

Interacciones entre componentes de formulaciones fotoprotectoras elaboradas con extractos naturales

Interactions between components of photoprotective formulations made with natural extracts

Juan Carlos Ramírez Granados¹, Margarita Verenice García Jiménez y José Ramón Gasca Tirado

Departamento de Ingeniería Agroindustrial, División de Ciencias de la Salud e Ingenierías de la Universidad de Guanajuato, Campus Celaya-Salvatierra.

jcramirez@ugto.mx¹

Resumen

La radiación solar es vital para los organismos vivos, ya que es indispensable para procesos fotosintéticos, térmicos y la interacción con el entorno. Más aún, algunas bandas del espectro electromagnético han tenido un rol primordial en la evolución de los seres vivos; tal es el caso de la radiación ultravioleta (UV) debido a su potencial mutagénico. Sin embargo, la exposición directa, prolongada y reiterada de la piel al sol puede ser perjudicial para la salud de las personas, ya que puede causar lesiones que pueden ser leves o hasta muy graves como el cáncer de piel que puede llegar a ser mortal. Por estas razones, es aconsejable proteger la piel de la radiación solar. Actualmente existen muchas opciones para proteger a la piel de la radiación solar, tales como las prendas que cubren el cuerpo y los protectores solares tópicos. Los fotoprotectores tópicos de tipo químico son ampliamente usados debido a que son efectivos y accesibles; sin embargo, pueden generar alergias y contaminación. Por estas razones es deseable contar con alternativas de fotoprotección efectivas para las personas, y seguras para los animales y el ambiente. En este trabajo se elaboraron varias formulaciones con mezclas de extractos naturales para obtener productos con mayor actividad fotoprotectora que la que poseen los extractos naturales de manera individual; además de reducir los riesgos asociados a su uso. Los resultados indican que algunas de estas formulaciones tienen mayor factor de protección solar (FPS) que los extractos individuales.

Abstract

Solar radiation is vital for living organisms, since it is essential for photosynthetic and thermal processes and interaction with the environment. Furthermore, some bands of the electromagnetic spectrum have had a primary role in the evolution of living beings; such is the case of ultraviolet (UV) radiation due to its mutagenic potential. However, direct, prolonged and repeated exposure of the skin to the sun can be harmful to people's health, as it can cause lesions that can be mild or even very serious, such as skin cancer, which can be fatal. For these reasons, it is advisable to protect the skin from solar radiation. There are currently many options to protect the skin from solar radiation, such as body coverings and topical sunscreens. Topical chemical sunscreens are widely used because they are effective and accessible; however, they can cause allergies and contamination. For these reasons, it is desirable to have photoprotection alternatives that are effective for people and safe for animals and the environment. In this work, several formulations were prepared with mixtures of natural extracts to obtain products with greater photoprotective activity than that possessed by the natural extracts individually; in addition to reducing the risks associated with their use. The results indicate that some of these formulations have a higher sun protection factor (SPF) than the individual extracts.

Palabras clave: Fotoprotección, extractos naturales, efectos sinérgicos.

Introducción

La piel es el órgano más extenso del cuerpo y protege a los órganos internos de agentes infecciosos como hongos, virus y bacterias. También protege a las personas de objetos o partículas que puedan causar lesiones y sirve como una barrera que regula la temperatura y la humedad. La piel de las personas está compuesta por tres capas: epidermis, dermis e hipodermis (Buendía *et al.*, 2018), Fig. 1.

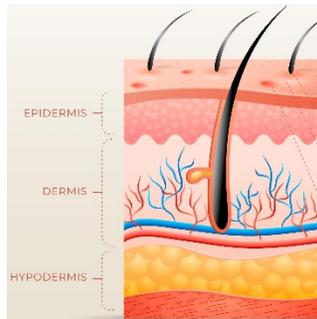


Figura 1. "Anatomía de la piel humana" por Freepik bajo licencia BY CC 2.0.

La epidermis es la capa exterior de la piel y funciona como una barrera de protección contra agentes físicos, químicos, patógenos y otros estímulos que pueden ser perjudiciales para el organismo. Esta capa contiene melanocitos que producen la melanina que le da su tono característico a la piel; además de proveer protección contra la radiación ultravioleta, un aspecto estético y protección esencial para el cuerpo. Debajo de la epidermis se encuentra la dermis, una capa más gruesa y fuerte que está compuesta por colágeno y elastina. Estas fibras otorgan elasticidad y resistencia a la piel para darle flexibilidad; además de proporcionar soporte. La dermis también tiene folículos pilosos, glándulas sebáceas y sudoríparas que son esenciales para regular la temperatura corporal y producir grasa para mantener la piel hidratada y protegida. La hipodermis es la capa más profunda de la piel y está formada principalmente por tejido adiposo. Esta capa sirve como aislante térmico, absorbedor de impactos y como reserva energética para el cuerpo, (Cribier, 2021).

Por otra parte, la radiación luminosa emitida por el sol contiene todas las ondas del espectro electromagnético, tales como la radiación cósmica, gamma, x, ultravioleta, visible, infrarroja, microondas y ondas de radio. Los rayos x y gamma son radiación ionizante por la alta energía que portan, y aunque poseen la capacidad de causar daños en el ADN de las células, generalmente no causan preocupación en el área de fotoprotección debido a que son absorbidos prácticamente en su totalidad por la atmósfera terrestre, por lo que no representan un riesgo para la salud de las personas. Asimismo, las radiaciones visible, infrarroja, microondas y ondas de radio tampoco son preocupantes en términos de fotoprotección porque no son ionizantes debido a su baja energía. Sin embargo; las radiaciones UVA y UVB, aunque tampoco son ionizantes, no son absorbidas en su totalidad por la atmósfera, por lo que una fracción de esta energía radiante llega hasta la superficie terrestre. La radiación ultravioleta posee mayor energía que la radiación visible y puede causar daños en la piel. Cuando la piel de las personas es expuesta a la radiación UVA y UVB de manera directa, prolongada y/o reiterada se producen lesiones cutáneas que pueden ser leves o moderadas como los eritemas, la hiperpigmentación y el envejecimiento prematuro (Fig. 2a); pero también puede provocar lesiones graves tales los carcinomas y melanomas que pueden poner en riesgo la vida de las personas, Fig. 2b (Cardona-Hernández *et al.*, 2017; Fears & Sagebiel, 1993).

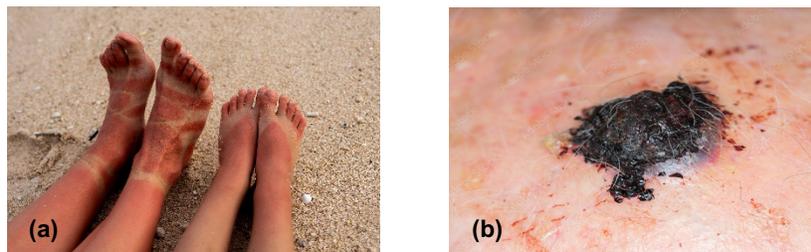


Figura 2. (a) "Quemadura solar" y (b) Melanoma maligno" por Freepik bajo licencia BY CC 2.0.

Actualmente existen varias opciones para proteger a la piel de la radiación UV, tales como las prendas que absorben esta radiación y los productos fotoprotectores tópicos como las lociones, cremas, barras y aerosoles (Boneta & Garrote, 2011), Fig. 3. Los fotoprotectores tópicos se clasifican en físicos, químicos y biológicos. Los fotoprotectores químicos son los más usados debido a su efectividad y accesibilidad; sin embargo, pueden causar alergias y una leve pero progresiva intoxicación del cuerpo. Los protectores físicos son más seguros que los químicos, pero más costosos. Por otra parte, los fotoprotectores biológicos surgen como una alternativa para proteger a la piel de una manera más segura para las personas y el ambiente (Camonés et al., 2014; Quiroz & Bustamante, 2018; Rabanal & Salcedo, 2020).



Figura 3. Fotoprotectores comerciales. Fuente: Elaboración propia.

En este trabajo se propone la elaboración de formulaciones fotoprotectoras de tipo biológico constituidas por mezclas binarias de agentes activos de origen vegetal que previamente demostraron tener propiedades fotoprotectoras o antioxidantes, tales como los extractos hidroalcohólicos de fresa, arándano y espinaca; así como mucílagos de sábila y chía (Aguilera et al. 2011; García, 2016; Giampieri et al., 2012), Fig. 4a-e.



Figura. 4 (a) Fresas (*Fragaria vesca* L.), (b) arándanos (*Vaccinium myrtillus* L.), (c) hojas de espinaca (*Spinacea oleracea* L), (d) sábila (*Aloe vera*) y (e) semillas de chía (*Salvia hispanica* L) por Pixabay bajo licencia BY CC 2.0.

Los extractos vegetales pueden ser obtenidos a partir de la materia vegetal mediante procesos de maceración, los cuales consisten en la transferencia de compuestos solubles de la materia sólida a un solvente (García, 2016).

Por otra parte, la capacidad fotoprotectora de las formulaciones puede ser determinada a través de varios métodos (Suarez et al., 2009; M. C. Mansur et al. 2016); en este trabajo se emplea el método *in vitro* propuesto por J. S Mansur et al. (1986). Este método para estimar el FPS consiste en realizar un conjunto de mediciones de absorbancia de una disolución con concentración de 0.2 mg/mL del agente activo. El modelo propuesto por J. S. Mansur et al. para estimar el FPS se muestra en la Ec. 1.

$$FPS = FC \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot Abs(\lambda) \quad (1)$$

donde FC es un factor de corrección con valor de 10, $EE(\lambda)$ es el efecto eritemogénico de la radiación a la longitud de onda λ , $I(\lambda)$ es la intensidad de la radiación solar y $Abs(\lambda)$ es la absorbancia de la muestra. El producto del efecto eritemogénico y la intensidad solar en cada longitud de onda [$EE(\lambda)I(\lambda)$] es una constante que fue determinada por Sayre *et al.* (1980). El método de Mansur tiene la ventaja de ser sencillo de implementar; además de proporcionar resultados rápidamente y no poner en riesgo la salud de los sujetos de prueba como sucede en los métodos *in vivo*.

Aquí también se analiza la posible aparición de efectos antagónicos o sinérgicos entre los extractos activos de las formulaciones fotoprotectoras.

Metodología

Para la elaboración de las formulaciones fotoprotectoras se obtuvieron extractos hidroalcohólicos de fresa, arándano y espinaca; así como mucílagos de sábila y chía mediante procesos de maceración química.

Para obtener los extractos de fresa, arándano y espinaca se lavó y desinfectó el material vegetal con agua y jabón para luego enjuagarlo con agua destilada. Luego, la materia vegetal se licuó y se le agregó etanol al 96% en proporción 1:1. Después, la mezcla se envasó en un recipiente estéril envuelto en papel aluminio para protegerlo de la radiación luminosa. El recipiente fue almacenado en un refrigerador a 10 °C y se agitó vigorosamente durante 10 minutos, dos veces al día, por un lapso de 7 días. Posteriormente, se removió el material vegetal mediante papel filtro Whatman grado 1. Finalmente, se evaporó el etanol empleando un horno de secado a una temperatura de 40 °C durante 48 h para obtener el extracto concentrado.

Para la extracción de los mucílagos de sábila y chía primeramente se lavó y desinfectó el material vegetal con agua y jabón. Luego se sumergió en hipoclorito al 1% durante 15 minutos y se enjuagó con agua destilada. Después se hidrataron 250 g de gel de sábila (o semillas de chía) con 2 L de agua destilada. La sábila o semillas de chía con agua se envasaron en recipientes estériles y se cubrieron con papel aluminio para protegerlos de la radiación luminosa para luego almacenarlos en un refrigerador durante 3 días a 10 °C. Durante este periodo, los recipientes fueron agitados por 10 minutos, dos veces al día. Luego se removió el tejido vegetal mediante filtrado empleando tres gasas apiladas y exprimiendo para acelerar la separación. Luego, se agregó etanol al 96% en proporción 1:1 a las disoluciones para precipitar el mucílago. El sobrenadante fue removido mediante filtrado con papel Whatman 1. Después, el mucílago húmedo fue secado en un horno a 60 °C hasta tener peso constante. Finalmente, el mucílago seco fue molido para obtener un polvo seco con consistencia similar a la harina.

Con cada uno los extractos vegetales se preparó una disolución con 0.2 mg/mL de extracto vegetal y agua destilada como solvente. Luego se elaboraron las formulaciones fotoprotectoras mezclando pares de estas disoluciones. Las mezclas de disoluciones que fueron analizadas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Mezclas de extractos vegetales empleadas para elaborar las formulaciones fotoprotectoras. Fuente: Elaboración propia.

Extracto	Fresa	Arándano	Sábila
Espinaca	X	X	
Chía	X	X	X
Sábila		X	

Las formulaciones fotoprotectoras fueron elaboradas mediante la mezcla de las disoluciones con extractos vegetales en las siguientes proporciones de volumen: 90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50, 40/60, 30/70, 20/80 y 10/90.

Para estimar el factor de protección solar de las formulaciones se empleó el método de J. S. Mansur *et al.* Para este propósito se midió la absorbancia de cada formulación de 290 nm a 320 nm con incrementos de 5 nm empleando un espectrofotómetro Jenway 7305 y celdas espectrométricas de cuarzo. Las mediciones de absorbancia se realizaron por triplicado y luego se calculó su valor promedio en cada longitud de onda.

Resultados

Con las absorbancias medidas en la región UVB y el modelo de la Ec. 1 se estimaron los factores de protección solar de los extractos individuales, los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Factores de protección solar estimados para los extractos de fresa, arándano y espinaca; así como para los mucílago de sábila y chía. Fuente: Elaboración propia.

Factor de protección solar				
Extracto de fresa	Extracto de arándano	Extracto de espinaca	Mucílago de sábila	Mucílago de chía
2.9	1.3	7.0	6.6	6.2

Se encontró que el extracto con mayor actividad fotoprotectora fue el de espinaca con un *FPS* de 7.0; mientras que el extracto con menor fotoprotección fue el de arándano con un *FPS* de 1.3.

Posteriormente, se estimó el factor de protección solar de las formulaciones con mezclas de extractos y se determinó la variación de su *FPS* con respecto al del extracto dominante en la mezcla (porcentaje de variación de *FPS*) con la finalidad de identificar posibles interacciones entre los componentes de la formulación. En la Fig. 5a-f se muestran los resultados de la variación del *FPS* para las formulaciones analizadas.

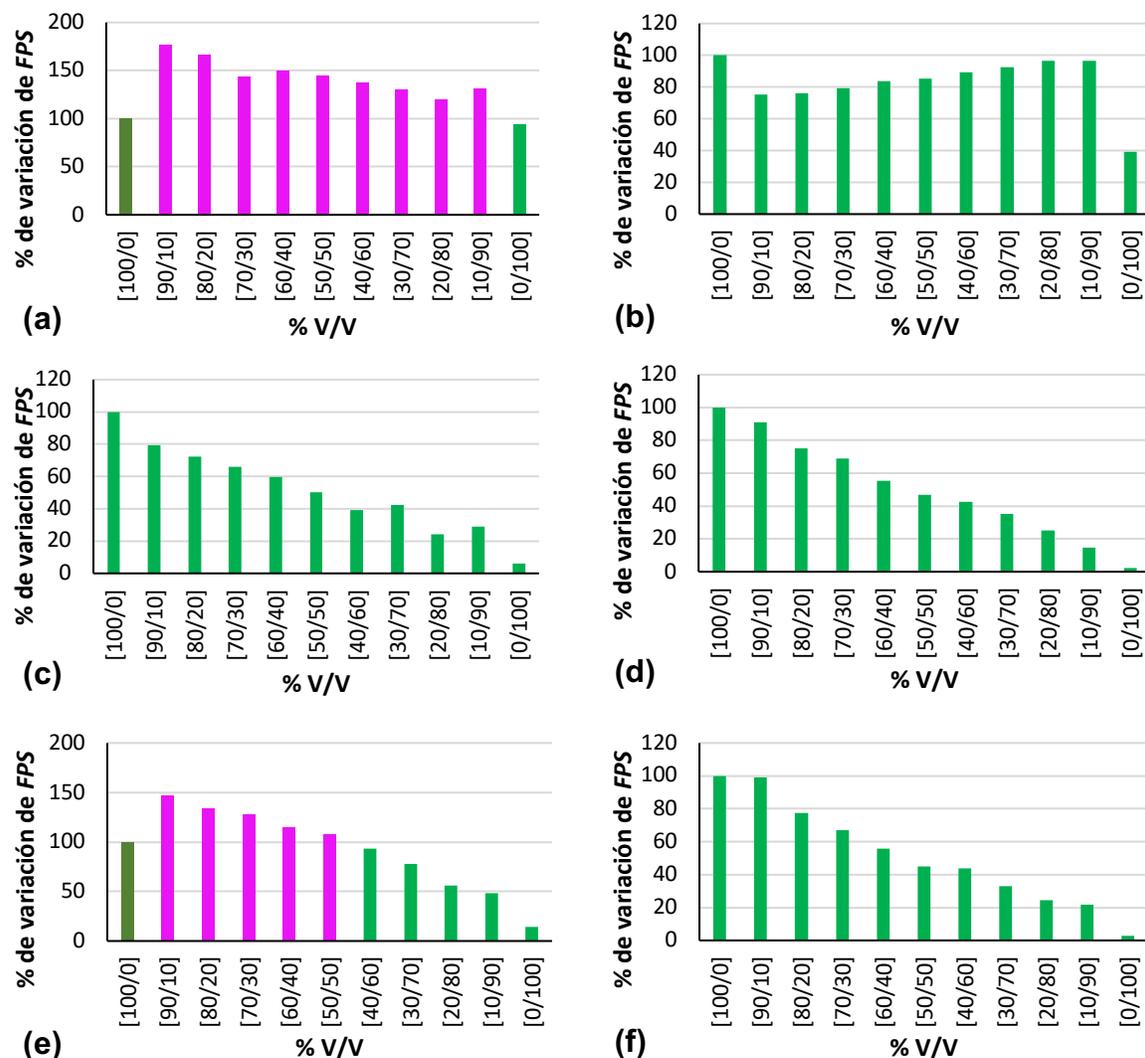


Figura 5. Variación del factor de protección solar en formulaciones elaboradas con mezclas de extractos combinados en diferentes proporciones. (a) mucilago de chíya y extracto de fresa, (b) mucilagos de chíya y sábila, (c) mucilago de sábila y extracto de arándanos, (d) extractos de espinaca y arándano, (e) mucilago de chíya y extracto de arándano y (f) extractos de espinaca y fresa. Fuente: Elaboración propia.

En ninguna de las formulaciones se observaron efectos antagónicos en términos de fotoprotección, ya que en ninguna de las gráficas de la Fig. 5 el porcentaje de variación del FPS fue inferior al de los extractos individuales cuyos datos se encuentran en los extremos de las gráficas.

En estas gráficas también se observa que en la mayoría de las formulaciones la variación del FPS resultó tener un valor intermedio entre los FPS de los extractos individuales (Figs. 5b, 5c, 5d y 5f); tal y como se esperaría cuando no hay interacción entre los compuestos activos. Sin embargo, la mezcla con mucilago de chíya y extracto de fresa (Fig. 5a), y la mezcla con mucilago de chíya y extracto de arándanos (Fig. 5e) presentan interacciones sinérgicas que producen factores de protección solar mayores que las contribuciones individuales de los extractos. En la mezcla con mucilago de chíya y extracto de fresa todas las formulaciones presentaron una variación del FPS mayor que el 100%, lo cual indica que su factor de protección solar es mayor que el de los extractos individuales. En este caso, la formulación con mayor incremento en el FPS fue la que tiene una relación 90/10 con un incremento del 176%. Por su parte, en la mezcla con mucilago de chíya y extracto de arándanos también hubo varias formulaciones con efectos sinérgicos, especialmente la formulación 90/10 con un incremento en el FPS del 147%.

Conclusiones

En el presente trabajo se evaluó la posible generación de efectos antagónicos o sinérgicos entre los componentes de formulaciones fotoprotectoras elaboradas con mezclas de extractos vegetales. Se encontró que en ninguna de las formulaciones hubo efectos antagónicos dado que en ninguno de los casos el *FPS* de la formulación fue menor que el de los extractos individuales. Por el contrario, en la mezcla con mucílago de chíá y extracto de fresa; así como en la mezcla con mucílago de chíá y arándano hubo varias formulaciones con factores de protección solar mayores que el de los componentes individuales. Esto indica que en dichas formulaciones los extractos actúan de manera sinérgica dando como resultado la intensificación de su capacidad fotoprotectora. La formulación con mayor incremento en la actividad fotoprotectora fue la que contiene 90% de mucílago de chíá y 10% de extracto de fresa, con un aumento en el *FPS* del 176%. Para que estos fotoprotectores biológicos logren alcanzar factores de protección solar mayores se podrían combinar con agentes activos físicos como las nanopartículas de óxido de zinc u óxido de titanio.



Referencias

- Aguilera Ortiz M., Reza Vargas M. C., Chew Madinaveitia R. G. & Meza Velázquez J. A. (2011). "Propiedades funcionales de las antocianinas", *Biocencia* 13(2), 16-22.
- Boneta R. & Garrote A., (2011). "Protección solar nuevos activos", *Offarm* 30(3), 51–58.
- Buendía E. A., Mazuecos-Blanca J. & Camacho Martínez F. M. (2018). "Anatomía y fisiología de la piel", *Manual de Dermatología* 1, 2-27.
- Camones Inocente et al. (2014). "Actividad antioxidante y fotoprotectora in vitro de una loción y gel elaborados con extracto estabilizado de Camu Camu (*Myrciaria dubia* Kunth.)", *Revista de Sociedad Química del Perú*, 80(1). <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v80n1/a08v80n1.pdf>
- Cardona-Hernández M. A., Fierro-Arias L., Cabrera-Pérez A. L. & Vidal-Flores A. A. (2017). "Efectos de la radiación electromagnética en la piel", *Dermatología Revista Mexicana* 61(1), 292-298. [https://doi.org/10.1016/S1761-2896\(21\)45139-3](https://doi.org/10.1016/S1761-2896(21)45139-3)
- Cribier B. (2021). "Histología de la piel normal y lesiones histopatológicas elementales", *EMC-Dermatología* 55(2), 1-14. [https://doi.org/10.1016/S1761-2896\(21\)45139-3](https://doi.org/10.1016/S1761-2896(21)45139-3)
- Fears T. R. & Sagebiel R. W. (1993). "How much melanoma is caused by sun exposure?", *Melanoma Research* 3, 395-401.
- García Mayordomo P. (2016). "Compuestos bioactivos en alimentos de origen vegetal", [Tesis, Universidad Complutense de Madrid], <https://hdl.handle.net/20.500.14352/66445>
- Giampieri F., Alvarez-Suarez J. M., et al. (2012). "Photoprotective Potential of Strawberry (*Fragaria × ananassa*) Extract against UV-A Irradiation Damage on Human Fibroblasts", *Journal of Agricultural Food Chemistry* 60(9), 2322-7.
- Mansur João de Souza, Rodrigues Breder Mário Nei, Mansur Maria Cristina d'Ascensão, Azulay Rubem David (1986). "Determinação do fator de proteção solar por espectrofotometria / Determination of sun protection factor by spectrophotometry", *An. bras. Dermatol.* 61(3), 121-4.
- Mansur M. C., Leitão S. G., et al. (2016). "In vitro and in vivo evaluation of efficacy and safety of photoprotective formulations containing antioxidant extracts". *Revista Brasileira de Farmacognosia* 26(2), 251–258.
- Quiroz Prudencio M. J. & Bustamante Arroyo E. V. (2018). Determinación in vitro de la actividad fotoprotectora UVB en una crema de protección solar formulada con extracto hidroglicólico de *Lepidium meyenii* (maca), [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. CYBERTESIS Repositorio de Tesis Digitales. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7820>
- Rabanal Hurtado D. L. & Salcedo Chávez J. C. (2020). "Actividad antioxidante y fotoprotectora in vitro de una crema gel elaborada a base del extracto metanólico de las hojas de *piper elongatum* Vahl. var. *salviaefolium* (Miq.) Trel. (matico)", [Tesis, Universidad Inca Garcilaso de la Vega].
- Sayre R., Desrochers D. & Marlow E. (1980). "Sunscreen testing methods: in vitro Predictions of effectiveness", *Journal of the Society of Cosmetic Chemists* 31(1), 133-143.
- Suárez H., Acosta Delicia E. & Cadena C. A. (2009). "Protección anti-UV de cremas fotoprotectoras: Determinación in vitro del factor de protección solar (FPS)", *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 13, 105-112. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/82200>