



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**Determinación de factor de protección solar *in vitro* en
cremas fotoprotectoras**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

Autora: Palacios Azanza, Thalya Karolina

Director: Sánchez Juárez, Aramis Asuri

LOJA

2024



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NC-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2024

Aprobación del director del Trabajo de Titulación

Loja, 25 de septiembre de 2024

Mgtr. Claudia Cruz Erazo

Director de la carrera de Bioquímica y Farmacia

Ciudad. -

De mi consideración:

Me permito comunicar que, en calidad de director del presente Trabajo de Titulación denominado: Determinación de factor de protección solar *in vitro* en cremas fotoprotectoras realizado por Thalya Karolina Palacios Azanza ha sido orientado y revisado durante su ejecución, así mismo ha sido verificado a través de la herramienta de similitud académica institucional, y cuenta con un porcentaje de coincidencia aceptable. En virtud de ello, y por considerar que el mismo cumple con todos los parámetros establecidos por la Universidad, doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

.....

Director: Aramis Asuri Sánchez Juárez, Doctor

Pasaporte: G30086537

Correo electrónico: aasanchez11@utpl.edu.ec

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, Thalya Karolina Palacios Azanza, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente:

Ser autora del Trabajo de Titulación denominado: Determinación de factor de protección solar *in vitro* en cremas fotoprotectoras, de la carrera de Bioquímica y Farmacia, específicamente de los contenidos comprendidos en: capítulo uno marco teórico, capítulo dos metodología y capítulo tres resultados y discusión y finalmente conclusiones, recomendaciones y referencias, siendo Aramis Asuri Sánchez Juárez, director del presente trabajo; también declaro que la presente investigación no vulnera derechos de terceros ni utiliza fraudulentamente obras preexistentes. Además, ratifico que las ideas, criterios, opiniones, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad. Eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual de este trabajo.

Que la presente obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad", en tal virtud, cedo a favor de la Universidad Técnica Particular de Loja la titularidad de los derechos patrimoniales que me corresponden en calidad de autor/a, de forma incondicional, completa, exclusiva y por todo el tiempo de su vigencia.

La Universidad Técnica Particular de Loja queda facultada para ingresar el presente trabajo al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

.....

Autora: Thalya Karolina Palacios Azanza

C.I.: 1104789415

Correo electrónico: tkpalacios@utpl.edu.ec

Dedicatoria

A mis padres por ser un pilar fundamental en todo este proceso de mi vida universitaria, que con ayuda de sus consejos que día a día me brindaban puede seguir adelante y que siempre con dedicación y esfuerzo se puede llegar a cumplir grandes cosas en la vida. A mis hermanos y a mis abuelitos que con su apoyo incondicional y consejos sabios pude culminar mi meta propuesta. A mi sobrinita que fue la persona por la cual retomé con fuerza y dedicación mis estudios, es mi cable a tierra y es por ella que di mi cien por ciento para seguir luchando por lo que más quiero y cumplir este sueño que es ser una gran profesional y ser el orgullo para toda mi familia.

Agradecimiento

Primeramente, agradecerle a Dios, a la Virgen del Cisne, a la Virgen de Guadalupe y al Arcángel Gabriel por darme valentía, dedicación y perseverancia de continuar y culminar este sueño tan anhelado.

A mis padres y hermanos que cuando sentía que me derrumbaba supieron apoyarme y nunca dejarme sola. A mis abuelitos que con su granito de arena supieron apoyarme de una manera muy importante.

A mis amigos que con sus palabras de aliento me dieron fuerzas para seguir luchado por lo que más quiero.

Y un agradecimiento especial a mi director de tesis el Dr. Aramis Sánchez que gracias a sus conocimientos, apoyo y paciencia supo guiarme en todo momento y de la mejor manera para terminar mi tesis.

Índice de contenido

Carátula	<i>I</i>
Aprobación del director del Trabajo de Titulación	<i>II</i>
Declaración de autoría y cesión de derechos	<i>III</i>
Dedicatoria	<i>V</i>
Agradecimiento	<i>VII</i>
Índice de contenido	<i>VIII</i>
Resumen.....	<i>1</i>
Abstract	<i>2</i>
Introducción	<i>3</i>
Capítulo uno	<i>5</i>
Marco teórico	<i>5</i>
1.1 Luz solar	<i>5</i>
1.2 Radiación solar	<i>6</i>
1.3 Radiación ultravioleta	<i>6</i>
1.3.1 Los rayos UVC.....	<i>7</i>
1.3.2 Los rayos UVA.....	<i>7</i>
1.3.1 Los rayos UVB.....	<i>7</i>
1.4 Fotoprotección	<i>11</i>
1.5 Factor de protección solar	<i>13</i>
1.6 Métodos para determinar el factor de protección solar	<i>15</i>

1.6.1 Métodos <i>in vivo</i>	15
1.6.2 Métodos <i>in vitro</i>	17
1.6.2.1. Determinación el factor de protección ultravioleta (UPF) por transmitancia	17
1.6.2.2 La cámara de degradación	17
1.6.2.3 Caracterización por FTIR	18
1.6.2.4 La técnica de de trampeado de spin	18
Capítulo dos	20
Metodología	20
2.1 Diagrama de flujo	20
2.2 Procedimiento	21
Capítulo tres	28
Resultados y discusión	28
3.1 Análisis escala de grisis	28
3.2 Análisis de línea de tendencia	31
Conclusiones	37
Recomendaciones	38
Referencias	39

Índice de figuras

Figura 1 Esquema metodológico	20
Figura 2 Crema fotoprotectora UVEBLOCK	21

Figura 3 Pesaje colorante vegetal.....	21
Figura 4 Mezcla del colorante con alcohol.....	22
Figura 5 Filtración del colorante.....	22
Figura 6 Concentración del colorante.....	23
Figura 7 PET de 1cm.....	23
Figura 8 Tinción por centrifugado (colorante).....	24
Figura 9 PET de 5cm.....	24
Figura 10 Preparación de la crema fotoprotectora.....	25
Figura 11 Tinción por centrifugación (crema fotoprotectora).....	25
Figura 12 PET organizados circularmente.....	26
Figura 13 PET en la lámpara UV.....	26
Figura 14 PET durante 3 horas.....	27
Figura 15 PET con colorante y escalas de grises FPS 30.....	28
Figura 16 Análisis de PET en escala de grises FPS 30.....	29
Figura 17 PET con colorante y escalas de grises FPS 50.....	29
Figura 18 Análisis de PET en escala de grises FPS 50.....	30
Figura 19 PET con colorante y escalas de grises FPS 80.....	30
Figura 20 Análisis de PET en escala de grises FPS 80.....	31
Figura 21 Promedio de FPS 30.....	32
Figura 22 Promedio de FPS 50.....	33
Figura 23 Promedio de FPS 80.....	34
Figura 24 Comparación de promedios de los FPS.....	35

Resumen

El aporte que se brinda mediante el estudio es de suma importancia ya que se realiza la determinación de factor de protección solar *in vitro* en cremas fotoprotectoras y poder ver que tan factibles son las cremas fotoprotectoras con FPS de 30, 50 y 80, que son los que se usa en este estudio. Por lo que se utiliza una técnica *in vitro*, empleando un colorante vegetal que es el achiote, este colorante nos permite observar con mayor facilidad la degradación que se produce al ser expuesto a la radiación UV. Se utiliza los PET en los cuales se coloca una gota del colorante con ayuda de un sistema de centrifugación esto con el objetivo de que el colorante se expanda de manera uniforme, así mismo con la crema fotoprotectora aproximadamente colocamos unos 3cm y con ayuda del sistema de centrifugado nos ayuda a que se esparza uniformemente para luego ser llevados hacia la lámpara UV; los PET se los deja por un lapso de 3 horas, pero se va retirando los PET con colorante cada 30 minutos.

Palabras clave: protector solar, factor de protección solar.

Abstract

The contribution provided by the study is of utmost importance since the determination of the sun protection factor in vitro in photoprotective creams is carried out and to be able to see how feasible are the photoprotective creams with SPF of 30, 50 and 80, which are the ones used in this study. Therefore, an in vitro technique is used, employing a vegetable dye which is annatto, this dye allows us to observe more easily the degradation that occurs when exposed to UV radiation. PET is used in which a drop of the dye is placed with the help of a centrifugation system so that the dye expands uniformly, likewise with the photoprotective cream we place approximately 3cm and with the help of the centrifugation system it helps us to spread it uniformly and then it is taken to the UV lamp; the PET is left for a period of 3 hours, but the PET with dye is removed every 30 minutes.

Keywords: sunscreen, sun protection factor.

Introducción

La luz solar se trata de una radiación electromagnética proyectada sobre la tierra y esencial para la vida en el planeta, manifestándose en forma de luz solar (TINCO CARRASCO, 2023). La luz solar daña la piel porque los rayos ultravioletas (RUV) son absorbidos por el ADN, el ARN, las proteínas, los lípidos de las membranas y las organelas celulares que se encuentran en la epidermis y la dermis, incluido el sistema vascular. Los efectos de la RUV son acumulativos y dependientes de la dosis y están relacionados con la duración, frecuencia e intensidad de la radiación; con efecto inmediato provocan la liberación de histamina, prostaglandinas y citocinas inflamatorias, y con efecto retardado el cáncer de piel (Sánchez et al, 2002). Por lo tanto, se recomienda a las personas el uso de cremas fotoprotectoras y accesorios que sean eficaces para evitar de los daños que pueden causar los RUV.

Las diversas alternativas que han surgido para reducir el daño cutáneo por exposición solar, tanto a largo como a corto plazo, se denominan fotoprotección (Sepúlveda Soria et al., 2021).

Los fotoprotectores son agentes que están diseñados para proteger la estructura de la piel humana y mantener su funcionalidad (TINCO CARRASCO, 2023).

El protector solar o bloqueador solar son formulaciones farmacéuticas de aplicación tópica que tiene la propiedad de reflejar, absorber o refractar la radiación ultravioleta proveniente del sol o de fuentes artificiales, reduciendo así los efectos nocivos de los rayos solares (Suárez et al., 2009).

Existen varios métodos para determinar el factor de protección solar ya sea mediante técnicas *in vivo* o *in vitro*. Aunque los dos métodos se correlacionan en algunos casos, cabe señalar que, para un cierto número de productos, el FPS determinado *in vivo* es mucho mayor

que el FPS *in vitro*. Esta situación puede explicarse por la presencia de ciertos ingredientes utilizados para formular estos productos (Couteau et al., 2012).

En el presente trabajo se utilizó el método de determinación del factor de protección ultravioleta (UPF) por transmitancia que se basa en medir la transmisión de la luz ultravioleta a través de una crema y se cuantifica mediante un espectrofotómetro adecuadamente adaptado. Esta tecnología no requiere pruebas y las mediciones se pueden realizar fácilmente en segundos. Este método es mucho más objetivo y reproducible, ya que los resultados no dependen de la observación visual de un experto ni del tipo de piel de cada individuo (Suárez et al., 2009), cabe señalar que este método es fácil de realizar y tiene un costo bajo en comparación de los otros métodos. Esta técnica se la realizó utilizando un colorante vegetal (achiote), este mismo colorante estuvo protegido con las cremas fotoprotectoras con FPS de 30, 50 y 80 que al ser expuesto a la radiación ultravioleta observamos que se degradaba al pasar el tiempo.

Capítulo uno

Marco teórico

1.1 Luz solar

A principios del siglo XX, debido a su conocido efecto terapéutico en la síntesis de vitamina D, se produjo un aumento de los llamados “baños de sol”, por lo que se convirtieron en una actividad frecuente, en ocasiones excesiva y sin tomar las mínimas de cautela necesarias sobre los riesgos de la exposición a la solar (HUAMANI GAMONAL & HUAMAN FIESTAS, 2023).

La luz solar se trata de una radiación electromagnética proyectada sobre la tierra y esencial para la vida en el planeta, manifestándose en forma de luz solar. Las actividades metabólicas se llevan a cabo directa o indirectamente en los seres vivos mediante la manifestación de esta energía. Está claro que la luz solar es muy útil o necesaria para la vida, de lo contrario la tierra sería un lugar oscuro, muerto y helado. En otras palabras, la luz del sol transmite radiación que se utiliza o afecta a la tierra (TINCO CARRASCO, 2023).

Según (Geoffrey et al., 2019) los rayos del sol constan de una serie de rangos de longitudes de onda que varían en frecuencia y sus perfiles energéticos. El espectro electromagnético del sol está formado por rayos cósmicos, rayos gamma , rayos X, rayos ultravioleta, microondas y ondas de radio en orden decreciente de energía. Entre estos rayos cósmicos, los rayos gamma y X son filtrados eficazmente a la tierra por la atmósfera y, por lo tanto, no presentan ningún potencial de causar daño. Sin embargo, cabe señalar que son los más letales y su exposición provocaría desastres de proporciones épicas.

Los rayos ultravioletas pueden penetrar la atmósfera terrestre al igual que el resto de los espectros de energía inferiores. Las microondas y las ondas de radio no tienen importancia médica en lo que respecta a causar daños en la piel (Geoffrey et al., 2019).

La luz solar daña la piel porque los rayos ultravioletas (RUV) son absorbidos por el ADN, el ARN, las proteínas, los lípidos de las membranas y las organelas celulares que se encuentran en la epidermis y la dermis, incluido el sistema vascular. Los efectos de la RUV son acumulativos y dependientes de la dosis y están relacionados con la duración, frecuencia e intensidad de la radiación; con efecto inmediato provocan la liberación de histamina, prostaglandinas y citocinas inflamatorias, y con efecto retardado el cáncer de piel (Sánchez et al, 2002).

1.2 Radiación solar

De acuerdo con (Suárez et al., 2009) la energía luminosa que llega a la superficie terrestre se puede clasificar según su longitud de onda en: infrarroja (>760 nm), luz visible (400-760 nm) y ultravioleta (280-400 nm).

La radiación infrarroja provoca una sensación de ardor en la piel e incluso puede provocar eritema, esta radiación potencia los efectos perjudiciales de los RUV.

La luz visible puede potenciar las reacciones fototóxicas y fotoalérgicas de diferentes sustancias, aumentando así los efectos nocivos de otras radiaciones (AZCONA PÚAS, 2003).

1.3 Radiación ultravioleta

El espectro electromagnético, que forma parte del espectro solar más amplio, incluye la luz ultravioleta que es emitida por el sol. Varios fotones ultravioletas tienen una longitud de onda de 200-400 nm y forman parte del espectro solar. Las longitudes de onda superiores a 400 nm son sensibles a las células fotorreactivas de la retina humana. Los rangos continuos de radiación energética en diferentes longitudes de onda constituyen la radiación solar. Cada uno de ellos tiene sus propias y únicas propiedades físicas, una cierta energía asociada a la penetración, y como resultado de todos estos factores, son capaces de producir diferentes efectos al entrar en contacto con la piel (TINCO CARRASCO, 2023).

La radiación UV que llega al planeta se compone de un 98% de ultravioleta A (UVA) y en un 2% de ultravioleta B (UVB) (Suárez et al., 2009).

La radiación UV se dividen en 3 rangos:

1.3.1 Los rayos UVC

También conocidos como radiación germicida con una longitud de onda menor a 290 nm, es filtrada por la capa de ozono y, por lo tanto, no debería llegar a la superficie terrestre (AZCONA PÚAS, 2003). Es la más energética, por lo que es eritematogena, mutagénica y carcinogénica (Escamilla & Agulles, 2008).

1.3.2 Los rayos UVA

Con una longitud de onda (320-400 nm), estos rayos activan la melanina que ya se encuentra en la epidermis para producir un bronceado de corta duración (Geoffrey et al., 2019). Estos son responsables de la pigmentación directa de la piel, penetrando en la dermis por lo que puede causar daños a la piel a largo plazo y provocando un daño acumulativo al colágeno y la elastina conocidos como fotoenvejecimiento. Desempeña un papel importante en el desencadenamiento de alergias solares y causa daños en el ADN debido a una reacción de fotosensibilidad, lo que conduce a citotoxicidad y carcinogénesis, lo que ahora se cree que desencadena melanoma maligno (Suárez et al., 2009). Sus efectos se manifiestan mucho más tarde en comparación con los efectos de los rayos UVB, que son agudos (Geoffrey et al., 2019).

1.3.3 Los rayos UVB

Con una longitud de onda (320-400 nm), estos desencadenan la producción de pigmento melanina y estimulan las células de la piel para producir una epidermis más espesa, lo que da como resultado un bronceado duradero. También es la principal causa de quemaduras solares (Geoffrey et al., 2019). Los rayos UVB causan eritema solar y mutaciones en oncogenes y genes supresores de tumores para los tipos de carcinoma de

basocelular y espinocelular. Cuando tomamos el sol o nos bronceamos, estamos expuestos a este conjunto de radiaciones electromagnéticas, que provocan una serie de efectos biológicos en el ser humano: reacción eritematosa inmediata o retardada, reacción de pigmentación inmediata o retardada, formación de radicales libres y especies reactivas de oxígeno, formación de enlaces transversales entre proteínas, síntesis de vitamina D y efectos térmicos (AZCONA PÚAS, 2003).

Las personas con pigmentación cutánea clara sufren comparativamente más daños en la piel debido a los rayos UV porque es relativamente fácil que los rayos UV penetren en la epidermis y dañen tanto los queratinocitos como los melanocitos en las capas más profundas de la epidermis (Geoffrey et al., 2019).

La exposición excesiva a la radiación solar o UV puede provocar varios efectos adversos, que incluyen:

- **Enfermedades oculares:** son consecuencias graves de la exposición a la radiación UV, como la fotoqueratitis y fotoconjuntivitis. Estos efectos inflamatorios en los tejidos del globo ocular y los párpados son similares a las reacciones de las quemaduras solares y suelen aparecer a las pocas horas de la exposición. Además, aunque la mayoría de las personas desarrollan cataratas en mayor o menor grado a medida que envejecen, la exposición a la radiación UVB parece ser un factor de riesgo importante para la afección (Contreras et al., 2013).

- **Inmunosupresión:** el número de células de Langerhans (responsables de las defensas de la piel) se reduce y se modifica morfológica y funcionalmente por los efectos de la radiación UV. Cuando la radiación UV se vuelve agresiva, la respuesta inmune en el tejido cutáneo expuesto se suprime significativamente. Este efecto no sólo se expresa en la zona que rodea la piel irradiada, sino que también afecta parcialmente a todo el cuerpo. También hay que tener en cuenta que el riesgo de que la radiación UV deteriore el sistema inmunológico que es independiente del tipo de piel. La inmunosupresión causada por los

rayos UV comienza con el daño al ADN provocados por esta radiación. Cada vez hay más pruebas de que la radiación UV en el medio ambiente puede aumentar el riesgo de enfermedades infecciosas (Contreras et al., 2013).

- **Fotocarcinogénesis (Cáncer de piel):** por la vía del estrés oxidativo, por medio de la producción de radicales libres en la piel que atacan el ADN, a los lípidos y otros componentes celulares, provocando mutaciones, potencialmente cancerígenas. Hay tres factores que intervienen en la carcinogénesis: la intensidad de la radiación, el número de horas y la frecuencia de la exposición. La energía UV se acumula en la piel, lo que supone un daño crónico, incluso con dosis bajas de energía que, si bien no provoca eritema, si es muy frecuente, puede provocar carcinogénesis. Es importante enfatizar que una vez que comienza el proceso cancerígeno, no se detiene y no hay recuperación del tejido incluso si se detiene toda la irradiación. Se desconocen los mecanismos exactos que desencadenan la carcinogénesis, pero todo apunta que depende no sólo de la acumulación de radiación, sino de distintos factores como son: el envejecimiento fisiológico, pues en esta situación se disminuye la capacidad de reparación del ADN, la capacidad de respuesta inmune e incluso la capacidad de los melanocitos (Contreras et al., 2013).

(Contreras et al., 2013), indica que se han dado a conocer varios tipos de cáncer de piel, que incluyen:

- **Carcinoma:** aproximadamente del 75-80% de los cánceres de piel son carcinomas de células basales que generalmente sucede debido a la exposición crónica de la piel a la radiación solar. Este carcinoma crece de manera lenta y prácticamente no metastatiza.

- **Melanoma:** es el cáncer de piel más agresivo y representa alrededor del 4-5% de todos los cánceres de piel. Cada año se ocasionan en todo el mundo entre dos y tres millones de casos de cáncer de piel no melánico y alrededor de 132.000 casos de cáncer de piel melánico. El cáncer de piel no melánicos se puede extirpar quirúrgicamente y rara vez es mortal, pero el melanoma maligno contribuye significativamente a la mortalidad en poblaciones de piel clara (Contreras et al., 2013).

- **Fotoenvejecimiento:** se produce rápidamente cuando la radiación UV anula los mecanismos de defensa antioxidantes, aumentando así la formación de radicales libres, perjudicando así la efectividad de la reparación del ADN e incrementando así la tasa de mutación. También se produce peroxidación celular, lipídica y fragmentación de las fibras de colágeno, además de una reducción de la cantidad de ácido hialurónico, ya que afecta a su síntesis. Los signos clínicos incluyen: sequedad de la piel, arrugas profundas, acentuación de los surcos cutáneos, pigmentación, pérdida de elasticidad, hiperqueratosis y telangiectasias (Contreras et al., 2013).

- **Hiperqueratosis:** una de las reacciones a largo plazo del tejido cutáneo a la exposición al sol se manifiesta por un engrosamiento de la piel. Se ha demostrado que después de la irradiación UV, la epidermis disminuye inmediatamente la síntesis de ADN, ARN y proteínas, pero después todos estos parámetros aumentan por encima de los valores normales. El aumento de la proliferación del tejido epidérmico se encarga de duplicar o triplicar el número de células; de esta forma, el estrato córneo se vuelve más grueso y se transforma en la barrera óptica más eficaz contra la radiación UV (Contreras et al., 2013).

- **Quemadura solares o eritema:** son el efecto más característico que se produce tras la exposición a la radiación UVB, debido a la dilatación de los vasos sanguíneos de la superficie de la piel, por la liberación de mediadores inflamatorios, provocando dolor, calor e hinchazón. El eritema se forma 2 horas después del inicio de la exposición solar, alcanza su máxima intensidad entre 8-24 horas y comienza a retroceder después de 48 horas de exposición solar (Contreras et al., 2013).

- **Bronceado:** es el proceso regulado por la radiación UV, la estimulación hormonal y factores hereditarios. (Contreras et al., 2013), menciona que el bronceado es de dos tipos:

- **Bronceado inmediato:** la radiación actúa sobre la melanina incolora que se localiza en los melanocitos, ocasionando su oxidación, lo que da como resultado la aparición de un color marrón claro.

- **Bronceado verdadero:** en este proceso se estimula la melanogénesis, es decir, la síntesis del pigmento de melanina (Contreras et al., 2013).

1.4 Fotoprotección

Las diversas alternativas que han surgido para reducir el daño cutáneo por exposición solar, tanto a largo como a corto plazo, se denominan fotoprotección (Sepúlveda Soria et al., 2021).

Los fotoprotectores son agentes que están diseñados para proteger la estructura de la piel humana y mantener su funcionalidad. La perspectiva terapéutica, preventiva del cáncer y el daño cutáneo es la fotoprotección contra el fotoenvejecimiento y el cáncer de piel (TINCO CARRASCO, 2023).

El protector solar o bloqueador solar son formulaciones farmacéuticas de aplicación tópica que tiene la propiedad de reflejar, absorber o refractar la radiación ultravioleta proveniente del sol o de fuentes artificiales, reduciendo así los efectos nocivos de los rayos solares (Suárez et al., 2009).

Desde el punto de vista (Schalka & Silva Dos Reis, 2011) los filtros ultravioletas (UV) o solares son los ingredientes presentes en los protectores solares que tienen la capacidad de interactuar con la radiación incidente a través de tres mecanismos básicos: reflexión, dispersión y absorción.

Los filtros UV pueden dividirse en inorgánicos (físicos) u orgánicos (químicos), en función de sus propiedades fisicoquímicas.

- Los filtros inorgánicos son partículas de óxido metálico capaces de reflejar o dispersar la radiación incidente mediante un mecanismo óptico. Sus principales representantes son el óxido de zinc (ZnO) y el dióxido de titanio (TiO₂), que suelen utilizarse en combinación con filtros orgánicos. Las principales características de los filtros inorgánicos son su baja permeabilidad cutánea y su alta fotoestabilidad, es decir, su capacidad para mantener

fotoprotección incluso tras largos periodos de exposición al sol (Schalka & Silva Dos Reis, 2011). El óxido de zinc se utiliza de forma tópica como protector de la piel desde hace más de un siglo. Los primeros protectores solares desarrollados, hace más de 40 años, contenían únicamente filtros UVB y fueron creados para prevenir el eritema. Hoy encontramos fórmulas, algunas que contienen compuestos inorgánicos como el óxido de titanio, con unas combinaciones que protege contra la mayoría de las radiaciones UV e infrarrojos (Suárez et al., 2009).

- Los filtros orgánicos son moléculas que interfieren con radiación incidente mediante el mecanismo de absorción, cuando el filtro actúa como un cromóforo exógeno absorbiendo un fotón de energía y evolucionando al estado excitado de la molécula. Al volver al estado estable (no excitado), la liberación de energía se produce a una longitud de onda mayor, ya sea en el rango de la luz visible (como fluorescencia) o en el rango de la radiación infrarroja (como calor) (Schalka & Silva Dos Reis, 2011).

Ofrecen una mejor estética en su aplicación y, por lo tanto, son más aceptados; sin embargo, tienen el potencial de absorción sistémica, por lo que la sensibilidad y los efectos adversos son más comunes con este grupo de protectores solares (Geoffrey et al., 2019).

Por lo tanto, Food and Drug Administration (FDA) clasifica los filtros solares como medicamentos de venta sin receta y enumera dieciséis sustancias aprobadas como filtros UV permitidos para uso en fotoprotectores (Schalka & Silva Dos Reis, 2011).

El indicador más importante de la protección UVB es el factor de protección solar. La protección UVB es la razón por la que se mide la protección solar y se mide para determinar la efectividad de los protectores solares (TINCO CARRASCO, 2023).

Existen diferentes formulaciones que incluyen cremas, geles, aerosoles y aceites cuya elección depende de los requisitos y preferencias individuales (Geoffrey et al., 2019).

Asimismo, como menciona (Contreras et al., 2013), existen algunos factores que afectan la fotoprotección de la piel cuando una persona se expone al sol, entre ellos tenemos:

tipo de piel, presencia de vellos, tipo de vestimenta, factores ambientales y tiempo de exposición.

Como recomienda (Contreras et al., 2013) los requisitos ideales del protector solar incluyen:

- Deben tener un amplio espectro, es decir, proteger contra las radiaciones UVA-UVB.
- Tener buena capacidad de eliminación de radicales libres.
- Deben ser estables, seguros y efectivos.
- Al aplicarlo debe provocar una sensación agradable.
- Debe ser resistente al agua y sudor.

Según lo mencionado anteriormente (Contreras et al., 2013), considera importante que debemos tener en cuenta que el uso de protector solar es necesario ya que la protección del organismo frente a la radiación solar no es suficiente para contrarrestar la cantidad de radiación que recibe a diario y a lo largo de la vida de una persona.

1.5 Factor de protección solar (FPS)

Es el parámetro aprobado para cuantificar la eficacia de un filtro. Consiste en medir el grado en que su uso previene el desarrollo de eritema en la piel ante la exposición a la radiación UV (Castanedo Cazares et al., 2005).

De acuerdo con (Couteau et al., 2012), se define como la energía UV necesaria para producir una dosis mínima de eritema (MED) en la piel protegida, dividida por la energía UV necesaria para producir una MED en la piel desprotegida. La DEM se define como el intervalo de tiempo más bajo o la dosis de irradiación de luz ultravioleta suficiente para producir un eritema mínimo y perceptible en la piel desprotegida.

Este FPS es útil como indicador ya que nos permite controlar cuánto tiempo podemos estar expuestos al sol sin quemarnos (TINCO CARRASCO, 2023).

Cuanto mayor sea el índice de FPS, mayor será la protección contra los rayos UV (Vivanco Cuya, 2023). De esta manera, el FPS indica la capacidad de un producto de protección solar para reducir el eritema inducido por los rayos UV (El-Boury et al., 2007).

En 1999, la FDA clasificó la protección solar en FPS 2 a 12 (mínima), FPS 30 (moderada) y FPS 30 o más (alta) (Vera Navarro, 2022).

Como señala (Vera Izaguirre et al., 2013) un FPS de 15 es capaz de bloquear hasta el 94% de la UVB, en comparación con el FPS de 30 que logra bloquear más del 97% y un FPS 50 bloquea el 99%. Se considera que el protector solar tiene al menos FPS 30+ y, añadiendo un filtro UVA, se puede aumentar su eficacia frente al espectro de radiación ultravioleta pero no hay consenso sobre la medición del factor de protección contra la UVA.

La mayoría de los protectores solares con un FPS de 15 o más brindan una excelente protección contra los rayos UVB (Cazorla Martínez, 2013). Cabe recalcar que un producto con un FPS alto (75 o más) no brinda protección por encima del factor 50; puede ser incluso menor si la persona tiene la total confianza y aumenta el tiempo de exposición al sol (Vera Navarro, 2022). Por ello, las nuevas recomendaciones para elegir un protector solar son las siguientes:

- **FDA:** aumentar los valores máximos de FPS a 50 (alto) al aplicar 2 mg/cm².
- **La Asociación Americana de Dermatólogos (AAD):** aumentar el valor mínimo FPS hasta 30 (Vera Navarro, 2022).

Hay ciertos puntos a considerar en el modelo FPS; en primer lugar, ningún protector solar, independientemente de su capacidad, sigue siendo eficaz sin reaplicarlo cada dos horas. En segundo lugar, el enrojecimiento de la piel es una reacción a los rayos UVB y dice poco sobre el daño que pueden causar los rayos UVA (Cazorla Martínez, 2013).

(Vera Navarro, 2022), enfatiza que no se debe utilizar productos con FPS inferiores a 15; otro aspecto en tener en cuenta es la cantidad de producto aplicado, que si es insuficiente provocará que disminuya rápidamente el FPS de hasta un 50%.

1.6 Métodos para determinar el factor de protección solar

Según (Algaba Joaquín & Riva Juan, 2002) el FPS se puede comprobar mediante técnicas *in vivo* o *in vitro*.

Existen varios sistemas para determinar FPS; entre ellos, las metodologías utilizadas son diferentes. Por ende, para un mismo producto se obtendrían distintos valores del FPS, según el método utilizado.

Aunque los dos métodos (*in vivo* e *in vitro*) se correlacionan en algunos casos, cabe señalar que, para un cierto número de productos, el FPS determinado *in vivo* es mucho mayor que el FPS *in vitro*. Esta situación puede explicarse por la presencia de ciertos ingredientes utilizados para formular estos productos (Couteau et al., 2012).

1.6.1 Métodos *in vivo*

En 1946 se propuso por primera vez un método *in vivo* para determinar la eficacia de los productos solares. Este método, basado en la evaluación de la inhibición del enrojecimiento provocado por la radiación UV gracias a un producto solar, permite clasificar los preparados según su FPS (Couteau et al., 2012).

La determinación del FPS se lleva a cabo mediante métodos *in vivo*, que evalúan la dosis mínima de RUV necesaria para producir la primera reacción eritematosa visible en la piel humana (Vera Navarro, 2022).

Como señala (AZCONA PÚAS, 2003) entre los diversos métodos para determinar el FPS frente a UVB, es necesario distinguir: el más conocido el americano, FDA; el alemán,

Deutches Institut für Normung (DIN); el australiano, SAA y el europeo es el método European Cosmetic Toiletry and Perfumery Association (COLIPA).

La FDA estableció el método denominado MED donde nos dice que para determinar el valor de FPS, se selecciona un cierto grupo de voluntarios, con fototipos cutáneos I-III, y se los somete a dosis crecientes de radiación ultravioleta emitida por una fuente de luz artificial denominada simulador solar, en zonas de piel desprotegida y protegida con filtro solar en cantidad de 2 mg/cm². Tras unas 16 a 24 horas de exposición, se realiza la lectura del MED en ambas zonas y se calcula su relación (Schalka & Silva Dos Reis, 2011). El FPS se determina dividiendo el tiempo que ocurre el enrojecimiento en la piel protegida por el tiempo en que ocurre el enrojecimiento en la piel desprotegida (Algaba Joaquín & Riva Juan, 2002). Por lo tanto, los valores medios hallados para el grupo de voluntarios constituyen el FPS del producto (Schalka & Silva Dos Reis, 2011).

(Schalka & Silva Dos Reis, 2011), nos menciona que la agencia alemana DIN presentó una nueva versión del método de la FDA en 1984, denominada DIN 67501, utilizada en aquel momento en toda Europa. Las diferencias metodológicas entre ellos eran grandes y se referían principalmente a la fuente emisora de ultravioleta (lámpara de arco de xenón para la metodología de la FDA y luz natural o lámpara de mercurio para la DIN) y a la cantidad de protector solar aplicado (2mg/cm² establecido por la FDA y 1,5 mg/cm² para la DIN).

El método COLIPA es una prueba estandarizada *in vivo* que tiene como objetivo conseguir un etiquetado uniforme de productos solares de diversos fabricantes europeos. A la hora de evaluar el nivel de protección solar se utiliza el sistema tradicional FPS, que consiste en determinar la dosis mínima de radiación UVB necesaria para producir la primera reacción eritematosa perceptible en la piel humana (AZCONA PÚAS, 2003).

Tanto la metodología norteamericana FDA y como la europea COLIPA se han convertido en referencia para la determinación del FPS en diferentes países, que a través de la Resolución RDC 237 emitida por la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (ANVISA) en

2002 determina que cualquier producto denominado protector solar debe presentar estudios que demuestren su eficacia fotoprotectora (test de determinación del FPS) a través de una de las dos metodologías internacionales (Schalka & Silva Dos Reis, 2011).

1.6.2 Métodos *in vitro*

En 1989, se propuso un método *in vitro* con el mismo objetivo para cuantificar la eficacia de los productos solares; este método también ha evolucionado y ofrece una serie de ventajas. En primer lugar, es más ético, ya que no requiere la irradiación de voluntarios. En segundo lugar, puede implementarse rápidamente y a bajo costo (Couteau et al., 2012).

El uso de técnicas de medición *in vitro* sigue siendo el método de aproximación de primer orden más utilizado (Suárez et al., 2009).

1.6.2.1 Determinación del factor de protección ultravioleta (UPF) por transmitancia. (Suárez et al., 2009) nos menciona, que se basa en medir la transmisión de la luz ultravioleta a través de un tejido o crema y se cuantifica mediante un espectrofotómetro adecuadamente adaptado. Esta tecnología no requiere pruebas y las mediciones se pueden realizar fácilmente en segundos. Este método es mucho más objetivo y reproducible, ya que los resultados no dependen de la observación visual de un experto ni del tipo de piel de cada individuo.

El espectro de acción describe la eficacia relativa de la radiación ultravioleta en longitudes de onda específicas para provocar reacciones biológicas específicas. El espectro del efecto del eritema se utiliza como peso de la irradiancia UV espectral que depende de la longitud de onda, al integrar todas las longitudes de onda, se puede determinar la irradiancia biológica efectiva real. La dosis UV efectiva para un período de exposición determinado se calcula sumando la irradiancia efectiva durante todo el período de exposición.

1.6.2.2 La cámara de degradación. La radiación en la región de interés, que simula la radiación del sol, se logra mediante el uso de una lámpara OSRAM Ultra-Vitalux. Está

montado en la parte superior de una cámara, lo que lo aísla del mundo exterior y permite controlar la intensidad de la radiación que incide en el fondo de la cámara. Las muestras a extraer se colocan sobre la base, a una distancia de 50 cm de la lámpara. La intensidad de la radiación emitida por la lámpara en el rango UVB es de media $360 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Esto concuerda bien con los niveles de radiación típicos en los climas tropicales al mediodía. Para evitar que la cámara se calentara excesivamente, está equipada con un dispositivo de ventilación. La temperatura medida en el lugar de ubicación de la muestra es de aproximadamente $40 \text{ }^\circ\text{C}$ (Suárez et al., 2009).

1.6.2.3 Caracterización por FTIR. La técnica FTIR/HATR (espectroscopia de infrarrojo con transformada de Fourier utilizando un accesorio de reflexión interna total atenuada horizontal) estudia los cambios estructurales y morfológicos producidos por las cremas protectoras solares. Los espectros se registraron utilizando un instrumento Perkin Elmer FTIR-Spectrum GX equipado con una celda de seleniuro de potasio horizontal (Suárez et al., 2009).

1.6.2.4 La técnica de trapeado de spin. De acuerdo con (Castanedo Cazares et al., 2005) se utilizó para estudiar los radicales libres/ROS (ROS = especies reactivas de oxígeno) generados en biopsias de piel cuando se exponen a la luz. Este método normalmente implica agregar un radical libre reactivo de vida corta al doble enlace de una "trampa de spin" diamagnética para formar un radical libre mucho más estable, un "aducto de radicales". El uso de trampas de espín prolonga la vida útil ($10^{-9} \text{ s} - 10^{-3} \text{ s}$) incluso de los radicales libres/ROS más reactivos, como los radicales hidroxilos (OH), los radicales aniónicos superóxidos (O_2) y los radicales lipídicos (L). debido a la formación de aductos de trampa de espín (minutos a horas), que pueden medirse mediante métodos EPR (resonancia de spin electrónico). La trampa de spin preferida es la PBN (fenil-tert-butilnitrona), que puede proporcionar una señal de ESR muy estable durante un largo período de tiempo (aproximados a los 60 minutos) y, por lo tanto, es particularmente adecuada para la cuantificación de radicales libres generados en la piel después de varias dosis de radiación ultravioleta. El

sustrato se impregna con la solución de trampa de spin durante, por ejemplo, 30 minutos antes de la irradiación UV. (Castanedo Cazares et al., 2005).

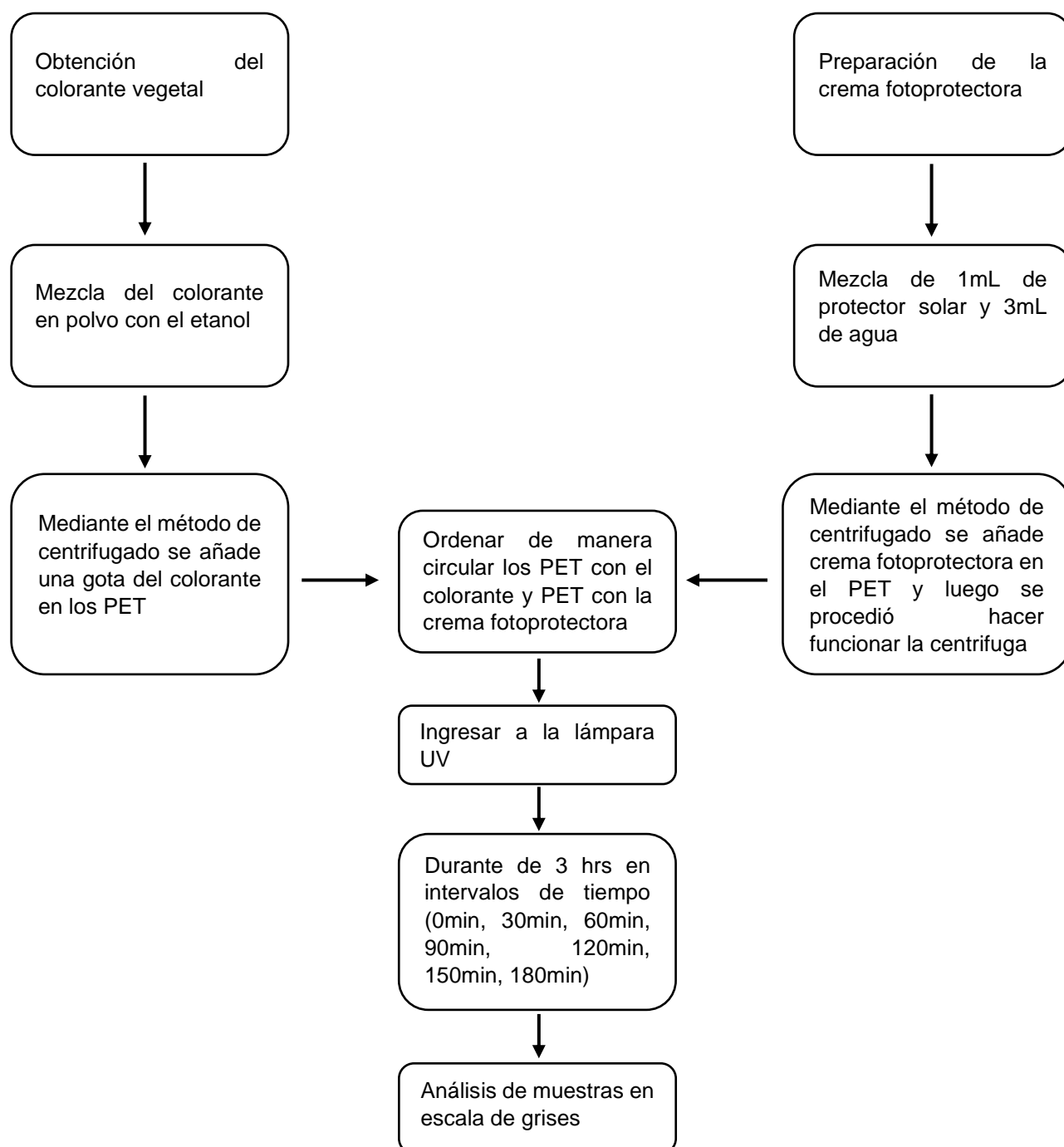
Capítulo dos

Metodología

2.1 Diagrama de flujo

Figura 1

Esquema metodológico



2.2 Procedimiento

1. Se seleccionó las cremas fotoprotectoras comerciales UVEBLOCK que tienen diferentes tipos de factor de protección solar de 30, 50 y 80 hemos seleccionado esta marca comercial porque tienen tres tipos de FPS y de otras marcas comerciales solo encontramos dos tipos de FPS.

Figura 2

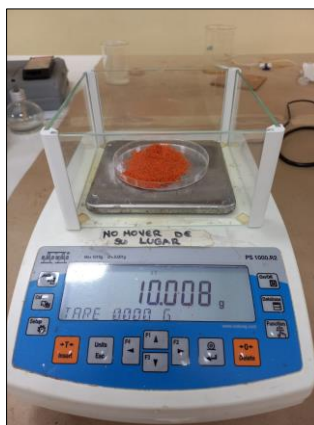
Crema fotoprotectora UVEBLOCK



2. Obtención del colorante vegetal (achiote), se procedió a pesar 10g del colorante en polvo y medir 100mL alcohol (etanol).

Figura 3

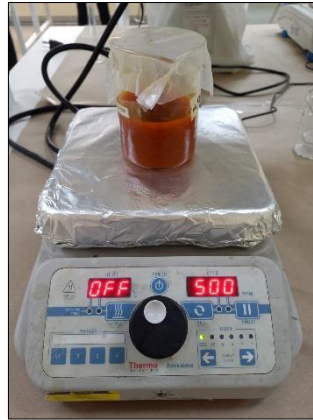
Pesaje del colorante vegetal



3. Se mezcló a 500 rpm por 1 hora, luego se filtra con ayuda de un embudo y papel filtro.

Figura 4

Mezcla del colorante con alcohol

**Figura 5**

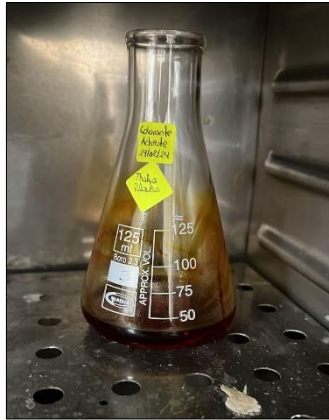
Filtración del colorante



4. La mezcla final se la dejo en la estufa por una semana para obtener una mayor concentración del colorante para tener una mayor eficacia para teñir los PET (invisible al UV).

Figura 6

Concentración del colorante



5. Preparación de los PET, se procedió a cortar los mismos con las medidas de 1cm x 1cm esto es para los PET que serán teñidos con el colorante, un total de 21 PET.

Figura 7

PET de 1cm

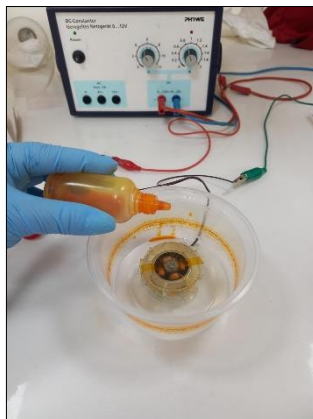


6. Se realizó la tinción de los PET mediante centrifugación con la ayuda de una fuente de voltaje.

7. Se colocó una gota del colorante mientras la centrifuga funcionaba esto con el objetivo de que el colorante quede expandido de una manera uniforme.

Figura 8

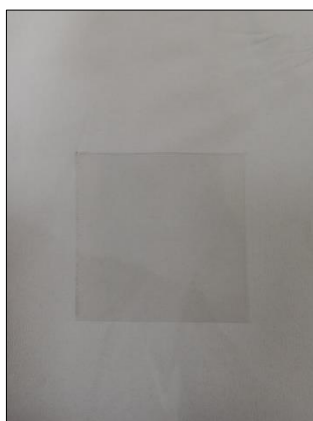
Tinción por centrifugación (colorante)



8. Preparación de los PET, se procedió a cortar los mismos con las medidas de 5cm x 5cm esto es para los PET que se colocara la crema fotoprotectora, un total de 3 PET.

Figura 9

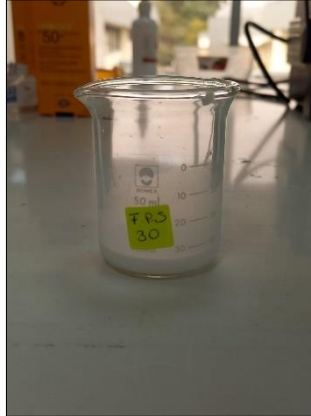
PET de 5cm



9. Para la preparación de la crema fotoprotectora, medimos 1mL de protector solar y 3mL de agua, mezclamos con la ayuda de una varilla de agitación hasta que quede una mezcla homogénea. Esta dilución se realiza para los tres tipos de FPS.

Figura 10

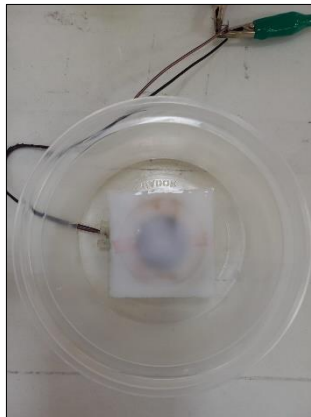
Preparación de la crema fotoprotectora



10. Así mismo mediante centrifugación colocamos la mezcla que se realizó anteriormente del protector solar pero esta vez colocamos en el PET la mezcla y luego se procedió hacer funcionar la centrifuga esto con la finalidad de que se eliminen los excesos y quede el protector expandido uniformemente.

Figura 11

Tinción por centrifugación (crema fotoprotectora)



11. Se colocó de manera circular los PET teñidos con el colorante, 7 PET para el FPS de 30, 7 PET para el FPS de 50 y 7 PET para el FPS de 80.

12. Una vez que se realizó lo antes mencionado se coloca en la parte de arriba los PET que se encuentran con el protector solar que cubran totalmente los 7 PET con colorante.

Figura 12

PET organizados circularmente



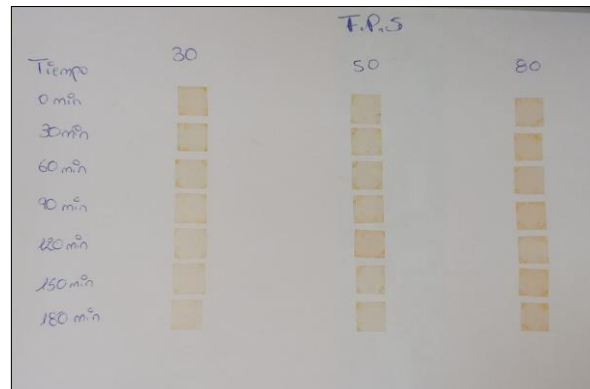
13. Luego se llevó a la lámpara UV y antes de ingresar las muestras se retira un PET de cada una de los FPS, esto como referencia.

Figura 13

PET en la lámpara UV



14. Se dejó las muestras por un tiempo de 3hrs y se los retira en intervalos de tiempo de (0min, 30min, 60min, 90min, 120min, 150min, 180min).

Figura 14*PET durante 3 horas*

15. Se obtuvo una degradación secuencial de las muestras debido al tiempo de exposición.

16. Las muestras obtenidas por exposición a los rayos UV se analizó mediante procesamiento de escalas de grises.

Capítulo tres

Resultados y discusión

Se realizó un diseño experimental para las cremas fotoprotectoras que ya se describió anteriormente, a continuación, se analiza cada uno de los resultados obtenidos tanto para el análisis de escala de grises y el análisis de las líneas de tendencia.

3.1 Análisis escala de grises

Se convierte a escalas de grises porque es más objetivo para poder observar el cambio de las intensidades, lo que nos quiere decir en las figuras 15, 17 y 19, que los PET recubiertos con la capa de colorante (achiote) se observa que es un tono naranja, este al ser expuesto a la radiación UV se visualiza en el PET como el color naranja se va decolorando a medida que transcurre el tiempo. A simple vista la intensidad del naranja no se lo puede diferenciar de una manera correcta entonces para poder medir objetivamente esta aclaración del naranja es lo que convertimos las imágenes en escala de grises.

La línea de color negro que pasa por la mitad de los PET convertidos en escala de grises de las figuras 15, 17 y 19 es la línea que analiza las intensidades de cada uno de los PET y que se observa en las figuras 16, 18 y 20.

Figura 15

PET con colorante y escala de grises FPS 30

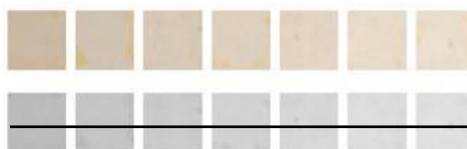
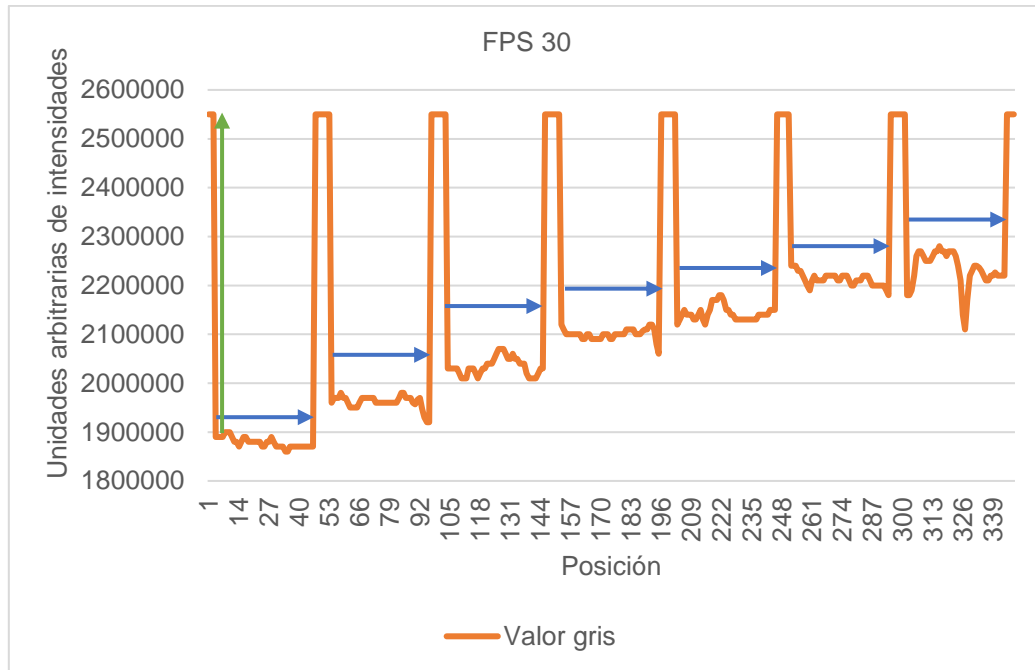


Figura 16

Análisis de PET en escala de grises FPS 30



Cada uno de los PET (flecha azul horizontal) que se observa en la figura 16 son los PET que están convertidos en escala de grises, en el primer PET se ve que está más abajo lo que nos quiere decir que es un gris más oscuro y conforme va avanzando se ve que el gris cada vez se está haciendo más claro hasta llegar al último PET, lo que nos indica que el color naranja del achiote se va haciendo más claro y esto lo podemos ver directamente en la escala de grises.

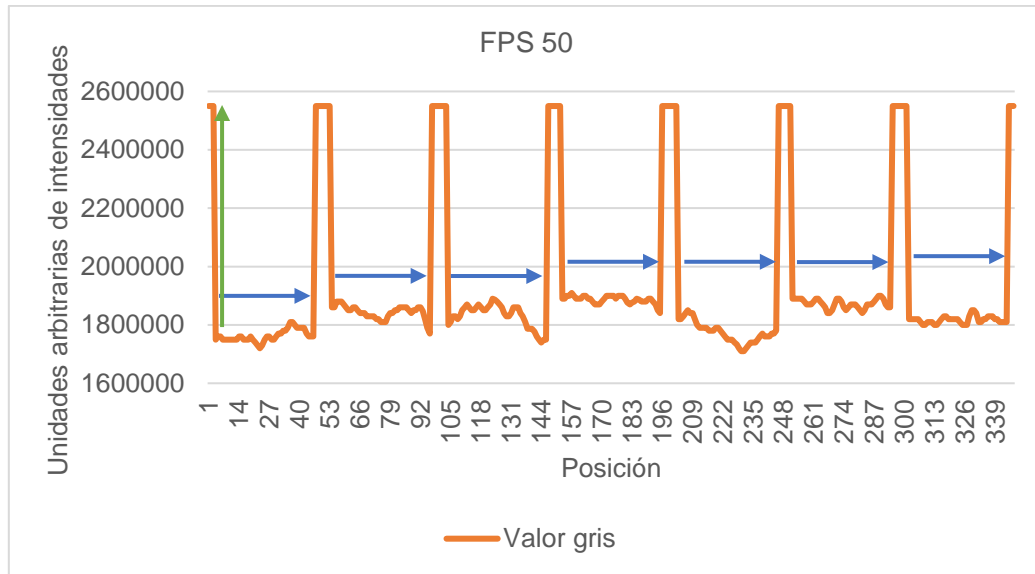
Figura 17

PET con colorante y escala de grises FPS 50



Figura 18

Análisis de PET en escalas de grises FPS 50



En cambio, la figura 18 se observa que los PET (flecha azul horizontal) varían entre sí, el primer y el quinto PET vemos que están más abajo que el resto de los PET lo que nos quiere decir que tanto el primero como el quinto son grises más oscuros a comparación de los otros y que el cuarto y sexto PET son los que tienen los grises más claros.

Figura 19

PET con colorante y escala de grises FPS 80

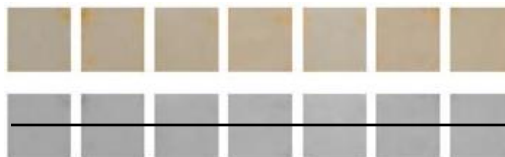
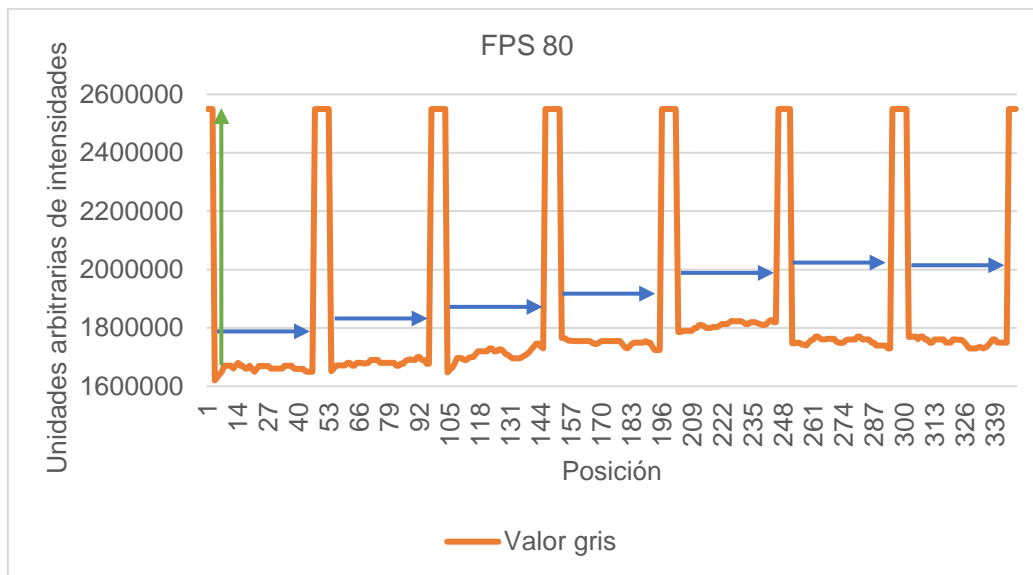


Figura 20

Análisis de PET en escalas de grises FPS 80



Así mismo en la figura 20 se analiza que los PET (flecha azul horizontal) también varían entre sí, pero es mínima la diferencia que tienen, el primero, segundo y tercer PET están más abajo, el cuarto y quinto están más arriba que los otros PET pero la diferencia es mínima y por último el sexto y séptimo vemos que nuevamente bajan en comparación que los otros dos PET que son el cuarto y el quinto, pero se encuentran más arriba que los PET uno, dos y tres. Lo que nos indica que el color gris del primero al tercero es el más oscuro, tiene un gris más claro son los del seis y siete y para finalizar el gris claro lo presentan los PET cuatro y cinco, aunque es mínima la diferencia que se puede notar.

En las figuras 18 y 20 el nivel de aclaramiento no es tan alto por lo que permanecen casi al mismo nivel lo que nos indica que hay un ligero incremento de la intensidad en comparación de la figura 16 que es del FPS de 30 que claramente se visualiza que la intensidad va en aumento por lo que cada vez se va tornando de un color más claro.

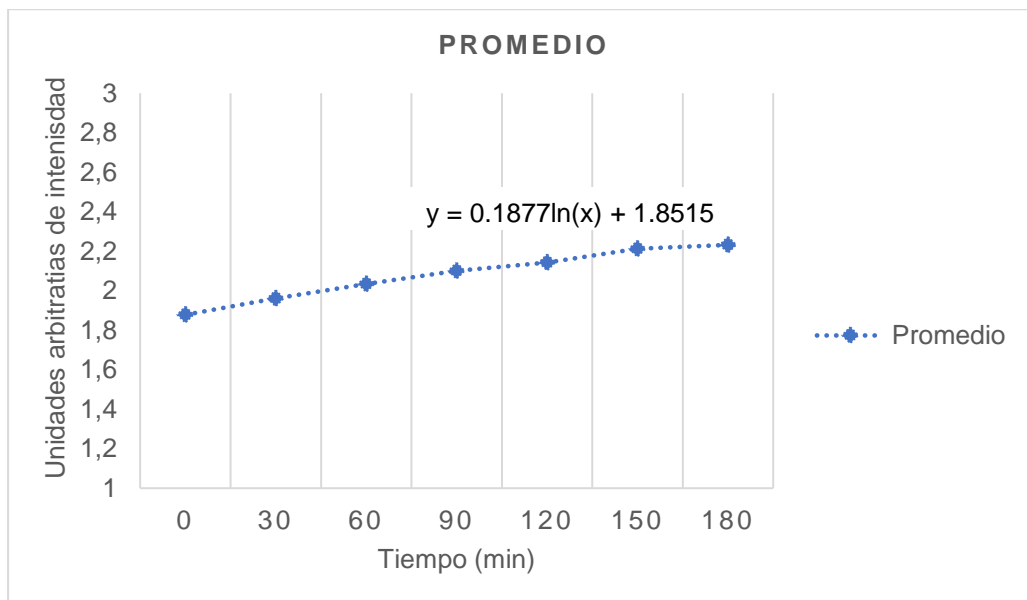
3.2 Análisis de línea de tendencia

Se estudio cada uno de los perfiles de intensidad de los PET en escalas de grises de las cremas fotoprotectoras mencionadas anteriormente y así analizar el comportamiento

según el tiempo de exposición a los rayos UV en relación con la intensidad, por lo que se obtuvieron las siguientes gráficas con las líneas de tendencia de cada crema fotoprotectora.

Figura 21

Promedio de FPS 30

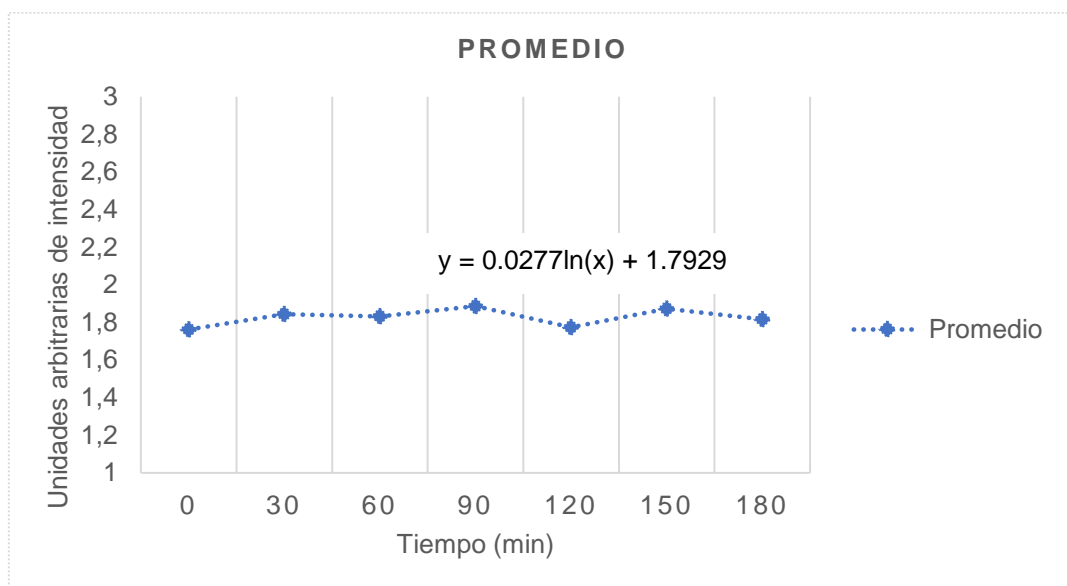


Para obtener cada uno de los puntos experimentales presentes en la línea de tendencia que corresponden a las intensidades de gris se promedian cada uno de los valores que obtuvimos en la figura 16 (flecha verde vertical), se selecciona los valores que se encuentran en el eje de la Y, los valores que tomamos en cuenta son los que podemos ver en el primer PET (flecha azul horizontal) valores que están desde donde comienzan los picos de la línea naranja hasta la parte de arriba donde termina este misma línea naranja y así obtenemos el promedio de intensidades del primer punto que se observa en la línea de tendencia, hacemos lo mismo con el segundo punto seleccionamos los valores desde donde comienzan los picos (flecha verde vertical) del segundo PET (flecha azul horizontal) hasta donde termina la línea de color naranja y así obtenemos el promedio de intensidades del segundo punto experimental y así sucesivamente hasta calcular todos los promedios de intensidades de todos los puntos experimentales presentes en la línea de tendencia de la crema fotoprotectora de FPS de 30.

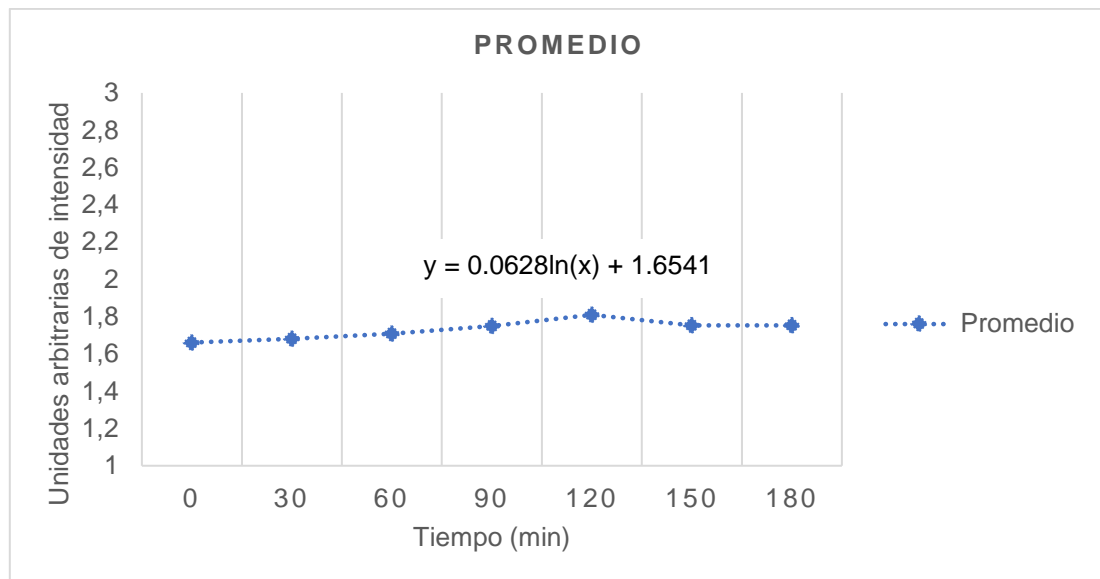
Se observa en la línea de tendencia tenemos la ecuación donde $y = 0,1877\ln(x) + 1,8515$ lo que nos indica que existe un crecimiento logarítmico y también se observa como el comportamiento de la crema fotoprotectora va cambiando de acuerdo con el tiempo de exposición a la radiación UV, la crema fotoprotectora se va degradando poco a poco, como es en este caso.

Figura 22

Promedio de FPS 50



Para obtener los promedios del FPS de 50 se realiza lo mismo de la gráfica anterior dicho esto también la ecuación donde $y = 0,0277\ln(x) + 1,7929$ lo que nos indica que existe un crecimiento logarítmico, pero es mínimo y se observa que crema fotoprotectora va cambiando de acuerdo con el tiempo de exposición a la radiación UV, en este caso la crema fotoprotectora se va degradando también sufre una degradación, pero es mínima.

Figura 23*Promedio de FPS 80*

Así mismo, la obtención de estos promedios en la línea de tendencia es igual al de la gráfica anterior, se observa la ecuación donde $y = 0,0628\ln(x) + 1,6541$ lo que nos indica que también existe un crecimiento logarítmico y de igual manera que el anterior caso es mínimo y vemos como la crema fotoprotectora va cambiando de acuerdo con el tiempo de exposición a los rayos UV y en este caso la acción de crema fotoprotectora se degrada, pero mínimamente.

Figura 24

Comparación de promedios de los FPS



Como se puede visualizar la línea azul que es la del FPS de 30 tiene un incremento más rápido en comparación de las otras líneas que son la de color naranja y la gris que corresponden al FPS de 50 y 80 que tiene un leve incremento. Lo que quiere decir que la intensidad de gris en base al tiempo vemos que los puntos van creciendo en intensidad hacia el blanco, por lo tanto, las muestras se van decolorando con respecto al tiempo también cabe recalcar que mientras más cercano este al tiempo cero más oscura es la muestra y entre más alta es la intensidad conforme pasa el tiempo más se va aclarando la muestra.

Los puntos de la línea del FPS de 30 se observa que los puntos se ajustan adecuadamente es decir que van creciendo más rápido que los puntos de las líneas de FPS de 50 y 80, y si vemos tanto las líneas naranjas y gris son casi líneas rectas que tienden a ser casi iguales a diferencia de la línea azul que es como una línea curva y es diferente a las otras líneas de tendencia lo que nos da entender que el comportamiento de la crema fotoprotectora tanto de 50 y 80 es casi el mismo y presentan una mínima degradación a diferencia de la de 30.

Cabe recalcar que por lo que es una tendencia logarítmica es por ello que en todas las líneas de tendencia de las cremas fotoprotectoras tenemos en cuenta el mismo tipo de ecuación para que no varíe y así poder ajustarlas para estas no presenten cambios.

Conclusiones

En el presente estudio, se llevó a cabo una investigación exhaustiva de diversas técnicas disponibles. Entre las técnicas evaluadas, se destacaron dos métodos relevantes: la determinación del factor de protección ultravioleta (UPF) por transmitancia y la caracterización por FTIR. La técnica de determinación del UPF por transmitancia se ha identificado como la más prevalente debido a su mayor facilidad de ejecución y accesibilidad en comparación con otras metodologías.

Se implementó un diseño experimental simplificado, dado que el método seleccionado para la determinación del factor de protección solar demostró ser tanto sencillo como eficaz. Este enfoque no demanda recursos significativos, lo que lo convierte en una opción práctica y accesible para llevar a cabo la evaluación del FPS.

El factor de protección solar de otras cremas fotoprotectoras puede determinarse bajo la condición de que sean del mismo tipo y tengan una composición similar al protector solar utilizado en el estudio. En tales casos, es posible comparar las gráficas obtenidas con las de estudios previos para evaluar la concordancia de las líneas de tendencias observadas. Si las gráficas presentan patrones similares, se puede inferir que los productos evaluados corresponden a FPS de 30, 50 u 80.

Recomendaciones

Continuar con el análisis de cremas fotoprotectoras utilizando técnicas adicionales permitirá ampliar la base de conocimientos y facilitar la comparación entre los diversos métodos existentes. Esta aproximación contribuirá a la generación de datos más completos y comparativos sobre la eficacia de los distintos enfoques en la evaluación del factor de protección solar.

En el diseño experimental empleado, es fundamental prestar especial atención al uso de la lámpara UV, dado que la exposición prolongada a esta fuente de radiación podría tener efectos adversos en la piel a largo plazo.

Realizar investigaciones adicionales utilizando una variedad de cremas fotoprotectoras permitirá determinar el factor de protección solar con mayor precisión. Este enfoque facilitará la acumulación de datos más extensos y la realización de comparaciones entre diferentes productos, contribuyendo así a una comprensión más completa de su eficacia.

Referencias

- Algaba Joaquín, I., & Riva Juan, A. (2002). Determinación in vitro del factor de protección UV de los textiles. *Boletín Intexter Del Instituto de Investigacion Textil y de Cooperacion Industrial*, 121.
- AZCONA PÚAS, L. (2003). Protector solar. *DERMOFARMACIA*, 17.
- Castanedo Cazares, J. P., Torres Álvarez, B., Briones Estevis, S., & Moncada, B. (2005). *La inconsistencia del factor de protección solar (FPS) en México. El caso de los filtros para piel oleosa.*
- Cazorla Martínez, M. P. (2013). "ACTIVIDAD FOTOPROTECTORA DE LA MARACUYÁ (*Passiflora edulis*), ISHPINGO (*Ocotea quixos*) EN FOTOTIPOS III (*Homo sapiens*) PARA ELABORACIÓN DE UN PROTECTOR SOLAR".
- Contreras, M. E., Alamo, P., & Sifontes, G. (2013). *Evaluación de la influencia de la formulación en el FPS invitro de un protector solar.* <http://saber.ucv.ve/handle/10872/3304>
- Couteau, C., Chauvet, C., Paparis, E., & Coiffard, L. J. M. (2012). Influence of certain ingredients on the SPF determined in vivo. *Archives of Dermatological Research*, 304(10), 817–821. <https://doi.org/10.1007/s00403-012-1257-x>
- El-Boury, S., Couteau, C., Boulande, L., Paparis, E., & Coiffard, L. J. M. (2007). Effect of the combination of organic and inorganic filters on the Sun Protection Factor (SPF) determined by in vitro method. *International Journal of Pharmaceutics*, 340(1–2), 1–5. <https://doi.org/10.1016/J.IJPHARM.2007.05.047>
- Escamilla, P., & Agulles, M. (2008). *¿POR QUÉ DEBEMOS PROTEGERNOS DEL SOL?* <http://www.masdermatologia.com>.

- Geoffrey, K., Mwangi, A. N., & Maru, S. M. (2019). Sunscreen products: Rationale for use, formulation development and regulatory considerations. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 27(7), 1009–1018. <https://doi.org/10.1016/J.JSPS.2019.08.003>
- HUAMANI GAMONAL, C. E., & HUAMAN FIESTAS, S. A. (2023). *Evaluación in vitro de la actividad antioxidante y efecto fotoprotector UV B de una formulación dermocosmética como protector solar elaborada con el extracto acetónico del liquen everniastrum sp.*
- Schalka, S., & Silva Dos Reis, V. M. (2011). Sun protection factor: meaning and controversies * Fator de proteção solar: significado e controvérsia. In *An Bras Dermatol* (Vol. 86, Issue 3).
- Sepúlveda Soria, S. M., Gonzalez Tejeda, L. A., Villaseñor Villagómez, L. F., & Ramírez Granados, J. C. (2021). *Protección solar de la piel con extractos de frutas y vegetales.*
- Suárez, H., Acosta, D., & Cadena, C. (2009). Protección anti-uv de cremas fotoprotectoras: determinacion in vitro del factor de proteccion solar (FPS). *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 13. <https://doi.org/10.1101/gad.11.3.345>
- TINCO CARRASCO, L. Z. (2023). *Factor de protección solar in vitro del extracto hidroalcohólico de las hojas de Calceolaria rupestris Molau. Ayacucho 2021.*
- Vera Izaguirre, D. S., González Sánchez, P. C., & Domínguez Cherit, J. (2013). Intervención educativa en los conocimientos, sobre la protección solar. *Medigraphic*, 11, 94–103.
- Vera Navarro, L. (2022). ACTUALIZACIÓN EN FOTOPROTECCIÓN. *Revista "Cuadernos*, 63(1), 64–75.