	130	oscuro	algodón
TEXTIL ECUADOR tela color celeste	1.93	1	Baja	130	claro	algodón
TEXTIL ECUADOR tela color fucsia	1.16	1	Baja	130	oscuro	algodón
TEXTIL ECUADOR tela color morado	2.97	1	Baja	130	oscuro	algodón
TEXTIL ECUADOR tela color anaranjado claro	1.03	1	Baja	130	claro	algodón
TEXTIL ECUADOR tela color negro	3.38	1	Baja	140	oscuro	algodón
TEXTIL ECUADOR tela color rojo oscuro	2.79	1	Baja	140	oscuro	algodón
TEXTIL ECUADOR tela color rojo	1.27	1	Baja	130	oscuro	algodón
TEXTIL ECUADOR tela color rosado	1.00	1	Baja	130	claro	algodón
TEXTIL ECUADOR tela color turquesa	0.94	1	Baja	130	oscuro	algodón
TEXTIL ECUADOR tela color verde claro	1.95	1	Baja	130	claro	algodón
TEXTIL ECUADOR tela color blanco	1.02	1	Baja	130	claro	algodón

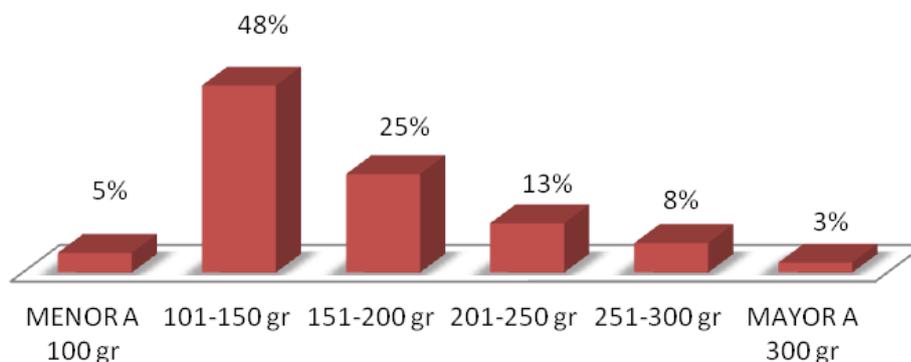
Fuente: Autora

Para realizar este análisis, se utilizarán los niveles de protección más representativa, en este caso las categorías “Excelente” y “Baja” en conjunto una participación equivalente al 84% del total de las prendas

analizadas, de modo que, en base a esas categorías se analizarán características que incidieron finalmente en dicho resultado.

7.3.1. Prendas Categoría “Baja”: Clasificación según peso

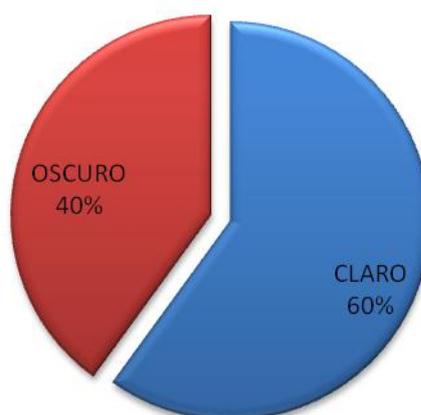
Gráfico 8. Prendas Categoría “Baja”-Clasificación por peso



Como se observa en el siguiente gráfico de barras, el peso de la mayoría de estas prendas consideradas como un nivel de protección “Bajo”, oscila entre los 101 y 150 gramos, teniendo así una participación del 48% en relación al total analizado.

7.3.2. Prendas Categoría “Baja”: Clasificación según tipo de color

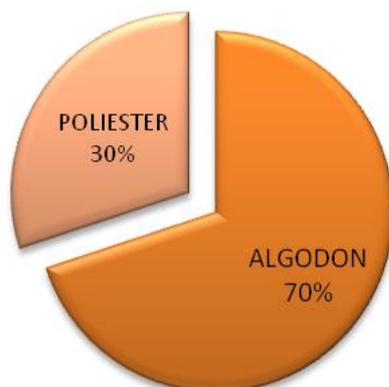
Gráfico 9. Prendas categoría "baja"-Clasificación por tipo de color



A pesar de que el resultado es bastante parecido, queda demostrado que la mayoría (60%) de estas prendas correspondían a un color “Claro”.

7.3.3. Prendas Categoría “Baja”: Clasificación según composición

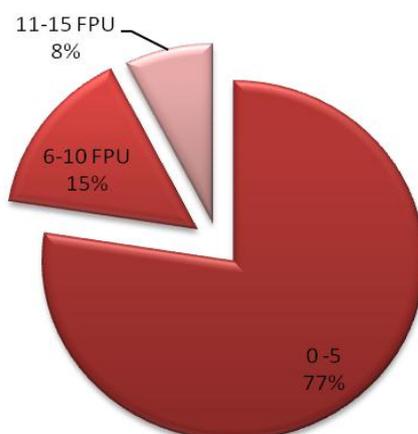
Gráfico 10. Prendas Categoría 'baja'-Clasificación según composición



El algodón es el material con el cual están compuestas las telas que en su mayoría tuvieron un indicador FPU “Bajo”; como se observa en el siguiente gráfico su participación representa el 70% de la muestra total.

7.3.4. Prendas Categoría “Baja”: Clasificación según indicador FPU

Gráfico 21. Prendas Categoría “Baja”: Clasificación según indicador FPU



Para ser catalogadas como “Baja” evidentemente las muestras debían tener un nivel de protección bajo, y eso se constata al tener como resultado que la mayoría casos registrados tuvieron un indicador inferior a

los 15 puntos, donde la mayor parte de estas telas tuvieron cifras entre los 0-5 puntos representado por el 77%.

Tabla32. Muestras de Tela con nivel de protección “Excelente”

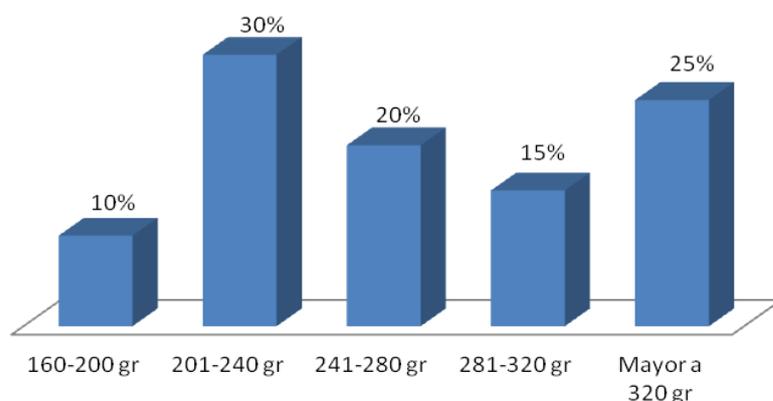
TELA	FPU calc.	INDICE UPF	Categoría de Protección	PESO (gr/m2)	TIPO DE COLOR	COMPOSICION
francelanacasimir 4001 burlington 50%polkiester-50%acrili	150.00	50+	Excelente	220	oscuro	poliester
francelana gabardina de lana 45%lana- 55%poliester	91.67	50+	Excelente	240	oscuro	poliester
francelanaverona lana90% nylon 10%	62.50	50+	Excelente	240	oscuro	lana
vicunhasalvador 235LDE algodón 100%	150.00	50+	Excelente	310	oscuro	algodón
vicunha 547lfc caribe 100% algodón	150.00	50+	Excelente	320	oscuro	algodón
vicunha fortaleza 246LDP 80%alg20%poliester	150.00	50+	Excelente	310	oscuro	algodón
vicunhalaguna 236 LDC 100%algodon	50.00	50	Excelente	280	oscuro	algodón
vicunhaparana 238LEP 78%algodon20%pol 2%elaastano	150.00	50+	Excelente	280	oscuro	algodón
pinto lycra40den morado comp91% algodón 9%spandex muestra 1.dsp	125.00	50+	Excelente	300	oscuro	algodón
pinto ribacanalafa rasado95.5%alg 4.5%spanfex	150.00	50+	Excelente	310	oscuro	algodón
pinto rib lycra acanalafa uva 95.5%alg 4.5%spanfex - muestras	62.50	50+	Excelente	300	oscuro	algodón
Pinto tela lycra 40 den 2x1 rosado 95.5% algodón	100.00	50+	Excelente	230	oscuro	algodón
Fleece Toscana 65% pol 35%alg	60.00	50+	Excelente	225	oscuro	poliester
lyvraalgodon 92%alg 8%lycra	82.14	50+	Excelente	245	claro	algodón
SINTOFIL CROSS 1850 100% poliester	41.67	40	Excelente	160	oscuro	poliester
SINTOFIL GABARDINA TORINO 65% poliéster 35%algodon	150.00	50+	Excelente	290	oscuro	poliester
SINTOFIL ORION MIX 40800 50% poliester 50% algodón	43.64	40	Excelente	220	claro	poliester
Dikiscamisa 67% PES 33%alg	44.00	40	Excelente	200	oscuro	poliester
KhakisALG100%	150.00	50+	Excelente	270	oscuro	algodón
nue capo pol 100%	50.00	50	Excelente	340	oscuro	poliester

Fuente: Autora

Una vez estudiadas las características de las prendas cuyo nivel de protección fue “bajo”; ahora se realiza el mismo análisis basado en las prendas que tuvieron un nivel “excelente”.

7.3.5. Prendas Categoría “Excelente”: Clasificación según peso

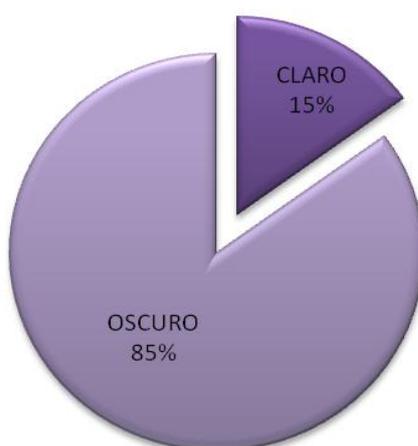
Gráfico 4. Prendas Categoría “Excelente”-Clasificación por peso



Mediante el gráfico expuesto a continuación se puede observar que la mayoría de prendas cuyo nivel de protección fue “Excelente” tenían un peso que oscilaba entre los 160 y 320 gramos; teniendo una mayor participación aquellas prendas cuyos pesos oscilaban entre 201 y 240 gramos (30%) y Mayores a 320 gramos (25%).

7.3.6. Prendas Categoría “Excelente”: Clasificación según tipo de color

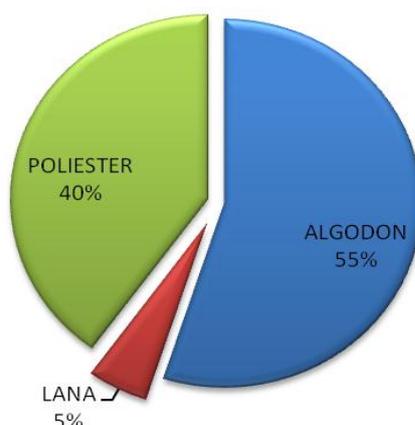
Gráfico 5. Prendas Categoría “Excelente”-Clasificación por tipo de color



Con mayor incidencia, las prendas de color oscuro inclinaron los resultados de “excelente” en el nivel de protección, teniendo así una representación de 85%.

7.3.7. Prendas Categoría “Excelente”: Clasificación según composición.

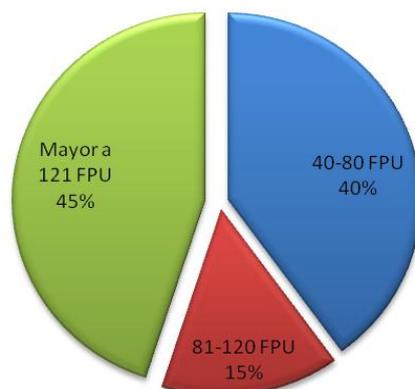
Gráfico 6. Prendas Categoría “Excelente”-Clasificación por composición



El resultado es bastante parecido ya que las prendas catalogadas como nivel de protección “excelente” estaban compuestas por Poliéster, Algodón y Lana; es evidente que el algodón tuvo una mayor incidencia siendo su participación de 55% en el análisis efectuado.

7.3.8. Prendas Categoría “Excelente”: Clasificación según indicador FPU

Gráfico 7. Prendas Categoría “Excelente”: Clasificación según indicador FPU



Queda constatado que la mayoría de estas prendas catalogadas como “Excelentes” tuvieron indicadores superiores a los 40 puntos, teniendo una gran participación aquellas prendas cuyo indicador era superior a 120 FPU.

7.4. Análisis de resultados obtenidos en prendas según método “In Vivo”

Con la finalidad de validar la eficacia del método in vitro se realizó un pequeño ensayo del método in vivo con la colaboración de 10 personas voluntarias, considerando a este método poco práctico por ser subjetivo y estar sujeto para su realización a personas que se sometan al estudio a pesar de los efectos secundarios que el método puede ocasionar en la piel como quemadura de diferente grado y pigmentación post inflamatoria más frecuentemente.

Del universo de estudio formado por las 72 telas analizadas mediante el método in vitro se escogieron considerando el FPU 17(23%) telas con diferente categoría de protección: 5 telas con categoría de excelente, 1 tela con categoría de muy buena , 3 telas con categoría de buena y 8 telas con categoría baja, anotados en la (tabla 13) .

Tabla 13: Telas escogidas para el método in vivo.

TELAS UTILIZADAS PARA EL ANALISIS DEL FACTOR DE PROTECCION ULTRAVIOLETA MEDIANTE EL METODO IN VIVO			
#	TIPO DE TELA	Categoría de Protección	FPU
1	francelana verona lana 90% nylon 10%	Excelente	62.50
2	pinto jersey 100% algodón azul morado	Buena	17.70
3	pinto riba acanalada fucsia	Baja	6.38
4	lycraalgodon 92%alg 8%lycra	Excelente	82.14
5	SintofilGabardina Torino 65% poliéster 35%algodon	Excelente	150
6	Kakis algodón 100%	Excelente	150
7	Sintofil bermuda 70540 100% algodón	Muy Buena	36.90
8	La coste toscana 65% pes 35 % alg.	Buena	16.28
9	Sintofil delta 100% poliéster	Buena	17.36
10	pinto lycra40den morado comp91% alg9%spandex	Excelente	125

11	Pinto tela rib normal 1x1 habano 100%algodon	Baja	9.42			
12	Jersey toscana35%alg65%pes.	Baja	2.55			
13	Sintofil forro del bolsillo 40250 80% poliester20%alg	Baja	0.69			
14	TEXTIL ECUADOR tela color crema	Baja	1.04			
15	TEXTIL ECUADOR tela color café claro	Baja	1.22			
16	TEXTIL ECUADOR tela color café oscuro	Baja </tr <tr> <td>17</td> <td>TEXTIL ECUADOR tela color rosado</td> <td>Baja</td> <td>1.00</td> </tr>	17	TEXTIL ECUADOR tela color rosado	Baja	1.00
17	TEXTIL ECUADOR tela color rosado	Baja	1.00			

Fuente: Autora

Se Utilizó un panel fabricado por tela jean conformado por 18 agujeros de 4cm de diámetro de forma cuadrada cada uno, colocando en las diferentes celdas las telas seleccionadas para el estudio siguiendo un orden, colocando las telas en forma descendente según el FPU obtenido mediante el método in vitro y los números señalados corresponden a la tabla anterior, dejando un agujero libre de tejido en donde se irradio directamente a la piel de la persona voluntaria para obtener la dosis de eritema mínimo (DEM).

Grafico 16: Panel para ensayo de método in vivo



Fuente: Autora

Para determinar la dosis de eritema mínimo (DEM), que es la mínima cantidad de energía requerida para producir una respuesta de eritema claramente demarcado, uniforme, a las 24 horas. En 10 personas voluntarias; 3 de ellos con fototipo de piel III y 7 personas con fototipo de piel IV; según la clasificación de Fitz Patrick.

Se consiguió el eritema homogéneo en los voluntarios con fototipo de piel III a un valor de 250mJ/mW (00:03) y con 400mJ/mW (00:04) a las personas voluntarias de fototipo de piel IV, observado a las 24 horas. (*ver anexo 2*).

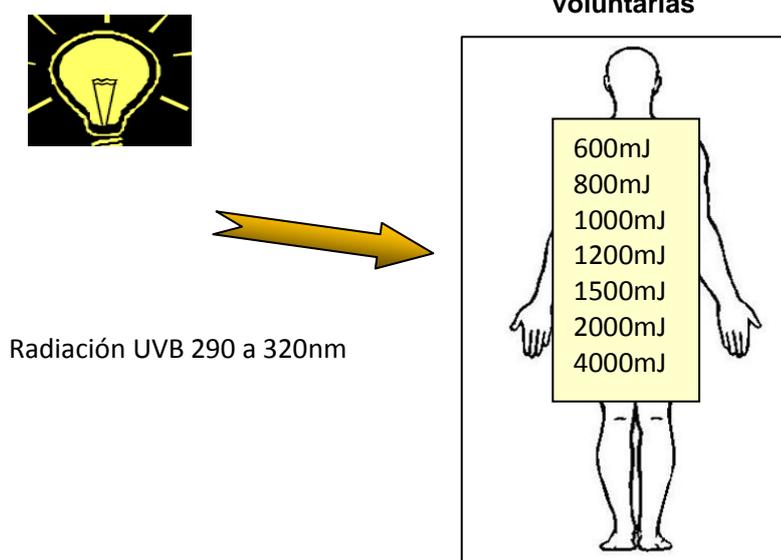
Una vez obtenida la dosis de eritema mínimo, El siguiente paso fue realizar ensayos con diferentes dosis de energía ayudados por una lámpara que emite radiación UVB que se encuentra en el área de fototerapia del Centro Privado de Piel, colocando en la espalda de los voluntarios utilizando las diferentes muestras de textiles seleccionadas para el estudio, las mismas que están distribuidas en un panel fabricado por nosotros expuesta sus características en el párrafo anterior, cuya finalidad es de tener una distribución ordenada de los diferentes textiles que entran en el estudio. (*ver anexo 3*).

Iniciamos aplicando varias dosis de energía en diferentes ensayos hasta conseguir el eritema (DEM) utilizando los tejidos, el uso de la lámpara es en contacto directo con la superficie corporal. Las diferentes dosis en forma ascendente utilizadas se inició con 600mJ/mW (00:09), 800mJ/mW (00:12) ,1000mJ/mW (00:15), provocando eritema de mayor intensidad en las personas de fototipo de piel III y de menor intensidad en las personas de fototipo de piel IV, sin embargo en todos se provocó eritema, observado a las 24 horas, en las telas de textil Ecuador color rosado y crema(*ver anexo 4*); con una dosis de energía de 1200mJ/mW (00:18) se observó eritema en los 10 voluntarios siendo más evidente en las personas de fototipo de piel III, que en los fototipo de piel IV, con las telas de textil Ecuador antes mencionadas y además en la textil Ecuador

color café claro(*ver anexo 5*) ;1500mJ/mW (00:22)se observó eritema en los 10 voluntarios con las cuatro telas de textil Ecuador color rosado, crema, café claro y café oscuro, además con la tela sintofil forro de bolsillo color blanco.(*ver anexo 6*) En un sexto ensayo utilizamos unadosis de energía de 2000mJ/mW (00:30), se produjo eritema en los 10 voluntarioscon las telas ya descritas y además con jersey toscana color crema. *Ver anexo 7*).

Se realizó un séptimo y último ensayo con dosis a 4000mJ/mW (00:60), En las 10 personas voluntarias utilizando las telas restantes donde no se observóeritema, con dosis aplicadas anteriormente, el resultado fue ausencia de eritema en la piel de todos los voluntarios.(*Ver anexo 8*).

Grafico 17: Esquema de Radiación UVB utilizada en las personas voluntarias



Fuente: Autora

Se ha confirmado que los resultados del método in vivo son similares a los obtenidos mediante el método in vitro.

En la siguiente tabla se muestra las telas que provocaron eritema en la superficie corporal.

Tabla 124. Telas de baja protección comparando resultados in vitro / in vivo.

TELAS DE BAJA PROTECCION SEGUN EL METODO IN VIVO/ IN VITRO			
#	TIPO DE TELA	FPU de las telas in vitro	FPU de las telas in vivo Dosis de energía
12	Jersey toscana 35%alg 65%pes.	2.55	2000mJ
13	Sintofil forro del bolsillo 40250 80% poliéster 20%algodon	0.69	1500mJ
14	TEXTIL ECUADOR tela color crema	1.04	1000mJ
15	TEXTIL ECUADOR tela color café claro	1.22	1200mJ
16	TEXTIL ECUADOR tela color café oscuro	3.7	1500mJ
17	TEXTIL ECUADOR tela color rosado	1.0	1000mJ

Fuente: Autora.

En la siguiente tabla se expone las telas que no provocaron eritema en la superficie corporal.

Tabla 15. Telas de alta protección según aplicación de método in vivo

#	TIPO DE TELA	FPU por el método in vitro	FPU de las telas in vivo Dosis de energía
1	Francelanaverona lana 90% nylon 10%	62.50	4000mJ
2	pinto jersey 100% alg azul morado	17.70	4000mJ
3	pinto rib acanalada fucsia	6.38	4000mJ
4	lycraalgodon 92%alg 8%lycra	82.14	4000mJ
5	Sintofil Gabardina Torino 65% poliéster 35%algodon	150	4000mJ
6	Khakis algodón 100%	150	4000mJ
7	Sintofil bermuda 70540 100% algodón	36.90	4000mJ
8	La coste toscana 65% pes 35 % alg.	16.28	4000mJ
9	Sintofil delta 100% poliéster	17.36	4000mJ
10	pinto lycra 40den morado comp 91% algodón 9%spandex	125	4000mJ

Fuente: Autora.

8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos mediante el método in vitro determinan que los tejidos que ofrecen mayor protección contra la radiación ultravioleta tienen las siguientes características: telas compuestas de algodón de color oscuro y con un peso medio de 293 gr/m², y telas compuestas de poliéster de color oscuro y con un peso medio de 242,5 gr/m².

Los tejidos que ofrecen una excelente protección representan el 27% de las telas y el 58% tienen una baja protección. Esto se valoró a través de la transmitancia del tejido. Lo que nos advierte que un alto porcentaje de los tejidos que utilizamos para la fabricación de prendas de vestir no brinda suficiente protección contra la radiación ultravioleta sin considerar el acabado de la prenda.

Una limitante de nuestro estudio fue el no contar con valores cuantificados de la porosidad y espesor de los tejidos debido a que los fabricantes no cuentan con los equipos especiales para medir estas variables. Sin embargo, se identifica que el peso inferior a 200 gr/m², tienen una mayor porosidad y menor espesor.

Nuestro estudio se realizó con tejidos secos, limpios, nuevos, en consecuencia, no se ha considerado telas húmedas, desgastadas o estiradas, estas características alteran el FPU. Siendo necesario para nuevos estudios realizar ensayos con tejidos en diferentes estados húmedo y estirado.

Otra limitante de nuestro estudio es la falta de fibras puras, debido a que la mayoría de textiles analizados son mezclas, considerando para el análisis al tipo de fibra predominante.

Cabe recalcar que se analizó tejidos exclusivamente destinados para la fabricación de prendas de vestir, e independiente del tipo de prenda final, es decir, camisa, pantalón, etc.

Los resultados indican que el método más eficaz para obtener el factor de protección de los tejidos es el método in vitro, por ser más económico, objetivo y practico debido a que para obtener el FPU nos valemos de equipos especiales como el espectrofotómetro; a lo contrario del método in vivo que es subjetivo porque debemos provocar el eritema el mismo que puede ser de mayor o menor intensidad sin ser valorado por ninguna escala sino únicamente al ojo clínico, considerando también los posibles efectos secundaros como quemaduras en diferentes grados y manchas post inflamatorias lo que es una limitante para las personas que se someten al estudio.

En nuestro país no existen estudios publicados sobre el tema. Por lo que se debe considerar ampliar el estudio para próximos ensayos cuya finalidad este en beneficio de nuestra población.

9. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a lo largo de esta investigación nos llevan a tener las siguientes conclusiones:

De las 72 telas examinadas, 20 telas con categoría de excelente resultaron con la siguiente composición:

- Telas 100% Algodón: Khakis, vicunha laguna, vicunha salvador, vicunha 547lfc caribe.
- Telas 100% poliéster: nuevo capo, sintofil croos.
- Mezclas que predomina en algodón: vicunha fortaleza, vicunha parana, pinto lycra 40 den, pinto ribacanalafa, pinto rib lycra acanalafa, pinto tela lycra 40 den 2x1, lycra algodón.
- Mezclas que predomina poliéster: francelana casimir 4001 burlington, francelana gabardina de lana, fleece toscana, sintofil gabardina Torino, sintofil orion mix, dikis camisa.
- Mezclas con predominio de lana:francelana verona.

Estas muestras presentaron un FPU superior a 40 que tendrían una categoría de protección excelente lo que equivale al 27.7% del universo de telas analizadas según la técnica in vitro. Considerando el color tenemos que el 90% de estas telas son de colores oscuros.

De acuerdo al peso, de las 72 telas examinadas 20 telas consideradas excelentes, tienen un peso de más de 300gr/m² (vicunha salvador, vicunha fortaleza, vicunha 547lfc Caribe, pinto lycra 40 den, pinto ribacanalafa, pinto rib lycra acanalafa, nuevo capo); 200-300gr/m² (francelana casimir 4001 burlington, francelana gabardina de lana,

francelana verona, vicunha laguna, vicunha parana, pinto tela lycra 40 den 2x1, fleece toscana, lycra algodón, sintofil gabardina Torino, sintofil orion mix, dikis camisa, Khakis).

Las técnicas de análisis de protección in vitro coinciden con los análisis in vivo que realizamos en nuestro estudio en 17 telas, considerando entonces que no es necesario arriesgar la piel de los pacientes en futuras investigaciones relacionadas con este tema.

Los resultados finales, permiten concluir que todas las telas que intervinieron en esta investigación tienen un grado de protección ya sea, bajo, bueno o excelente, lo importante es que la ropa sirva como medida de protección en contra los rayos solares.

Evidentemente, el nivel de protección mejora si las características de las prendas son las siguientes:

- ✓ **Indicador FPU:** mayor a 50 puntos
- ✓ **Tipos de color:** Oscuros
- ✓ **Composición:** Algodón, poliéster y lana
- ✓ **Peso:** Mayor a 200 gramos

10. RECOMENDACIONES

Debido a los efectos secundarios provocados por la radiación solar, las instituciones encargadas de la salud pública tendrían que iniciar campañas de concientización con la importancia de utilizar ropa de colores oscuros(negro, azul, verde y beige), de peso superior a 200gr/m², y de composición poliéster, algodón y lana.

Sabemos que los colores y su apariencia son importantes en la comercialización y el objetivo de las empresas textiles es vender sus productos. Los administradores de estas empresas deberían tener una visión más amplia y adaptar las necesidades y exigencias del mercado local a la fabricación de telas que protejan contra los rayos UV, e indicando el FPU que tengan, cumpliendo de esta manera la ley de defensa al consumidor. Para ello me comprometo a entregar una copia de los resultados del estudio a las diferentes autoridades de las fábricas textiles. El estudio es concluyente en la importancia del peso, color y composición de las telas para la protección de la piel contra los rayos UV. Es necesario realizar otras investigaciones sobre la importancia de la porosidad de las telas, el espesor, el grado de humedad, estiramiento y el envejecimiento que van a alterar el factor de protección de las telas.

Para la protección de la piel se debe considerar además de la ropa algunas recomendaciones como: Protectores solares con factor de protección UVA+UVB superior a 30 SFP, aplicados de forma adecuada, sombreros de ala ancha que protejan cara cuello y pabellones auriculares, gafas con protección de policarbonato y polimetacrilato, consumir sustancias con efectos fotoprotectores como vitamina A, E, C. además evitar exponerse en horarios de 12 a 16 horas.

VALORACIÓN CRÍTICA

El trabajo realizado es un estudio descriptivo con particularidades analíticas que crean en nuestro medio una base para realizar futuras investigaciones de mejor reconocimiento científico como son los estudios clínicos randomizados es decir estudios experimentales.

Durante el desarrollo de la investigación en nuestro medio se ha dotado con espectrofotómetro de mejor calidad, mejor sensibilidad, para el estudio de la transmitancia de las telas, que nos permite obtener el FPU, situación que puede crear desventajas u observaciones negativas a los resultados del estudio, nuestro protocolo de investigación fue planteado con el espectrofotómetro que disponía la ESPOL, al iniciar el estudio.

Mediante el presente trabajo de investigación se determina que nuestro país no cuenta con la suficiente información acerca de los textiles que nos brindan mejor protección contra los efectos nocivos de la radiación ultravioleta, considerando que nos encontramos ubicados geográficamente en una zona de mayor riesgo.

Se ha podido demostrar que para la determinación del factor de protección ultravioleta que ofrecen los tejidos es suficiente aplicar el método in vitro por ser más rápido, más efectivo y más objetivo por lo tanto más confiable, ya que no admite que se originen errores debido a que su análisis no es subjetivo como el método in vivo, el cual requiere provocar eritema en la piel y ser evaluado a las 24 horas, además de todos los efectos secundarios que ponen en riesgo a los participantes.

Ha sido satisfactorio poder obtener información de las telas defabricación nacional, conocer sus características y de esta manera poder obtener el grado de protección para generar nuevos conocimientos en la población y contribuir a la disminución de los efectos secundarios de la radiación ultravioleta en la piel sobre todo los efectos cancerígenos

y el fotoenvejecimiento, además lograr cambiar la cultura de protección ante la radiación solar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mulero M. Efecto de la radiación ultravioleta sobre los procesos de estrés oxidativo e inmunodepresión cutánea. Efecto protector de los filtros solares. Facultad de Medicina Universidad Rovira I Virgili. 2004; 2-3.
2. Saravanan D. UV protection textile materials. Autex Research Journal. 2007 Mar; 7(1): 53-9.
3. Ranjan B. UV Radiation Protective Clothing. The Open Textile Journal. 2010; 3:14-9.
4. Hoffmann K, Laperre J, Avermaete A, Altmeyer P, Gambichler T. Defined UV Protection by Apparel Textiles. Arch dermatol. 2001 Aug; 137:1-4.
5. Moncada J. La radiación ultravioleta y la piel del deportista, 2003 Jun 10; 27(2): 165-7.
6. Loayza M. Rayos ultravioletas provenientes del sol: efectos y precauciones. Ecomundo. 2007 Mar. 1-4.
7. Mireles H. Fotoprotección sistémica con antioxidantes: Efecto de la terapia oral con tocoferol y ácido ascórbico sobre la dosis de eritema mínimo. Universidad de Colima. 2000 Ene 19. 45-57.
8. Ivester A, León J. Enciclopedia de salud y de seguridad en el trabajo: Industrias textiles y de la confección. 2005 May 20-70

9. Riva A. Que es el UPF en un tejido. Revista química textil. 1999; 144:72-8.
10. Zemelman V. Radiación ultravioleta, epidemiología del cáncer cutáneo y factores de riesgo. 2007: 239-41.
11. Gonzales M., VernhesMarioly, Sánchez A., La radiación ultravioleta, su efecto dañino y consecuencias para la salud humana. 2009, 18(2): 69-75.
12. López J. Aplicación de las radiaciones ultravioletas e infrarrojas en documentoscopia. 2010. 25-9.
13. Cabrera C., López M. Efectos de la radiación ultravioleta en la inducción de mutaciones de p53 en tumores de la piel. 2006; 29(7): 291-297.
14. Morales JA, Graus S, Jimenez J. Sun burn: photoprotection and treatment. 2006; 47 (2): 119-135.
15. Gilaberte Y, Coscojuela C. Actas Dermosifiliograficas. Fotoproteccion. 2003; 94(5):271-293.
16. Abarca JF, Casiccia CC, Zamorano FD. Increase in sunburns and photosensitivity disorders at the edge of the Antarctic ozone hole, Southern Chile, 1986-2000. J Am Acad Dermatol 2002; 46:193-9.
17. Lim Hw, Naylor M, Hönigsmann H, Gilchrist BA, Cooper K, Morison W, et al. American Academy of Dermatology Consensus Conference on UVA protection of sunscreens: summary and recommendations. J Am Acad Dermatol 2001; 44:505-8.

18. Bernerd F, Vioux C, Asselineau D. Evaluation of the protective effect of sunscreens on human skin reconstructed in vitro exposed to UVB or UVA irradiation. *Photochem Photobiol* 2003; 71:314-20.
19. Akaydin M. Research of UV permeability properties of basic weft knitted structures. *Scientific Research and Essays*. 2010 Aug 18; 5(16): 2169-77.
20. Murphy GM. Sunbloks: mechanism of action. *Photodermatol Photoimmunol Photomed* 2009; 15: 34-6.
21. Mondragón J. *Fibras Textiles*. 2005 Enero 2:1-7.
22. Prego C. *Las Telas. Diseño de indumentaria*. 2008; 2:7-12.
23. Rivera H. *Conocimientos de las fibras textiles*. 2008; 1: 1-5.
24. Stengel F. *Ropa sol: moda con conciencia*. 2005 Jun 7:2-5.
25. Briggs J. Protección solar mediante la vestimenta. *American Academy of Dermatology*. 2010: 1-2.
26. Rivera D. *Conocimiento de las fibras textiles*. 2009:1-4.
27. Algaba I, Riva A, Crews P. Influencia del tipo de fibra y la porosidad de los tejidos en el factor de protección a la radiación ultravioleta proporcionada por los tejidos de verano. 2004: 26-31.
28. Mentera J, Hatch K. *Clothing as Solar Radiation Protection*, 2003, 31:50-63.

29. Algaba, I. Protección ultravioleta proporcionada por los textiles. 2004, 15-20.
30. Correa M. Índice ultravioleta: evaluación y aplicación. 2003, 10-20.
31. Suárez H, Cadena C. Mediciones de laboratorio de transmitancia UV a través de tejidos, anteojos para el sol y cremas protectoras. Avances en Energías Renovable y Medio Ambiente 2008; 12: 33-9.
32. Briggs. J. Protección solar mediante la vestimenta, 2010, 1-4.
33. Lovengreen Ch., Álvarez J. Fuenzalida H. Radiación ultravioleta productora de eritema. 2002, Ene. 1-5.

ANEXOS
METODO IN VIVO

Anexo 1

Irradiancia espectral solar de la ciudad de Quito

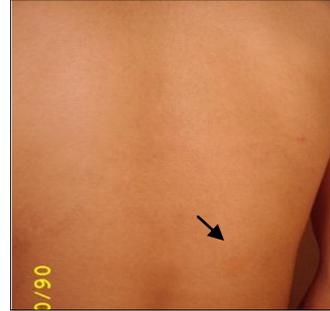
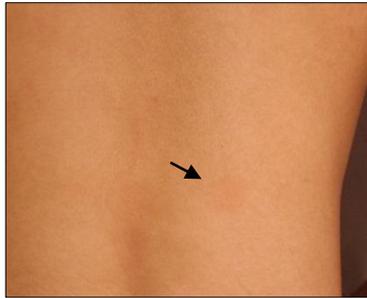
DATOS DE IRRADIANCIA ESPECTRAL SOLAR PARA EL DIA 01/07/2011						
FECHA Y HORA	Ed305 uW/(cm2nm)	Ed313 uW/(cm2nm)	Ed320 uW/(cm2nm)	Ed340 uW/(cm2nm)	Ed380 uW/(cm2nm)	Ed395 uW/(cm2nm)
01/07/2011 6:00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,02
01/07/2011 7:00	0,02	0,52	1,30	4,08	5,40	5,22
01/07/2011 7:10	0,03	0,89	2,03	5,79	7,94	7,79
01/07/2011 7:20	0,06	1,45	3,07	8,20	11,73	11,64
01/07/2011 7:30	0,12	2,06	4,07	9,95	13,66	13,32
01/07/2011 7:40	0,21	2,92	5,50	12,98	18,27	17,98
01/07/2011 7:50	0,38	4,48	8,14	19,35	29,60	29,84
01/07/2011 8:00	0,48	4,54	7,80	16,47	21,93	21,19
01/07/2011 9:00	2,72	12,19	18,42	34,37	46,32	45,01
01/07/2011 10:00	6,41	19,84	28,11	48,58	63,66	61,37
01/07/2011 11:00	9,96	25,56	35,13	58,68	76,30	73,16
01/07/2011 11:50	11,43	27,46	37,39	62,09	81,42	78,27
01/07/2011 12:00	11,00	26,51	36,16	60,65	80,62	77,81
01/07/2011 13:00	3,27	8,17	11,09	17,42	20,62	19,38
01/07/2011 13:10	4,21	10,41	14,05	21,77	25,30	23,60
01/07/2011 13:30	5,13	13,05	17,73	27,93	33,04	30,97
01/07/2011 13:40	3,52	9,18	12,44	18,83	20,48	18,73
01/07/2011 13:50	3,57	9,46	12,85	19,38	20,86	18,99
01/07/2011 14:00	3,54	9,59	13,09	19,98	21,84	19,98
01/07/2011 14:10	3,74	10,44	14,33	22,24	24,91	22,97
01/07/2011 14:20	7,01	20,61	29,00	49,96	66,12	63,64
01/07/2011 14:30	3,25	9,86	13,78	22,29	26,33	24,66
01/07/2011 14:40	2,69	8,57	12,08	19,77	23,50	22,05
01/07/2011 14:50	2,16	7,20	10,21	16,64	19,39	18,10
01/07/2011 15:00	2,06	7,22	10,33	17,13	20,29	19,04
01/07/2011 16:00	1,59	9,28	14,66	28,58	38,70	37,66

Fuente: Secretaría del Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito

Anexo 2

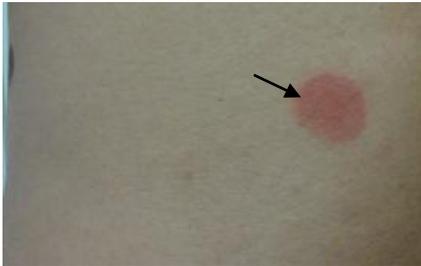
Dosis de eritema mínimo (DEM) en personas voluntarias.

Fototipo de piel III



250mJ/mW (00:03)

Fototipo de piel IV



400mJ/mW (00:04) quemadura grado 1

ANEXO 3

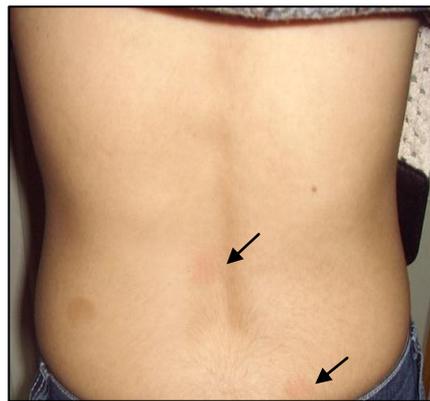
Panel donde se colocaron los textiles elegidos





Anexo 4

Se observa eritema

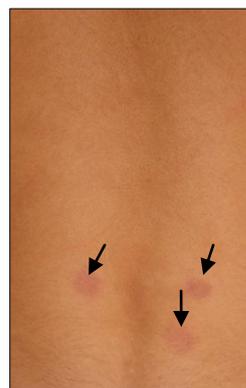


1000mJ/mW (00:15)

- Telas de textil Ecuador color rosado
- Tela de Textil Ecuador color crema

Anexo 5

Se observa eritema

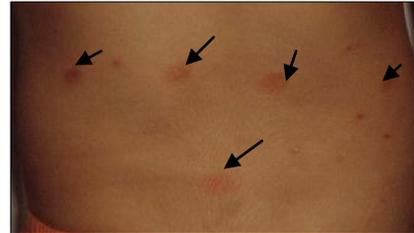


1200mJ/mW (00:18)

- Telas de Textil Ecuador color rosado
- Tela de Textil Ecuador color crema
- Tela de Textil Ecuador color café claro

Anexo 6

Se observa eritema

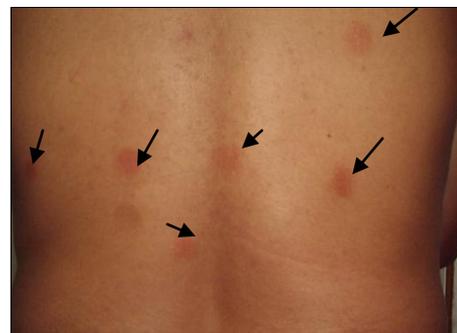


1500mJ/mW (00:22)

- Tela de Textil Ecuador color rosado
- Tela de Textil Ecuador color crema
- Tela de Textil Ecuador color café claro
- Tela de textil Ecuador color café oscuro
- Tela Sintofil forro de bolsillo color blanco

Anexo 7

Se observa eritema





2000mJ/mW (00:30)

- Tela de Textil Ecuador color rosado
- Tela de Textil Ecuador color crema
- Tela de Textil Ecuador color café claro
- Tela de tectil Ecuador color café oscuro
- Tela Sintofil forro de bolsillo color blanco
- Jersey toscana color crema

Anexo 8



4000mJ/mW (00:60): Ausencia de eritema en la piel de todos los voluntarios utilizando el resto de tejidos.