ARTÍCULO ORIGINAL

Revista de Investigación de Física **27(2)**, (May-Ago 2024)

Doi: 10.15381/rif.v27i2.27701

eISSN:1728-2977

Evaluación in vitro de bloqueadores solares en el contexto de indices UV extremos en Lima-Perú

Ricardo Canchis [*1], Eduardo Villarreyes[1,2], Galo Patiño[1] y Ana Luna[3]

[1] *Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Grupo de Investigación INFISA, Lima, Perú*
[2] *Universidad Nacional del Callao, Callao, Perú*
[3] *Universidad del Pacífico, Lima, Perú*

Recibido 23 Mar 2024 – Aceptado 16 Jul 2024 – Publicado 01 Ago 2024

Resumen

Actualmente en el Perú, se alcanza niveles que superan el valor máximo admisible de índice UV (11+ Extremo), por tal motivo es importante evaluar la efectividad de los bloqueadores solares en los diferentes grados de índices de Factor de Protección Solar (SPF) que es una medida de laboratorio, de la eficacia del protector solar hacia las radiación ultravioleta tipo UV-B del sol en nuestra piel. En esta investigación, se usará la técnica *in vitro* siguiendo las recomendaciones del COLIPA (Asociación Europea de Cosmética y Perfumería), la cual se apoya en la medida de la transmisión de la radiación UV a través de la crema. Los resultados obtenidos para los diferentes SPF tienen un valor acorde a lo indicado en los empaques de los productos: Bahía-SPF 45, Avon-SPF 50 y Bahía-SPF 70, pero discrepan en un 30 % de los valores indicados en los de mayor SPF, estos fueron los de Bahía-SPF 90, Bahía-SPF 100 y Unique-SPF 100.

Palabras clave: Radiación UV, índice UV, SPF, Bloqueadores, COLIPA.

In vitro evaluation of sunscreens in the context of extreme UV indexes in Lima-Peru

Abstract

Currently in Peru, UV index levels exceed the maximum allowable value (11+ Extreme). For this reason, it is important to evaluate the effectiveness of sunscreens with different Sun Protection Factor (SPF) ratings, which is a laboratory measure of the sunscreen's efficacy against UV-B radiation on our skin. In this study, the *in vitro* technique will be used following COLIPA recommendations, which involves measuring the transmission of UV radiation through the cream. The results obtained for the different SPFs are consistent with the values indicated on the product packaging: Bahía-SPF 45, Avon-SPF 50, and Bahía-SPF 70. However, they deviate by 30 % from the indicated values for the higher SPFs, specifically Bahía-SPF 90, Bahía-SPF 100, and Unique-SPF 100.

Keywords: UV radiation, UV index, SPF, sunscreens, COLIPA.

1. Introducción

La vida en nuestro planeta está muy ligada a la radiación solar. Los seres humanos convivimos con estas radiaciones y encontramos efectos beneficiosos como en la mejora en la síntesis de vitamina D, el incremento de la respuesta inmunológica entre otras. También sabemos que la radiación solar produce efectos nocivos, tales como quemaduras y cáncer de piel. Estos últimos efectos son causados predominantemente por los rayos UV, que se pueden dividir en tres regiones de acuerdo a su longitud de onda: UV-A que van de 320 nm a 400 nm, UV-B que van de 290 nm a 320 nm y el UV-C que van de 200 nm a 290 nm [1].

La intensidad de la radiación UV que recibe una persona, depende de varios factores como la hora del día, la región geográfica, las condiciones climáticas y la tem-

[*] ricardo.canchis@unmsm.edu.pe

© Los autores. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.

peratura. Es por ello que el estudio de la acción de la radiación UV sobre la piel, debe ser controlada independientemente de varios de los factores antes mencionados, es así que se realiza el estudio *in vitro*, que conlleva el uso de simuladores de radiación solar, que son utilizados para evaluar de forma no invasiva la protección UV-A-B con buena correlación de las metodologías *in vitro*. Esto implica la evaluación de la intensidad remitida de la radiación monocromática UV-A (320 a 400 nm) y UV-B (290 a 320 nm) sobre placas untadas con un protector solar. Así usando esta metodología se tendrá valores experimentales del SPF (Sun Protection Factor o Factor de Protección Solar) para los distintos protectores solares [2].

2. Materiales y métodos

De los protectores solares comerciales de las marcas Bahía, Avon y Unique, se obtuvo 6 muestras de diferentes valores para SPF, donde se registró los componentes químicos, el nombre del laboratorio y la fecha de caducidad.

Se utilizó como simulador solar, una lámpara del tipo ultravioleta OSRAM modelo ULTRA-VITAUX UV-A, cuyo rango de trabajo es para UV-A de 315 nm - 400 nm (potencia 13.6 W) y UV-B de 280 nm - 315 nm (potencia 3 W).

Para el estudio de los espectros y los valores de SPF, se utilizó un radio espectrómetro de marca AVANTES modelo AVA SPEC- ULS 2048 XL, con fibra óptica y una esfera integradora AVASPHERE-IRRAD-30 mm. Junto al software de análisis de irradiación AVANTES AVASOFT-ALL.

Figura 1: Se muestra protectores solares de distintas marcas con diferentes SPF y los cristales para el análisis.

Se esparció en forma uniforme los diferentes protectores solares en crema sobre la placa de cristal de cuarzo $SiO2 < 99.9\,\%$, de 20 mm x 15 mm x 1 mm $\pm$ 0.5 mm, con índice de refracción 1.45, densidad de $2.2\text{x}10^3$ kg/m^3, dureza en escala moths 5.3 $\sim$ 6.5 y rugosidad de cristal 1 nm RMS (datos del fabricante)[3]; a continuación, se superpuso un porta muestras de vidrio y se lo giró 90^o, buscando obtener una capa homogénea sobre la placa de cuarzo, tanto en distribución como en grosor, el siguiente paso fue dejar secar la muestra ya preparada durante 10 minutos, antes de ser expuesta a la fuente de radiación UV.

En la Figura 1 se tiene los protectores solares usados en esta investigación junto a los cristales para las muestras y en la Figura 2, la configuración experimental de SPF de protectores solares.

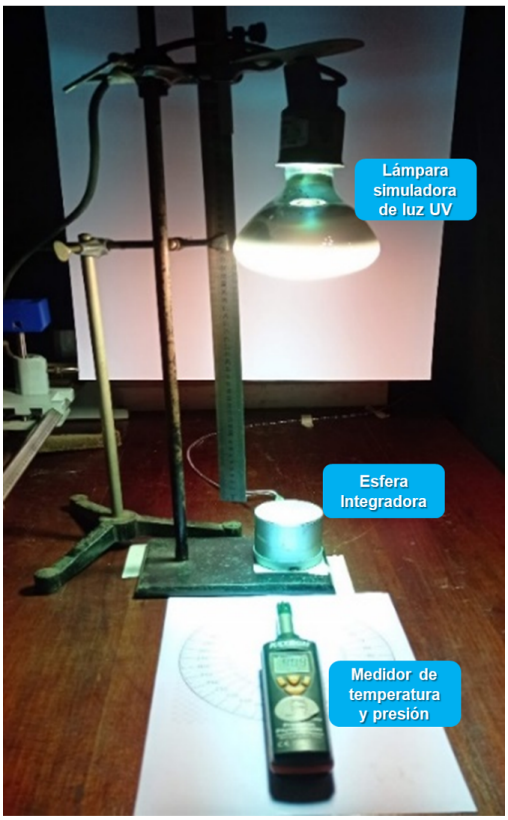

Figura 2: Configuración donde se muestra la lámpara simuladora de luz ultravioleta, la esfera integradora y el medidor de temperatura y presión.

2.1. Determinación in vitro del SPF por transmitancia

Para describir la efectividad relativa de un espectro de acción de la radiación UV y para producir una respuesta biológica determinada en una longitud de onda concreta, se recurre al espectro de acción eritémico (enrojecimiento de la piel), que se utiliza como valor principal e independiente de la longitud de onda para la irradiancia espectral UV. Este valor se consigue integrando sobre todas las longitudes de onda, de ahí que se puede encontrar la irradiancia biológica efectiva real [4].

La dosis UV efectiva para un período particular de exposición se calcula sumando la irradiancia efectiva para todo el período de exposición.

En la actualidad existen varios métodos in vitro, que utilizan muchos laboratorios y han demostrado ser eficaces para el estudio de los valores SPF. La mayoría de estos métodos se basan en el análisis espectrofotométrico en el rango de radiación que va desde 290 nm - 400 nm, aplicado en sustratos artificiales sólidos en los que el protector solar está esparcido. Por ello, ha sido importante utilizar este método sencillo para cuantificar las capacidades fotoprotectoras de los protectores solares en la investigación [5].

En nuestro estudio, los distintos protectores solares se aplicaron sobre placas de cristal y la radiación UV-A y UV-B es transmitida a través de una lámpara OSRAM Opalux. La radiación UVA es atenuado tanto en su camino a través de la capa de protector solar como en la superficie del cristal. Luego esta radiación es captada por la esfera integradora y llevada al espectrómetro para su estudio y análisis [6, 7].

La irradiancia utilizada depende de la longitud de onda y es una función $I(\lambda)$, para nuestros cálculos está en el orden de $13 - 14$ W/m^2, valor que se obtiene de la lámpara OSRAM Opalux puesto a 0.30 m de la esfera integradora y que corresponde con el índice $UV = 6.2$ (Categoría alta) obtenido de la ecuación 1 dada por McKinlay and Diffey [4].

$$IUV = (\frac{1}{25}) \int_{290}^{400} I(\lambda)_{nm}\, d\lambda \qquad (1)$$

3. Resultados

3.1. SPF de los protectores solares en crema

Estudio por transmitancia.

Para las cremas protectoras de diferente factor de protección, se midieron los valores de la transmitancia, que es la cantidad de irradiancia que atraviesa el protector solar y el cuarzo, y es detectada por la esfera integradora. En la Figura 3 se observan los espectros de radiación transmitidas en cremas de los distintos SPF luego de un minuto de exposición a la radiación UV, y vemos que hay un comportamiento constante independientemente del SPF del protector solar.

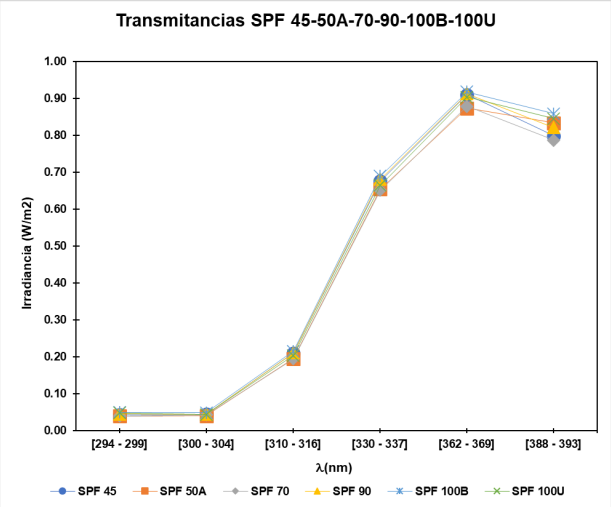

Figura 3: Transmitancias de los diferentes protectores solares a diversas longitudes de onda.

3.2. Cálculo del SPF

En nuestra metodología, usamos la ecuación 2, que utiliza los valores de la curva de absorbancia obtenidos multiplicados por un valor escalar "C".

$$\mathrm{SPF}_{\text{in vitro}} = \frac{\sum_{\lambda=400\ \mathrm{nm}}^{\lambda=290\ \mathrm{nm}} E(\lambda) \cdot I(\lambda)}{\sum_{\lambda=400\ \mathrm{nm}}^{\lambda=290\ \mathrm{nm}} E(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot 10^{-A_0(\lambda)\cdot C}} \qquad (2)$$

Donde:

$E(\lambda)$ = Espectro de acción para el eritema.
(Datos obtenidos de tablas de la norma ISO 24443:2011)

$I(\lambda)$ = Irradiancia espectral (W.m^{-2}.nm^{-1}) recibida de la fuente UV.
(Obtenidos experimentalmente por nuestro radioespectrómetro)

$A_0(\lambda)$ = Absorbancia calculada de la transmitancia de la fuente UV.
(Obtenidos experimentalmente por nuestro radioespectrómetro)

C = Coeficiente de ajuste previamente determinado en la ecuación.

El coeficiente de ajuste "C" es el parametro que logra que los valores del SPF in vitro coincida con el valor del SPF de los empaques de los protectores solares .

El valor "C" se encuentra entre los valores 0.6 y 1.6. Si no se encuentra en ese rango, se deben de preparar nuevas muestras y modificar el procedimiento para alcanzar los valores de "C".

En la Tabla 1 se compila los valores obtenidos de los diferentes SPF analizados de los protectores solares en crema, se muestra que para los valores de SPF 45, 50A y 70 se encuentran dentro de los intervalos de valores que informa el fabricante, pero los valores de SPF 90, 100B y 100U sus valores están por debajo hasta en un 28.93 % de lo informado por los fabricantes.

SPF de las Muestras Analizadas						
Muestra	**SPF 45 Bahía Sport Gel**	**SPF 50 Avon**	**SPF 70 Bahía**	**SPF 90 Bahía**	**SPF 100 Bahía**	**SPF 100 Unique**
SPF encontrado experimentalmente	45 ± 0.71	50 ± 1.0	70 ± 0.31	74 ± 0.08	71 ± 0.06	78 ± 0.02

Tabla 1: Valores encontrados mediante métodos in vitro del SPF de los protectores solares.

3.3. Discusión

En distintos trabajos sobre protectores solares y SPF, se tiene que Gutiérrez en 2017, menciona que utilizando el método Mansur, obtuvo valores de SPF mucho menores a los declarados [5]; Ribeiro Gomes de Pinho en 2014, indica que los valores encontrados de SPF están muy por debajo de lo etiquetado [8]; Castanedo en 2013, recomiendan el uso de los protectores solares, tomando en cuenta su vida media y también según las condiciones ambientales [9]; Suárez en 2009, comprobó experimentalmente que el aumento en el espesor del cubrimiento no cambia el valor de transmitancia, indicando que el exceso en el cubrimiento no implica una garantía de protección [10].

Suárez y Cadena en 2008, indica que en general, se sobreestiman los valores etiquetados en el producto, aunque en otros se obtuvo una total correspondencia [11]; Castanedo en 2005, menciona una variación entre el 22 % y 74 % menores de lo etiquetado [12] y Abreu Dutra en 2004, encontró que de las 10 muestras analizadas, el 30 % presentó valores de SPF cerca del valor etiquetado, 30 % mostró valores por encima y el 40 % presentó valores por debajo del valor etiquetado [13] en todos estos estudios se encontraron discrepancias en la metodología experimental y divergencia de los valores de los índices que informan los fabricantes de protectores solares versus los obtenidos a partir de métodos in vitro para el cálculo del factor de protección solar SPF, de ahí la necesidad de contar con una metodología estándar, repetible y confiable.

4. Conclusiones

De los seis protectores solares en crema con distintos índices de SPF analizados, únicamente tres cumplen con los valores especificados por el fabricante en sus envases: el SPF 45 Sport Gel de la marca Bahía, el SPF 50 de la marca Avon y el SPF 70 de la marca Bahía. No obstante, los otros tres protectores solares, cuyos valores indicados en los empaques fueron SPF 90 de la marca Bahía que alcanza un valor de 74 obteniendo una variación del 18 %, SPF 100 de la marca Bahía con un valor de 71 que registra una variación del 29 % y SPF 100 de la marca Unique con un valor de 78 que registra una variación del 22 %, no se ajustan a las especificaciones del fabricante.

Referencias

[1] International Organization for Standardization. ISO 24443:2011 Cosméticos - Método de prueba de protección solar - Determinación de la fotoprotección UVA de la protección solar in vitro. Technical Report 6, Organización Internacional de Normalización (ISO), 2011.

[2] BL Diffey, PR Tanner, PJ Matts, and JF Nash. In vitro assessment of the broad-spectrum ultraviolet protection of sunscreen products. *Journal of*

the American Academy of Dermatology, 43(6):1024–1035, 2000.

[3] Q. Shengtang. Descripción del producto lámina de cuarzo uvc. 2022. URL https://es.shengtangquartz.com/products/uvc-quartz-sheet.html. Consultado el: 22 de septiembre de 2022.

[4] AF McKinlay and BL Diffey. A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. *Human exposure to ultraviolet radiation: risks and regulations*, 1987.

[5] LG Gutiérrez, AM Romero, GP Chávez, LA Palomino, LE Moromisato, and AA Kitazono. Comparación de los efectos fotoprotectores de lociones bloqueadoras usando mediciones espectrofotométricas o la sobrevivencia de células de levaduras expuestas a radiación uv. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83(3):294–307, 2017.

[6] C. Marionnet, C. Tricaud, and F. Bernerd. Exposure to non-extreme solar uv daylight: spectral characterization, effects on skin and photoprotection. *International journal of molecular sciences*, 16(1): 68–90, 2014.

[7] H. Suárez, DE Acosta, and C. Cadena. Protección anti-uv de cremas fotoprotectoras: determinación in vitro del factor de protección solar (fps). *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 13, 2009.

[8] J. Pinho, T. Freitas, D. Pinho, MS Alves, and O. Sousa. Determinação do fator de proteção solar (in vitro) de produtos magistrais na forma de gel. avaliação dos aspectos sensoriais e físicoquímicos. *HU rev*, pages 81–88, 2014.

[9] JP Cázares, BT Álvarez, GV González, and AE Pérez. Evaluación in vitro de la protección uva de los bloqueadores solares para prescripción en méxico. *Gaceta médica de México*, 149(3):292–298, 2013.

[10] H. Suarez, DE Acosta, and CA Cadena. Caracterización de productos de protección personal por radiación uv e índice ultravioleta. 2009.

[11] H. Suárez and C. Cadena. Mediciones de laboratorio de transmitancia uv a través de tejidos, anteojos para el sol y cremas protectoras. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 12, 2008.

[12] JP Castanedo-Cazares, B Torres-Álvarez, S Briones-Estevis, and B Moncada. La inconsistencia del factor de protección solar (fps) en méxico: El caso de los filtros para piel oleosa. *Gaceta médica de México*, 141(2):111–114, 2005.

[13] EA Dutra, DA Oliveira, ERM Kedor-Hackmann, and MIRM Santoro. Determination of sun protection factor (SPF) of sunscreens by ultraviolet spectrophotometry. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 40:381–385, 2004.