

Protección solar de la piel con extractos de frutas y vegetales

Sofía Michelle Sepúlveda Soria, Lucero Alejandra Gonzalez Tejeda, Luis Fernando Villaseñor Villagómez y Juan Carlos Ramírez Granados
Ingeniería en Biotecnología, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, División de Ciencias de la Salud e Ingenierías, Universidad de Guanajuato, Mutualismo s/n, Celaya, Guanajuato.

Resumen

Actualmente, existe una demanda creciente de protectores solares para la piel elaborados con ingredientes naturales debido a la conciencia por el cuidado de la salud y del entorno. En la naturaleza hay una gran variedad de biomoléculas con acción fotoprotectora, entre las más comunes se encuentran los polifenoles, mismos que tienen una absorción significativa en la región ultravioleta A y B debido a su estructura química con dobles enlaces conjugados. En este trabajo revisamos diversos extractos de frutas y vegetales que contienen biomoléculas con actividad fotoprotectora; así como sus características. Los resultados indican que los extractos provenientes de varias fuentes naturales tienen factores de protección solar similares a los de los protectores físicos y químicos; además de ser más inocuos y de proveer otros beneficios como la capacidad antioxidante. Adicionalmente, algunas biomoléculas como la mangiferina estabilizan a otros filtros solares físicos, químicos y biológicos. Así pues, las biomoléculas fotoactivas solas o combinadas representan una alternativa interesante para la elaboración de fotoprotectores biológicos eficientes y seguros para las personas y el ambiente.

Palabras clave: Fotoprotección, extractos naturales, polifenoles, flavonoides.

1. Introducción

La piel es el órgano más grande del cuerpo humano y por consecuencia está expuesta a diversos factores que pueden afectar su correcto funcionamiento. Ésta nos provee protección ante diversos factores externos, entre ellos los diferentes contaminantes y la radiación solar. Sin bien los rayos del sol nos aportan beneficios, la exposición prolongada puede ser perjudicial, causando desde ligeros daños como una irritación, hasta graves como el cáncer de piel.

Proteger nuestra piel de la mejor manera posible, ha llevado a formulaciones principalmente de origen químico con factor de protección solar usualmente alto. Sin embargo, algunos de estos ingredientes se han demostrado pueden ser nocivos para el cuerpo humano y para el ambiente.

El cuidado de la salud y el ambiente ha conllevado a la implementación de formulaciones más amigables con nuestra piel y el entorno, pero ha restringido el uso de algunos compuestos dejándonos con menos opciones de protección ante la radiación ultravioleta (UV).

Por lo anterior, la búsqueda de ingredientes naturales que fortalezcan el cuidado de la piel sin causar daños al organismo o a los ecosistemas toma gran importancia. Diversos estudios han revelado que en la naturaleza existen biomoléculas con acción fotoprotectora. Entre estas moléculas, las más abundantes son los flavonoides que tienen absorción significativa en la región ultravioleta A (UVA: 320-400 nm) y la región ultravioleta B (UVB: 290-320 nm) y debido a su estructura química es que pueden ser usados como ingredientes activos en formulaciones para protección solar de la piel.

La diversidad mundial de organismos ricos en biomoléculas con acción fotoprotectora nos ha llevado a la elaboración de este proyecto en el cual analizamos diversas frutas y vegetales que contienen biomoléculas efectivas contra la radiación UV.

2. Desarrollo

2.1 Radiación solar

El sol emite energía radiante que se propaga en forma de ondas electromagnéticas que pueden tener cualquier longitud de onda e incluye las bandas ultravioleta, visible e infrarroja, entre otras, Figura 1.

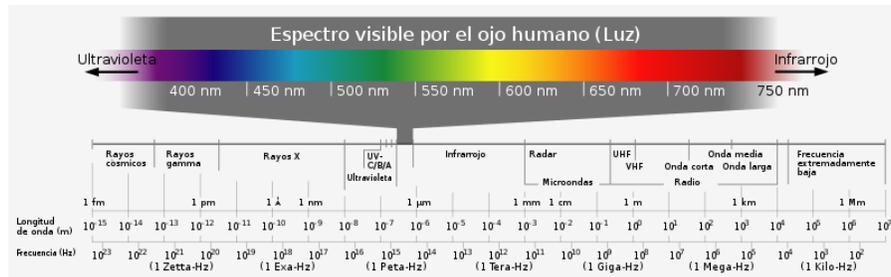


Figura 1. Espectro electromagnético. Fuente: Horst Frank, Jailbird, CC BY-SA 3.0, <<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>

La radiación solar es importante para los diversos procesos biológicos que se llevan a cabo en el planeta, sin embargo, la constante o inadecuada exposición puede traer graves implicaciones para la piel humana.

2.2 La piel humana

La piel es el órgano más extenso del cuerpo y es la primera línea de defensa contra patógenos. Se compone por tres capas cada una con funciones específicas: la epidermis, la dermis y la hipodermis; Fig 2. La epidermis es la barrera más externa de la piel, protege al cuerpo de agentes externos y pérdida de agua; está conformada por el estrato corneo, lúcido, granuloso, espinoso y basal. Por su parte, la dermis protege el cuerpo de influencias irritantes y nutre a las capas más externas; está conformada por el estrato reticular y papilar. Finalmente, la hipodermis o subcutis es la capa más interna y almacena tejido adiposo que sirve como aislante y sostén.

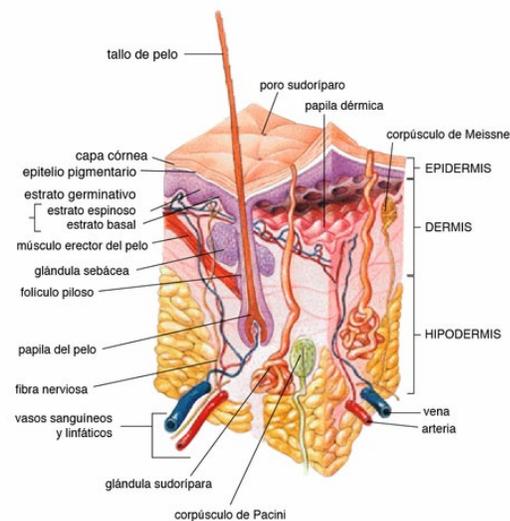


Figura 2. Capas integradoras de la piel humana. Fuente: Jachaleon, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>

Cada individuo es diferente y por ende cada piel posee un distinto grado de susceptibilidad y tolerancia a la radiación solar. Actualmente es ampliamente aceptada la clasificación de la piel en 6 fototipos cutáneos que se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Fototipos cutáneos.

Fototipo	Características	Acción del sol sobre la piel no protegida
I	Individuos con piel clara, ojos azules, pelirrojos y con pecas en la piel. Color blanco-lechoso.	Presenta intensas quemaduras solares, casi no se pigmenta y se descama de forma evidente.
II	Individuos con piel clara, pelo rubio, ojos azules y pecas. Color blanco.	Se quema intensa y fácilmente, ligera pigmentación y descama notoriamente.
III	Razas caucásicas (europeas) de piel blanca.	Se quema moderadamente y se pigmenta de manera correcta.
IV	Individuos de piel morena o ligeramente amarronada, con pelo y ojos oscuros (mediterráneos, mongólicos, orientales).	Se quema moderada o mínimamente y se pigmenta con facilidad y de forma inmediata en su exposición al sol.
V	Individuos de piel amarronada (amerindios, indostánicos, árabes e hispanos).	Raramente se quema, se pigmenta con facilidad e intensidad (siempre presenta reacción de pigmentación inmediata).
VI	Razas negras.	No se quema nunca y se pigmenta intensamente (siempre presentan reacción de pigmentación inmediata).

Fuente: Marín y del Pozo (2005).

La variedad de fototipos aborda de manera generalizada los tipos de piel y representa una buena base que ayuda a la clasificación de la piel. Sin embargo, aun cuando dos individuos se agrupan dentro de un mismo fototipo es probable que la piel responda de manera distinta al sol.

2.3 Efectos de la radiación solar en la piel

La exposición al sol de manera moderada contrae beneficios para la salud, como la síntesis de vitamina D o aportar en un mejoramiento en la circulación sanguínea. Sin embargo, la exposición inadecuada de la piel al sol puede provocar múltiples daños en la piel.

Una de las consecuencias de la exposición inadecuada de la piel a la radiación solar es el fotoenvejecimiento, en donde la piel se engrosa y hay sequedad cutánea, arrugas y poros dilatados. Esto se debe a la acumulación de elastina, resultado de la alteración del material genético celular. Además, la exposición prolongada al sol produce manchas en la piel o zonas hiperpigmentadas por una alteración en los melanocitos. Las fibras de colágeno también son afectadas debido a la pérdida de agua, lo que favorece la flacidez cutánea. Por su parte, los queratinocitos pueden verse afectados dando lugar a una piel de aspecto rugoso y engrosado, lo que altera su función protectora. El sistema inmunitario también puede verse afectado por la exposición a los rayos UVB y por la fototoxicidad. Más aun, la formación de radicales libres llega a producir daños irreversibles en diversas células y estructuras biológicas (González, 2003). Por estas razones no debe dejarse de lado que todo tipo de piel requiere cuidados, aun cuando el daño no sea perceptible en el corto plazo.

2.4 Fotoprotección

Las diferentes alternativas que han surgido con el fin de disminuir los daños cutáneos ocasionados por la exposición al sol ya sea por largos o cortos periodos es lo que se conoce como fotoprotección. Actualmente la radiación UV proveniente del sol llega más directamente por el adelgazamiento de la capa de ozono; así que es de suma importancia adquirir una fotoeducación para prevenir el cáncer de piel y fotoenvejecimiento. La piel cuenta con mecanismos de defensa propios y adaptación ante dicha exhibición, sin embargo, no son suficientes y eso es más notorio en fototipos claros (Gilaberte *et al.* 2003). Por esta razón, es indispensable el uso de medidas de fotoprotección naturales y farmacológicas como los fotoprotectores (Cañarte *et al.*, 2011).

Frente a esta problemática se cuenta con una gran variedad de fotoprotectores. Montero (2016) define a los fotoprotectores como productos que contienen sustancias que impiden la penetración de la radiación UV en la piel y que deben cumplir con aspectos de seguridad, estabilidad, eficacia y versatilidad. Existen cuatro tipos de fotoprotectores:

- A. Fotoprotectores químicos u orgánicos. Son compuestos sintéticos eficaces, pero pueden causar problemas de salud y fotoalergias.
- B. Fotoprotectores físicos o inorgánicos. Son polvos inertes inocuos, no causan fotoalergias.
- C. Fotoprotectores órgano-minerales. Actúan por absorción y reflexión, pueden trabajar en conjunto con otros fotoprotectores.
- D. Fotoprotectores biológicos. Son agentes antioxidantes que inhiben la formación de radicales libres. También ayudan en la disminución del daño celular sin causar interferencias en los procesos biosintéticos, principalmente en el de vitamina D.

En el mundo existe una gran variedad de fotoprotectores, especialmente químicos. Todos los fotoprotectores deben cumplir normas y regulaciones establecidas por los organismos competentes de cada país a fin de ser comercializados. Estas normas y regulaciones están asociadas a la eficacia y seguridad de los fotoprotectores. Una de las medidas más aceptadas de la eficacia de un fotoprotector es su factor de protección solar.

2.5 Factor de protección solar

El factor de protector solar (FPS) es una medición relacionada con la capacidad que tiene un fotoprotector para disminuir los efectos dañinos de la radiación UV sobre la piel o de manera más específica es el cociente entre la dosis eritémica mínima de la piel protegida y la dosis eritematosa mínima de la piel sin protección (Guerra, 2018). Existen diferentes métodos para la valoración de la capacidad protectora de los fotoprotectores. En la Tabla 2 se mencionan los tres métodos más utilizados a nivel mundial. Lo que varía entre ellos es básicamente la metodología, por lo que al valorar un mismo producto por las distintas metodologías podría haber diferencias.

Tabla 2. Métodos de valoración de productos fotoprotectores.

	FDA (Estados Unidos)	DIN 67501 (alemán)	COLIPA (europeo)
Estándares FPS	Bajo: 4.0 ± 0.7 Alto: 9.8 ± 15.0	P1: estándar europeo igual al FPS 3.4-4.8 P3: estándar europeo igual al FPS 11.0-18.0	P1: estándar bajo (FPS 4.0-4.4) P2: estándar alto (FPS 11.5-13.9) si es necesario sustituir por P3 P3: estándar alto (FPS 14.0-17.0)
Etiquetado producto	del 2.4 mínimo 5-7 moderado 8-11 elevado 12-20 muy elevado ≥ 20 ultra elevado	2-4 mínimo 5-8 moderado 9-14 elevado >15 muy elevado	2,4,6 bajo 8,10,12 medio 15,20,25 alto 30,40,50 muy alto Superior a 50 ultra

Fuente: Batle (2005).

En México, la Norma Oficial aplicables es la NOM-141-SSAI/SCFI-2012 "Etiquetado para productos cosméticos preenvasados. Etiquetado sanitario y comercial". En su apéndice normativo A "Protectores solares" se establece que los métodos de prueba para la determinación del factor de protección solar deben seguir como referencia la ISO24442:2011 "In vivo determination of sunscreen UVA protection", ISO24443:2012 "Determination of sunscreen UVA photoprotection in vitro", COLIPA 2011 "Method for in vitro determination of UVA protection" y por último, FDA 2011 "SPF test methods and for the UVA protection".

La declaración sobre el nivel de protección de los productos que circulan en México está establecida en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores de los factores de protección solar que sigue la normativa mexicana.

Clasificación	FPS que se indica en la etiqueta	FPS medido	Factor mínimo de protección UVA recomendado	Longitud de onda crítica mínima recomendada
Protección baja	6	6-9.9	1/3 del factor de protección solar que se indica en la etiqueta	370 nm
	10	10-14.9		
Protección media	15	15-19.9		
	20	20-24.9		
	25	25-29.9		
Protección alta	30	30-49.9		
	50	59.9		
Protección muy alta	50 +	Igual o mayor a 60		

Fuente: (Norma Oficial Mexicana NOM-141-SSAI/SCFI-2012).

Así pues, la metodología para determinar el FPS varía dependiendo de la normatividad aplicable. Uno de métodos más usados para la determinación del FPS es el método *in vitro* propuesto por Mansur, el cual establece un modelo matemático que correlaciona el FPS con la absorbancia de la muestra entre 290 y 320 nanómetros, es decir en la región UVB.

$$FPS = CF \times \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \times I(\lambda) \times Abs(\lambda) \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde: $EE(\lambda)$ representa el espectro del efecto eritemal; $I(\lambda)$ es la intensidad del espectro solar; $Abs(\lambda)$ es la absorbancia del producto y el CF es un factor de corrección igual a 10. Los valores de la relación entre el efecto eritemal y la intensidad de la radiación para cada longitud de onda $EE(\lambda)$ son constantes (Romero Armas, 2018).

Gracias al método Mansur, se ha demostrado que existen una gran variedad de biomoléculas con acción fotoprotectora en la naturaleza. Entre las moléculas más comunes se encuentran los flavonoides que tienen absorción significativa en la región ultravioleta A y B. Debido a su estructura química es que pueden ser usados como ingredientes activos en formulaciones para protección solar de la piel.

Los fotoprotectores naturales o biológicos son cada vez más preferidos por las personas debido a la conciencia en favor de la salud y el ambiente. Estos representan una buena alternativa para el cuidado de la piel (Tohge y Fernie, 2017) debido a que contienen diversos componentes activos que tienen diferentes beneficios, entre ellos la fotoprotección.

2.6. Compuestos con actividad fotoprotectora

Los compuestos o ingredientes activos que actúan como filtros solares son aquellos que intervienen en el equilibrio oxidativo cutáneo ayudando a restaurarlo, también ayudan a contrarrestar la formación de radicales libres en la piel y minimizan los efectos adversos en el ADN (ácido desoxirribonucleico) (Bonet y Garrote, 2011). Existen varios mecanismos a través de los cuales los compuestos activos protegen a la piel de la radiación UV.

2.6.1 Mecanismos de acción

Los mecanismos de protección de los fotoprotectores son: la interacción del compuesto activo con la radiación UV, las propiedades antioxidantes y la modulación de las vías de señalización.

Absorción, reflexión o dispersión de la radiación UV. Cada una de ellas se lleva a cabo en el estrato córneo de la piel (Sánchez-Saldaña *et al.*, 2002), evitan la penetración cutánea e impide el daño producido por la radiación solar (Gilaberte *et al.*, 2003).

Propiedades antioxidantes. Las moléculas antioxidantes inicialmente fueron usadas como un complemento para los filtros solares, ya que son capaces de reducir el estrés oxidativo que se produce por efecto de la exposición a los rayos UV (Chen *et al.*, 2012). Actualmente se sabe que pueden contrarrestar los efectos de fotoenvejecimiento y cáncer de piel (Fuentes, 2019).

Modulación de varias vías de señalización. La producción de diferentes compuestos en respuesta a la exposición al sol desencadena un gran número de efectos secundarios en el organismo, sin embargo, algunos compuestos ayudan actuando como intermediarios para activar o frenar cascadas de señalización en la célula respondiendo a los daños ocasionados.

2.6.2 Clasificación de los compuestos con actividad fotoprotectora

En general, los compuestos activos de los fotoprotectores pueden clasificarse en función de sus características como: físicos, químicos, infrarrojos y biológicos.

Físicos. Son generalmente óxidos o pigmentos minerales que actúan como pantalla, ya que son capaces de reflejar o dispersar la radiación UV.

Químicos. Son compuestos aromáticos conjugados, los cuales absorben la radiación ultravioleta. Cuando son irradiados pasan de un nivel energético fundamental a uno excitado, impidiendo la radiación hacia los tejidos subyacentes.

Infrarrojos. Aún no se tiene bien definida las características generales que deben tener este tipo de compuestos. Estudios prometedores utilizan células de algas para contrarrestar los daños por la radiación infrarroja.

Biológicos. Son biomoléculas generalmente con actividad antioxidante que también ayudan en la absorción, reflexión y/o dispersión de la radiación solar (Azcona, 2003).

3. Extractos de frutas y vegetales con actividad fotoprotectora

Las plantas, frutas y vegetales representan una gran fuente de biomoléculas con actividad fotoprotectora, debido a su constante exposición al sol y a los diversos procesos metabólicos que llevan a cabo con ayuda de éste. Se ha demostrado que las moléculas más comunes en estos organismos son los terpenos, flavonas, carotenoides, catequinas y antocianinas (Stevanato *et al.*, 2014).

Usualmente, los fotoprotectores biológicos son formulados para uso tópico ya que contienen compuestos activos con la capacidad de filtrar la radiación solar, generalmente en presentaciones de tipo cremas, emulsiones, geles o aerosoles (Morales Acosta, 2018).

En este trabajo revisamos diferentes compuestos biológicos, especialmente aquellos que provienen de extractos de frutas y vegetales para identificar los que presentan mayor actividad fotoprotectora a través de su FPS u otros beneficios como propiedades antioxidantes y la modulación de vías de señalización.

En la Tabla 4 mostramos compuestos biológicos que confieren la actividad fotoprotectora. En algunos casos se indica el FPS; mientras que en algunos otros casos se evalúan otros beneficios.

Tabla 4. Compuestos biológicos con actividad fotoprotectora provenientes de frutas y vegetales.

Número de referencia	Ingrediente activo	FPS	Otros beneficios
(1)	Hesperidina	No específica	Inhibición de la actividad de elastasa y colagenasa, contrarrestando la degradación de las fibras elásticas. Aumento de niveles de colágeno perdido por UV. Reducción del contenido de elastasa e inhibición de COX-2 y PEG-2. Incremento de niveles de enzimas antioxidantes e inhibición de la actividad inflamatoria.
(2)	Compuestos fenólicos de lanche colorado	3.0 a los 0 días	El FPS disminuyó durante el tiempo de análisis. Demuestra que los componentes tienen actividad fotoprotectora por un tiempo limitado.
(3)	Naringenina	No específica	Fotoestabilización. Mayor capacidad antioxidante. Elevada liberación del flavonoide en el colágeno que permitió mayor retención en fórmula y nula fototoxicidad.
(4)	Conversión de hesperidina y narirutina en hesperetina y naringenina	No específica	Disminución en la expresión de metaloproteinasas de matriz. Aumento de biosíntesis del colágeno. Disminución de senescencia celular después de su irradiación con UV.
(5)	Hojas de <i>Moringa oleifera</i> Rutina, quercetina, ácido elálgico, ácido clorogénico y ácido ferúlico	2.0	El método de determinación del factor de protección <i>in vitro</i> lo desarrollaron los autores, adaptando a UVB la norma ISO 24443:2012 para la determinación de la protección UVA <i>in vitro</i> .
(6)	Hojas de <i>Zea mays</i> . Compuestos fenólicos flavonoides y antocianinas	6.8, 16.88	La capacidad fotoprotectora del extracto depende de la concentración. Es necesario realizar análisis toxicológicos para poder aplicarlo en cosméticos.
(9)	<i>Moringa oleifera</i> y aceites esencial de <i>Ocimum basilicum</i> .	<i>M. oleifera</i> L. al 10%, 26.2096, aceite esencial al 5%, 25.89	Los autores no recomiendan el uso de la combinación de ambos, ya que se demuestra que disminuye el FPS.
(10)	<i>Lepidium meynii</i> (Maca) Compuestos fenólicos	5.48, concentraciones de 15%	El estudio demostró que la formulación en crema y el extracto con agua al 15% mostraron mejores propiedades fotoprotectoras, pero no mejores a las de control.
(11)	Nanopartículas de quitosano y ácido úsnico Compuestos fenólicos	9.6	La formulación tiene propiedades antiinflamatorias y fotoprotectoras. Además, cumple con condiciones asépticas e higiénico-sanitarias. Libre de microorganismos y apto para el uso.
(12)	Miricetina, luteolina, apigenina, puerarina, baicalina, baicaleína, hesperidina, hesperetina, naringenina, diosmina, ácido clorogénico y ácido cafeico.	No específica	Fotoestabilidad y protección contra UV y UVA.
(13)	Biomasa de macroalgas	No específica	Se busca solucionar el problema de producción de biomasa de las algas buscando diferentes propósitos, entre ellos la fotoprotección.
(14)	Pelargonidina y derivados de cianidina	No específica	Disminución del daño a DNA. Nula fototoxicidad y disminución de senescencia celular. Los compuestos presentes demostraron aumento en supervivencia celular.
(16)	Naringina	No específica	Aumento de la capacidad antioxidante. Neutralización de especies reactivas de oxígeno. Mayor retención de naringenina en piel que aumentó la fotoestabilización de los filtros (óxido de zinc y dióxido de titanio).
(17)	Ácido sulfónico fenilbenzimidazol (PBSA) con micropartículas de quitosano	No específica	Aumento de rendimiento de incorporación, lo que permitió mayor protección UV debido a la interacción quitosano-PBSA. El quitosano demostró ser un medio eficiente que aumentó las capacidades fotoprotectoras de los compuestos que cubrió/encapsuló.
(19)	<i>Caulerpa filiformis</i> (Suhr) Hering	FPS alto	Se utilizó un sistema de determinación de FPS de acuerdo con los eritemas provocados por la exposición de los ratones a los rayos UVB.
(20)	Cáscara de <i>Opuntia ficus-indica</i> (tuna) Compuestos fenólicos y flavonoides	7.69	Utilización de un desecho natural, mostrando un uso prometedor y viable
(21)	<i>Myciaria dubia</i> Kunth (Camu camu)	Valores de 10,897 para el gel y 13,401 para la loción	Las formulaciones tanto para el gel y la loción son prometedoras y cumplen con las normativas.
(22)	Extracto de frutos de <i>Passiflora mollissima</i> HBK. Compuestos fenólicos	11.754	El formulado cumple con las exigencias y normativas sanitaria, posee propiedad antioxidante y fotoprotectora.
(23)	Naringenina y mangiferina	No específica	Reducción de especies reactivas de oxígeno. Fotoestabilización de la avobenzona-naringenina por alta capacidad antioxidante de mangiferina.
(24)	Narirutina, hesperidina y ácido ascórbico	No específica	Disminución de especies reactivas de oxígeno y senescencia celular. Mejoramiento de viabilidad celular. Inhibición de vías de señalización de metaloproteinasas de matriz. Incremento de proteínas que inducen crecimiento y proliferación celular. Inhibición del engrosamiento dérmico y fibras de colágeno poco dañadas.
(25)	Partes aéreas de <i>C. peregrinum</i> . Fenoles y flavonoides	35.21	El extracto muestra alta actividad fotoprotectora y efectos antioxidantes.
(26)	Hojas de <i>Passiflora quadrangularis</i> L.	29.06, 33.5, Y 37.45 con concentraciones 0.5% 1% y 1.5% respectivamente	La compatibilidad del extracto con los otros ingredientes del formulado es importante, ya que estos pueden potenciar o aportar un efecto fotoprotector a la fórmula.

(28)	Frutos de <i>Vaccinium corymbosum</i> (arándano). Compuestos fenólicos.	7.048	La crema gel presenta valores significativos respecto a su contenido de compuesto fenólicos. Actividad antioxidante y capacidad fotoprotectora.
(29)	<i>Dioscorea trifida</i> L.f. (Sacha papa morada). Compuestos fenólicos.	0.4421, 0.4458 y 0.4568	Se proponen pruebas con distintos tipos de pre-formulaciones para ver la sinergia que pueda existir entre los componentes y los metabolitos secundarios que se llegan a producir.
(31)	Extracto etanólico de hojas de maíz y potenciada con aceite de oliva. Componentes leopófilos, fenoles, flavonoides.	28	El extracto presentó actividad antioxidante y fotoprotectora por su alto contenido en flavonoides y fenoles totales. Extracto no irritante.
(32)	Ácido fenólico, flavonoides y polifenoles de alto peso molecular.	No específica	Disminución del enrojecimiento cutáneo y oxígeno reactivo. Aumento de viabilidad celular. Disminución de aberraciones cromosomáticas y aumento de dosis mínima eritematosa. Alta presencia de polifenoles y flavonoides.
(33)	<i>Spinacia oleracea</i> L. (espinaca)	10.96, 20.65, 28.64 a de 1.25%, 2.5% y 5%	La crema elaborada cumple con todos los parámetros de control de calidad. Actividad fotoprotectora alta.
(34)	<i>Chusquea</i> . Quercetina-3-O-gentiobiosido, Kaempferol-3-O-ramnoglucósido, Isorhamnetin-3-O-glucósido	6.11	El incremento en la concentración del extracto aumenta el valor del FPS.
(35)	Antocianinas como flavonas, ácidos hidroxicinámicos y ácido ascórbico	No específica	Disminución del eritema cutáneo. Diminución de niveles de melanina (manchas solares) y aumento de homogeneidad en el color de la piel. La ingesta oral del jugo de naranja roja puede disminuir niveles de eritema cutáneo y unificar el color de piel.
(36)	Cáscaras de papa <i>Solanum tuberosum</i> L. variedad superchola	4.39 y 4.33 para extracto alcohólico y glicólico	Añadir los extractos en una formulación puede aumentar o disminuir su capacidad fotoprotectora debido a las diferentes interacciones que pueda existir con los demás componentes del formulado.
(37)	Hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. var. <i>Salviaefolium</i> . Compuestos fenólicos y flavonoides	5.334	Alternativa para su uso en la elaboración de crema con fines cosméticos y del cuidado de la piel, debido a que contiene compuestos con actividad biológica, antioxidante y antifúngica.
(38)	Extracto seco de las semillas de cacao. Flavonoides y fenoles	10.55 a 100 ppm	Cobertura de la zona UVB. Se recomienda combinar con otro tipo de intensificadores o potenciadores.
(39)	Flores anaranjadas de <i>Tropaeolum maius</i> L. Compuestos fenólicos y flavonoides	91.5 pre-irradiación y 25.75 post irradiación	El extracto asociándose con otros filtros solares químicos demuestra una buena sinergia elevando los valores del FPS. Por si sólo no puede considerarse un filtro.
(40)	Hojas de <i>Passiflora edulis</i> (maracuyá). Polifenoles y flavonoides	14.598	El extracto tiene acción fotorresistente. Candidato a ser utilizado en la formulación de un protector solar.
(41)	Benzofenona-3 con nanocápsulas de quitosano.	No específica	Aumento de permeabilidad en el estrato corneo, distribuyéndose superficialmente sin que el cuerpo absorba el filtro solar, aumentando la fotoestabilidad.
(42)	Propóleo	10	Las formulaciones presentaron un FPS mayor a algunos productos en el mercado, manteniéndose estables por mayor tiempo.
(44)	Cáscara de <i>Opuntia soehrensii</i> B. (ayrampo). Compuestos fenólicos y flavonoides	7.048	Utiliza lo que comúnmente es un desecho para dar un uso como agente con actividad fotoprotectora logrando buenos resultados.
(45)	<i>Bixa orellana</i> L. (achiote).	No específica	La efectividad de un fotoprotector depende de muchos factores, uno de ellos es el vehículo para incorporar el extracto; así como la sinergia de los diferentes extractos.
(46)	Tangeretina, naringenina, nobiletina y 3,3',4',5,6,7,8-heptametoxiflavona	No específica	Disminución del fotoenvejecimiento y supresión de la respuesta inflamatoria por ciclooxigenasas y prostaglandinas luego de la exposición a UV.
(47)	Hojas de <i>Aloysia triphylla</i> . Fenoles y flavonoides	Extracto mostró un FPS de 13.39, la formulación obtuvo 27	Los aceites añadidos en la formulación potenciaron el nivel de FPS. El Cedrón tiene un excelente nivel de seguridad a cualquier concentración.

4. Discusiones

De acuerdo con los documentos analizados, es posible evidenciar que los flavonoides son moléculas que han mostrado actividad fotoprotectora como lo demostró Choquente *et al.* (2009), mediante su análisis de 10 diferentes flavonoides para ser utilizados como alternativa de filtros solares, obteniendo que al ácido clorogénico y la apigenina como mejores candidatos.

La cantidad fuentes de biomoléculas con actividad fotoprotectora es muy variada y en algunos casos muy focalizada, entre ellos los estudiados por Inocente-Camones *et al.* (2014), Inocente *et al.* (2014), Lefahal *et al.*, (2018), Malca Porteles (2018) y Contreras Castañeda (2018), quienes utilizaron tumbo serrano de la región del Perú, camu camu, *C. peregrinum* (L.), planta de Argelia, y tumbo de una zona tropical de América, respectivamente.

Existen otros estudios como el de Morales Acosta (2018), donde utilizó hojas de maíz y obtuvo niveles altos de FPS con extractos de acetato de etilo. Desafortunadamente el acetato de etilo no está recomendado para uso cosmético por lo que recurrieron al extracto con etanol no obteniendo un resultado similar; sin embargo, al añadirle aceite de oliva el FPS aumentó.

Yugán León (2020), utilizó hojas de cedrón no pudiendo medir mediante el método *in vitro* por espectrofotometría el FPS de sus extractos a una concentración arriba de las 200 ppm debido a la cantidad de clorofila contenida, la misma autora asegura que el cedrón cuenta con un excelente nivel de seguridad a cualquier concentración lo que supone que quizá al aumentar la concentración y añadirlos a un formulado aumentaría el valor del FPS.

Algunos otros trabajos muestran la capacidad que tienen algunos compuestos provenientes de fuentes naturales para igualar la capacidad de protección que brinda un producto comercial, tal es el caso del estudio de Matias Loarte y Contreras Castañeda (2019), ellos utilizaron el fruto del arándano para evaluar su capacidad fotoprotectora al implementarlo en un formulado y fue comparado con un protector comercial logrando semejanzas en los valores del FPS.

La naringenina es una flavona que ha sido ampliamente utilizada y analizada en diversos estudios y para diferentes fines, uno de ellos es la fotoprotección. Kawakami y Gaspar (2015) mostraron que la naringenina por sí sola era capaz de producir fototoxicidad y fotoinestabilidad, pero al conjuntarla con la mangiferina era posible contrarrestar estos efectos.

Badea *et al.* (2017), expusieron un estudio en donde añaden la naringenina en portadores lipídicos nanoestructurados y logran hacerlo viable como compuesto para su añadidura en ciertos protectores solares. Gollavill *et al.* (2020), también demostraron la viabilidad al implementarla a formulaciones comerciales de filtros solares logrando fotoestabilizar al óxido de zinc y al dióxido de titanio; sin embargo, bajo ciertas situaciones se vuelve tóxica.

También se han estudiado los vehículos que se utilizan para aumentar las capacidades fotoprotectoras de algunos compuestos, ya que al igual que con la naringenina es posible neutralizar algunos compuestos e intensificar características fotoprotectoras. Gomaa *et al.* (2010), Siquiera *et al.* (2011) y Castro *et al.* (2017) utilizaron micropartículas, nanopartículas y nanopartículas conjugadas de quitosano, respectivamente. Los tres trabajos demostraron que el quitosano es un medio eficiente para aumentar la capacidad fotoprotectora del ácido sulfónico fenilbenzimidazol, benzofenona-3 y ácido úsnico, respectivamente. No obstante, hacen falta más estudios respecto a la sinergia con otros compuestos con actividad fotoprotectora.

Por otra parte, los métodos *in vivo* revelan resultados más palpables, aunque las pruebas con animales con fines cosméticos están ampliamente reguladas. Diversos estudios como el de Hernández Gómez *et al.* (2015) utilizaron extractos de alga marina obteniendo un FPS alto; Castañeda Alarcon (2019) utilizó el extracto acuoso de maca, Yarin Carrizales (2019) elaboró una crema dermocosmética con extractos de semillas de achiote logrando fotoprotección significativa.

Otros más, han trabajado en la implementación directa de sus estudios en humanos, cabe aclarar que cada estudio plasmado debe cumplir con regulaciones ética y con el consentimiento de la persona a la cual se le va a aplicar o suministrar algún compuesto externo o ajeno.

No toda la experimentación fue tóxica, Puglia *et al.* (2014) propusieron la ingesta de naranja roja para la prevención del eritema cutáneo y las manchas en la piel inducida por radiación UV. Yoshizaki *et al.* (2014) lograron probar que el extracto de naranja es capaz de iniciar una cascada de reacciones bioquímicas capaces de detener el fotoenvejecimiento, sentando un precedente para posteriores estudios en la inhibición de respuestas inflamatorias ocasionadas por UV.

El uso tópico en humanos fue probado por Nobile *et al.* (2016), en su investigación utilizaron los extractos de romero y cítricos presentes en el producto comercial Nutroxsun™, demostrando la eficacia,

fotoprotección y antienvjecimiento del producto. Baldissrotto *et al.* (2018) realizó la prueba del parche en humanos y un estudio antihiperproliferativo en células Colo38 de melanoma humano. Estos estudios utilizaron fototipos específicos por lo que es recomendable probar en otros.

Como alternativa ante las restricciones de la experimentación con personas y animales existen otras técnicas para comprobar la eficiencia de algún producto. Una alternativa a los métodos *in vivo* son los métodos *in vitro*. Algunos de estos últimos usan células fibroblásticas u otros como el método Mansur en donde se hace uso de la espectrofotometría, resultando ser menos costosos y más seguros que los métodos *in vivo*.

Giampieri *et al.* (2012) hicieron ensayos con células fibroblásticas, concluyendo que las células que fueron tratadas presentaron una disminución significativa en el daño al ADN. Lo cual representa un avance en los estudios con células para un mayor control del posible efecto de los extractos. Bae *et al.* (2012) también trabajaron con fibroblastos; sin embargo, se apoyaron en la fermentación de cáscara de *Citrus unshiu* por *Schizophyllum commune* para los extractos, lo que resulta novedoso puesto que hacen uso eficiente de un proceso biotecnológico logrando una disminución en la senescencia celular posterior a la irradiación con UV. Kim *et al.* (2016), probaron la eficacia que tiene la ingesta oral de una mezcla de jugos a base de cítricos en fibroblastos humanos y ratones.

La búsqueda de alternativas ante las nuevas normativas fija un panorama para el uso de microorganismos. Proaño Rodríguez (2017) aplicaron el método de muerte celular inducida por la radiación UVB utilizando una cepa de *E. coli* obteniendo un nivel de protección medio. Barrera Mayorga (2017) también utilizó el método de muerte celular en *E. coli* para evaluación de actividad fotoprotectora, obteniendo valores de FPS entre medio y alto según la concentración utilizada. El trabajo con microorganismos y en general los métodos *in vitro*, plasman una alternativa viable, lo que resulta en métodos menos invasivos.

Por otra parte, el uso de desechos vegetales brinda la posibilidad de darle un uso a aquellos materiales que comúnmente se consideran sin valor y que continuamente se vuelven problema de contaminación. Huamani Inca y Santos Guillen (2019) aplicaron extractos acuosos de cáscara de tuna (*Opuntia ficus-indica*), Villar-Reyes *et al.* (2020) utilizaron la cáscara de ayrampo (*Opuntia soehrensii* B.), Quizhpi Cuesta (2019) evaluó la actividad fotoprotectora de los extractos de la cáscara de papa, Amer *et al.* (2021) plantearon el uso de nanopartículas lipídicas de extracto de cáscara de *Citrus senesis* L. concluyendo que el uso de nanopartículas lipídicas es una buena opción para el tratamiento de daños causados por UV con resultados prometedores.

Otras investigaciones nos brindan una aproximación distinta al demostrar que ciertos extractos son poco favorables para fotoprotección, tal es el caso de Romero Armas (2018) que utilizó el extracto de semillas de cacao en la formulación de una crema. Rosari Alayo y Sala Aguilar (2019) utilizaron extracto de mastuerzo determinando que el extracto presentaba un valor muy bajo de FPS, pero al integrarlo en una formulación su actividad fotoprotectora aumentó considerablemente. Medina Huamán *et al.* (2019) obtuvieron extractos acuosos de sachá papa morada, concluyendo que existe una ausencia de actividad como fotoprotector, ya que los valores obtenidos fueron bajos. El estudio desarrollado por Ascate-Pasos *et al.* (2020) utilizaron lanche colorado de los páramos de Piura, el FPS obtenido mostró un nivel bajo y este disminuyó durante el paso del tiempo.

Finalmente, Figueroa *et al.* (s.f.) propusieron el trabajo con macroalgas en donde se busca solucionar el problema de producción de biomasa para la producción con propósitos como la fotoprotección, producción de biodiesel, biofertilizantes, etc.

5. Conclusiones

Resulta de suma importancia que las personas nos protejamos de la radiación UV proveniente del sol para evitar patologías que pongan en riesgo nuestra salud. Por esta razón, es muy recomendable el uso de protectores solares eficaces; pero también seguros, ecológicos y accesibles. En este sentido, los

fotoprotectores biológicos ofrecen grandes ventajas y beneficios. Los resultados muestran que algunas biomoléculas tales como los diferentes tipos de polifenoles absorben radiación UV; además de proporcionar otros beneficios como la capacidad antioxidante. Algunos extractos naturales como los de moringa, pasiflora, espinaca, hojas de maíz, mastuerzo y cedrón tienen un FPS similar al de los protectores convencionales, pero con las ventajas de que son inocuos y que requieren procesos de extracción acuosos o hidroalcohólicos amigables con el entorno. Adicionalmente, biomoléculas como la mangiferina presente en los mangos estabiliza a otros filtros solares físicos, químicos y biológicos. Por lo anterior, las biomoléculas fotoactivas solas o combinadas representan una buena alternativa para elaborar fotoprotectores biológicos eficientes y seguros para las personas y el ambiente. Aunque hace falta más investigación para mejorar la eficiencia y estabilidad de las biomoléculas con fotoactividad, la evidencia indica que pueden potenciar y en algunos casos sustituir a los fotoprotectores físicos y químicos tradicionales.

6. Referencias

1. Alvarez Fontanet, E. (1995). Consecuencias del estrés oxidativo de la piel por radiaciones ultravioleta. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 14(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03001995000100004&lng=es&tlng=es.
2. Amer, R. I., Ezzat, S. M., Aborehab, N. M., Ragab, M. F., Mohamed, D., Hashad, A., Attia, D., Salama, M. M., & El Bishbishy, M. H. (2021). Downregulation of MMP1 expression mediates the anti-aging activity of Citrus sinensis peel extract nanoformulation in UV induced photoaging in mice. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 138, 111537. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111537>
3. Ascate-Pasos, M. E., Suárez-Rebaza, L. A., Ganoza Yupanqui, M. L. & Torres-Guevara, F. A. (2020). Estabilidad de cremas fotoprotectoras a base de Mycianthes rhopaloides "lanche colorado" de los páramos de Piura. *Revista Peruana de Medicina Integrativa*, 5(2), 49-54. <http://dx.doi.org/10.26722/rpmi.2020.52.176>
4. Azcona Barbed, L. (2003). Protección solar. Actualización. *Farmacia profesional*, 17(5), 66-75. <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-proteccion-solar-actualizacion-13047981>
5. Badea, G., Badea, N., Brasoveanu, L. I., Mihaila, M., Stan, R., Istrati, D., Balaci, T., & Lacatusu, I. (2017). Naringenin improves the sunscreen performance of vegetable nanocarriers. *New Journal of Chemistry*, 41(2), 480-492. <https://doi.org/10.1039/c6nj02318e>
6. Bae, J. T., Ko, H. J., Kim, G. B., Pyo, H. B., & Lee, G. S. (2012). Protective Effects of Fermented Citrus Unshiu Peel Extract against Ultraviolet-A-induced Photoageing in Human Dermal Fibroblasts. *Phytotherapy Research*, 26(12), 1851-1856. <https://doi.org/10.1002/ptr.4670>
7. Baldissrotto, A., Buso, P., Matteo, R., Disste, V., Lampronti, I., Gambari, R., Manfredini, S. & Vertuani, S. (2018). Moringa oleifera Leaf Extracts as Multifunctional Ingredients for "Natural and Organic" Sunscreens and Photoprotective Preparations. *Molecules*, 23, <https://doi.org/10.3390/molecules23030664>
8. Barrera Mayorga, A. K. (2017). Determinación de la actividad fotoprotectora in vitro de Zea mays [Tesis de licenciatura no publicada]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
9. Battle, C. (2005). Factor de protección solar. *Dermofarmacias*, 24(6), 65-72.
10. Bonet, R. & Garrote, A. (2011). Protección solar. Nuevos activos. *Offarm*, 30(3), 51-58. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-proteccion-solar-nuevos-activos-X0212047X11205105>
11. Cañarte, C., Salum, G., Ipiña, A. y Piacentini, R. (2011). Obteniendo de índice ultravioleta como indicador de riesgo en la piel, <http://antoniorondonlugo.com/blog/wp-content/uploads/2010/05/87-Indice-ultravioleta-como-indicador-de-riesgo-en-la-piel.pdf>
12. Carrasco Miranda, J. M & Carrera Palomino, M. J. (2019). Efecto fotoprotector solar in vitro del extracto hidroalcohólico de Moringa oleifera y aceite esencial de Ocimum basilicum [Tesis de bachiller no publicada]. Universidad Nacional de Trujillo.
13. Castañeda Alarcón, M. I. (2019). Evaluación de la actividad fotoprotectora in vitro y efecto fotoprotector in vivo de una formulación a base de extracto acuoso liofilizado de Lepidium meyenii (Maca) [Tesis de Maestría no publicada]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

14. Castro M., O. N., Chávez F., J., Santiago C., J. & López H., M. (2017). Preparación y caracterización de una crema fotoprotectora solar a base de nanopartículas quitosano con ácido úsnico. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 18(2), 72-89. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5971441>
15. Choquenot, B., Couteau, C., Papis, E., & Coiffard, L. J. (2009). Flavonoids and Polyphenols, Molecular Families with Sunscreen Potential: Determining Effectiveness with an in vitro Method. *Natural Product Communications*, 4(2), 1934578X0900400. <https://doi.org/10.1177/1934578x0900400212>
16. Figueroa, F. L., Korbee, N., de la Coba, F., Jerez, C. G., Barufi, J. B., Cúenaga, L., Gómez Pinchetti, J. L., Abreu, M. H., Pereira, R. & Sousa-Pinto, I. (s.f.). Valorización de la biomasa de macroalgas en acuicultura multitrófica integrada (AMTI): aplicaciones en cosmética y nutracéutica (fotoprotectores y antioxidantes). 111-137.
17. Fuentes Lorenzo, J. L. (2019). Las platas como fuente de compuestos fotoprotectores frente al daño en el ADN producido por la radiación ultravioleta. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 43(168), 550-562- <https://doi.org/10.18257/raccefyn.841>
18. Garrote, A. y Bonet, R. (2008). Fotoprotección. Factores de protección y filtros solares. *Ámbito Farmacéutico*, 27(5), 63-72.
19. Giampieri, F., Alvarez-Suarez, J. M., Tulipani, S., Gonzàles-Paramàs, A. M., Santos-Buelga, C., Bompadre, S., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. (2012). Photoprotective Potential of Strawberry (*Fragaria × ananassa*) Extract against UV-A Irradiation Damage on Human Fibroblasts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(9), 2322-2327. <https://doi.org/10.1021/jf205065x>
20. Gilaberte, Y. (2013). Fotoprotección. 94(5), 271-293.
21. Gilaberte, Y., Coscojuela, C., Sáenz de Santamaría, M. C. & González, S. (2003). Fotoprotección. *Actas Dermosifiliorg*, 94(5), 271-293.
22. Gollavilli, H., Hegde, A. R., Managuli, R. S., Bhaskar, K. V., Dengale, S. J., Reddy, M. S., Kalthur, G., & Mutalik, S. (2020). Naringin nano-ethosomal novel sunscreen creams: Development and performance evaluation. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 193, 111122. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2020.111122>
23. Gomaa, Y. A., El-Khordagui, L. K., Boraiei, N. A., & Darwish, I. A. (2010). Chitosan microparticles incorporating a hydrophilic sunscreen agent. *Carbohydrate Polymers*, 81(2), 234-242. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.02.024>
24. Guerra, A. (2018). Indicaciones y aplicaciones de la fotoprotección, *Revista de la educación superior*, 12(47), 2811-2814, <https://www.medicineonline.es/es-indicaciones-aplicaciones-fotoproteccion-articulo-S0304541217303153>
25. González, L. (2003). Los efectos nocivos de la radiación solar y la forma de combatirlo. *Ámbito Farmacéutico*, 22(5), 68-76.
26. Hernández Gómez, P., Huamaní Sayritupac, L. A. & Mirano Casafranca, M. A. (2015). Efecto fotoprotector y calidad del gel cosmético a base del extracto del alga marina "Caulerpa filiformis (Suhr) Hering" recolectada en la provincia de Pisco-Ica [Tesis de licenciatura no publicada]. Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica.
27. Huamani Inca, R. E. & Santos Guillen, I. M. (2019). Evaluación de la actividad antioxidante y fotoprotectora in vitro de la crema gel elaborado con extracto acuoso de la cáscara de la variedad amarilla del fruto de *Opuntia ficus-indica* (tuna) [Tesis de licenciatura no publicada]. Universidad Inca Garcilaso de la Vega
28. Inocente Camones, M. A., Tomas Chota, G. E., Huamán Malla, J., Muñoz Jáuregui, A. M., García Morán, R. I., Quispe Fuentes, G., Palomino Pacheco, C. J. & Taype Espinoza, E. D. (2014). Actividad antioxidante y fotoprotectora in vitro de una loción y gel elaborados con extracto estabilizado de camu camu (*Myciaria dubia*, Kunth.). *Rev. Soc. Quím. Perú*, 80(1), 65-77. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2014000100008
29. Inocente, M., Tomas, G., Huamán, J., Palomino, M. & Bonilla, P. (2014). Compuestos fenólicos, actividad antioxidante y fotoprotectora in vitro de una crema gel elaborada con extracto estabilizado de tumbo serrano (*Passiflora mollissima* HBK). *Rev. Per. Quím. Ing. Quím.*, 17(2), 27.33. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/11327>
30. Kawakami, C. M., & Gaspar, L. R. (2015). Mangiferin and naringenin affect the photostability and phototoxicity of sunscreens containing avobenzone. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 151, 239-247. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2015.08.014>
31. Kim, D. B., Shin, G. H., Kim, J. M., Kim, Y. H., Lee, J. H., Lee, J. S., Song, H. J., Choe, S. Y., Park, I. J., Cho, J. H., & Lee, O. H. (2016). Antioxidant and anti-ageing activities of citrus-based juice mixture. *Food Chemistry*, 194, 920-927. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.094>
32. Lefahal, M., Zaabat, N., Ayad, R., Makhloufi, E., Djarri, L., Benahmed, M., Laouer, H., Nieto, G. & Akkal, S. (2018). In vitro Assessment of Total Phenolic and Flavonoid Contents, Antioxidant and Photoprotective Activities of Crudes Methanolic

- Extract of Aerial Parts of *Capnophyllum peregrinum* (L.) Lange (Apiaceae) Growing in Algeria. *Medicines*, 5. <https://doi.org/10.3390/medicines5020026>
33. Malca Portales, K. L. & Matara Rodríguez, D. E. (2018). Desarrollo de una crema a base del extracto de *Passiflora quadrangularis* L. "tumbo" y evaluación *in vitro* de su efecto fotoprotector [Tesis de bachiller no publicada]. Universidad Nacional de Trujillo.
 34. Marín, D. y del Pozo, A. (2005). Fototipos cutáneos. Conceptos generales. *OFFARM*, 24 (5), 136-137. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-fototipos-cutaneos-conceptos-generales-13074483>
 35. Matias Loarte, M. & Contreras Castañeda, N. R. (2020). Evaluación de la actividad antioxidante y fotoprotectora *in vitro* de la crema elaborada con extracto etanoico de los frutos de *Vaccinium corymbosum* L. (arándano) [Tesis de licenciatura no publicada]. Universidad María Auxiliadora.
 36. Medina Huamán, K. D. & Echaiz Veliz, M. M. (2019). Actividad antioxidante y fotoprotectora UVB *in vitro* de una crema dermatocósmica elaborada con el extracto acuoso liofilizado del tubérculo de *Dioscorea trifida* L. f. (sacha papa morada) [Tesis de licenciatura no publicada]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
 37. Montero, J. (2016). Fotoprotección: filtros solares. *Consejo General de Colegios Oficiales de Farmacéuticos*, 1-153.
 38. Morales Acosta, J. P. (2018). Formulación de un protector solar a base de extracto de maíz (*Zea mays*) y determinación de su calidad [Tesis de licenciatura no publicada]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
 39. Nobile, V., Michelotti, A., Cestone, E., Caturla, N., Castillo, J., Benavente-García, O., Pérez-Sánchez, A., & Micol, V. (2016). Skin photoprotective and antiageing effects of a combination of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) and grapefruit (*Citrus paradisi*) polyphenols. *Food & Nutrition Research*, 60(1), 31871. <https://doi.org/10.3402/fnr.v60.31871>
 40. Norma Oficial Mexicana NOM-141-SSA1/SCFI-2012, Etiquetado para productos cosméticos preenvasados. Etiquetado sanitario y comercial.
 41. Nureña Castillo, S. F. & Pesantes Chávez, G. E. (2019). Desarrollo de una crema a base de extracto hidroalcohólico de *Spinacia oleracea* L. "espinaca" y evaluación *in vitro* de su actividad fotoprotectora [Tesis de bachiller no publicada]. Universidad Nacional de Trujillo.
 42. Proaño Rodríguez, D. M. (2017). Determinación de la actividad fotoprotectora *in vitro* de los extractos de *Chusquea* sp. [Tesis de licenciatura no publicada]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
 43. Puglia, C., Offerta, A., Saija, A., Trombetta, D., & Venera, C. (2014). Protective effect of red orange extract supplementation against UV-induced skin damages: photoaging and solar lentigines. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 13(2), 151-157. <https://doi.org/10.1111/jocd.12083>
 44. Quizhpi Cuesta, N. C. (2019). Evaluación *in vitro* de la actividad fotoprotectora de los extractos alcohólicos y glicólico de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad superchola para su uso en la elaboración de un protector solar [Tesis de licenciatura no publicada]. Universidad Politécnica Salesiana.
 45. Rabanal Hurtado, D. L. & Salcedo Chávez, J. C. (2019). 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.) Treil (matico) [Tesis de licenciatura no publicada]. Universidad Inca Garcilaso de la Vega.
 46. Romero Armas, J. G. (2018). Evaluación de la actividad fotoprotectora del *Theobroma cacao*, para la formulación de un protector solar [Tesis de licenciatura no publicada]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
 47. Rosario Alayo, J. Y. & Salas Aguilar, J. J. A. (2019). Desarrollo de una crema a base del extracto hidroalcohólico de flores anaranjadas de *Tropaeolum majus* L. "mastuerzo" y su actividad fotoprotectora [Tesis de bachiller no publicada]. Universidad Nacional de Trujillo.
 48. Ruiz Gutiérrez, Y. L. & Sifuentes González, K. C. (2018). Evaluación *in vitro* de la fotoprotección del extracto de las hojas de *Passiflora edulis* "maracuyá" [Tesis de bachiller no publicada]. Universidad Nacional de Trujillo.
 49. Sánchez-Saldaña, L., Lanchipa, P., Pancorbo, J., Regis, A. & Sánchez, E. (2002). Fotoprotectores tópicos. *Revista Peruana de Dermatología*, 12(2). https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/dermatologia/v12_n2/fotoprotectores_topicos.htm
 50. Siqueira, N., Contri, R., Paese, K., Beck, R., Pohlmann, A., & Guterres, S. (2011). Innovative Sunscreen Formulation Based on Benzophenone-3-Loaded Chitosan-Coated Polymeric Nanocapsules. *Skin Pharmacology and Physiology*, 24(3), 166-174. <https://doi.org/10.1159/000323273>
 51. Soares dos Reis, G., Furtado Valadão, A., Ramos Paes de Lima, L. & Lucy Moreira, M. (2009). Preparación de un protector solar y evaluación de la acción fotoprotectora de propóleo verde del Vale do Aço, Minas Gerais, Brasil. *Boletín*

- Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 8(4), 282-288.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85611265008>
52. Stevanato, R., Bertelle, M. & Fabris, S. (2014). Photoprotective characteristics of natural antioxidant polyphenols. *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, 69, 71-77.
53. Yohge, T, y Fernie, A. (2017). Leveraging Natural Variance towards Enhanced Understanding of Phytochemical Sunscreens. *Trends in Plant Science*, 22(4), 308-315. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.01.003>
54. Villar Reyes, C. M. & Cusi Collado, E. L. (2020). Evaluación de la capacidad antioxidante y fotoprotectora in vitro de la crema gel elaborada con extracto acuoso de la cáscara de la variedad amarilla del fruto de *Opuntia soehrensii* B. (ayrampo) [Tesis de licenciatura no publicada]. Universidad María Auxiliadora.
55. Yarin Carrizales, C. A. (2019). Actividad antioxidante in vitro y fotoprotectora in vivo del extracto hidroalcohólico de semillas de *Bixa Orellana* L. "achiote" y elaboración de una forma dermocosmética [Tesis de licenciatura no publicada]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
56. Yoshizaki, N., Fujii, T., Masaki, H., Okubo, T., Shimada, K., & Hashizume, R. (2014). Orange peel extract, containing high levels of polymethoxyflavonoid, suppressed UVB-induced COX-2 expression and PGE2 production in HaCaT cells through PPAR- γ activation. *Experimental Dermatology*, 23, 18-22. <https://doi.org/10.1111/exd.12394>
57. Yungán León, D. R. (2019). Formulación y control de calidad de un fotoprotector a base de cedrón (*Aloysia triphylla*) [Tesis de licenciatura no publicada]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.