

## Mezclas de extractos biológicos con capacidad fotoprotectora

Jennifer López Muñoz, Estefanía Guadalupe Tovar Saldaña, María Guadalupe Jiménez Perea, Mariana Susana Gutiérrez Chávez 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.  
jcramirez@ugto.mx

### Resumen

En el presente trabajo se estudió la capacidad fotoprotectora de mezclas de extractos etanólicos de *Fragaria vesca* L (fresa), *Vaccinium myrtillus* L (arándano), y *Spinacia oleracea* L (espinaca); además de mucílagos de *Aloe vera* (sábila) y de semillas de *Salvia hispánica* L (chía). Se prepararon mezclas con diferentes proporciones de extractos y luego se les estimó el Factor de Protección Solar mediante un método espectrométrico *in vitro* propuesto por Mansur *et al.* Los protectores químicos y físicos son eficientes, pero tiene algunas desventajas como su toxicidad, reacciones alérgicas, apariencia blanquecina y la contaminación que generan. Por esta razón, en este proyecto se busca desarrollar protectores solares con ingredientes biológicos que sean más seguros para las personas y el ambiente. Por ello, se ha optado por la elaboración de protectores solares a base de extractos naturales que contienen biomoléculas con actividad fotoprotectora para proteger a la piel.

**Palabras clave:** fotoprotección, factor de protección solar, espectrofotometría, extractos biológicos, biomoléculas.

### Introducción

Las radiaciones ultravioleta (UV), en especial la radiación UVA (320-400 nm) y la UVB (290-320 nm) que provocan efectos como fotoenvejecimiento, fotosensibilidad y eritemas; se perfilan como uno de los principales factores implicados en la producción de melanomas ya que las radiaciones de estas longitudes de onda pueden alterar el ADN de los melanocitos y producir lesiones (Mayor, M. D. M. B., & Arjona, J. A. A. 2001). El daño que ocasionan puede producir la inhibición de la división celular, la inactivación de enzimas, inducción de mutaciones o incluso en un grado extremo, la propia muerte celular. Por ello es de vital importancia tener una rutina de cuidado y protección de la piel (Mayor, M. D. M. B., & Arjona, J. A. A. 2001).

Existen una gran variedad de formulaciones de origen químico y físico que cuentan con un factor de protección solar (FPS) alto; sin embargo, actualmente se están desarrollando otras alternativas para el cuidado de la salud de la piel teniendo en cuenta la tipología cutánea, el tiempo de exposición al sol y la cantidad de radiación que existe en un lugar. Adicionalmente, se ha implementado una búsqueda de ingredientes naturales que fortalezcan y protejan a la piel; además de ser más seguros para las personas y el ambiente.

Hay estudios en donde se ha demostrado que existen ingredientes naturales que cuentan con biomoléculas con acción fotoprotectora (Ramírez-Granados, J. C. 2021). Entre ellas destacan los flavonoides que absorben de manera significativa en la región ultravioleta. Por ejemplo, el mucílago de *Aloe (sábila)* presenta muchas actividades fisiológicas y biológicas tales como la capacidad de curación de quemaduras en la piel, lesiones cutáneas, acné, la psoriasis, la anemia, anticáncer, antiviral, protector a la radiación ultravioleta, efecto profiláctico contra las radiaciones nucleares accidentales, antiinflamatorio, analgésico, antioxidante, etc. (Priego, I. 2018).

Ingredientes naturales tales como arándano, chía y espinaca portan acción fotoprotectora en la longitud de onda UV y debido a su estructura química es que son aptos para ser utilizados en formulaciones para protección solar en la piel. Además, la fresa dentro de su composición química contiene grandes cantidades de compuestos fenólicos (como ácido elálgico y p-cumárico), flavonoides (quercetina, kaempferol y miricetina) y antocianinas (pelargonidina 3-glucósido, con cianidina 3-glucósido y pelargonidina 3-rutinósido) (Medina Ochoa, G., & Pérez Montenegro, L. R. 2021).

Debido a que estos ingredientes naturales son ricos en biomoléculas con acción fotoprotectora en este proyecto se elaboraron mezclas de extractos biológicos el objetivo de analizar su capacidad fotoprotectora.

## Marco teórico

### La piel

La piel es el órgano más grande del cuerpo humano y junto con las uñas, el cabello y las glándulas sudoríparas y sebáceas forman parte del sistema tegumentario. Una de las funciones principales de la piel es la protección del organismo contra factores externos como las bacterias, sustancias químicas y temperaturas extremas. Además, este órgano contiene secreciones que destruyen bacterias, y la melanina que es un pigmento químico que sirve de defensa contra los rayos ultravioleta que provocan daños a las células del cuerpo.

La piel está formada por tres capas, cada una con funciones específicas. La epidermis, es la capa de la piel con mayor número de células y se conforma por una capa basal, el estrato espinoso, el estrato granuloso, el estrato lucido y la capa córnea. La epidermis tiene la función de proteger a las capas interiores; además contiene a las células que producen la queratina que impermeabiliza y fortalece la piel, por otro lado, también contiene a las células que producen la melanina responsable de la pigmentación de la piel. La segunda capa de este órgano es la dermis compuesta por el estrato reticular y pailar; su función es dar estructura de soporte a la piel y le proporciona resistencia, elasticidad, capacidad de adaptación y variaciones de volumen. La tercera y última capa es la hipodermis formada por tejido adiposo que funciona como aislante y sostén.

Existen diferentes maneras de clasificar los fototipos cutáneos, la más aceptada es la del Dr. T. Fitzpatrick (tabla 1).

*Tabla 1. Fototipos cutáneos*

Fototipo	Acción del sol sobre la piel no protegida	Características pigmentarias
I	Presenta intensas quemaduras solares, casi no se pigmenta nunca y se descama de forma ostensible	Individuos de piel muy clara, ojos azules, pelirrojos y con pecas en la piel. Su piel, habitualmente, no está expuesta al sol y es de color blanco-lechoso
II	Se quema fácil e intensamente, pigmenta ligeramente y descama de forma notoria	Individuos de piel clara, pelo rubio, ojos azules, pecas, cuya piel, que no está expuesta habitualmente al sol, es blanca
III	Se quema moderadamente y se pigmenta correctamente	Razas caucásicas (europeas) de piel blanca que no está expuesta habitualmente al sol
IV	Se quema moderada o mínimamente y pigmenta con bastante facilidad y de forma inmediata al exponerse al sol	Individuos de piel morena o ligeramente amarronada, con pelo y ojos oscuros (mediterráneos, mongólicos, orientales)
V	Raramente se quema, pigmenta con facilidad e intensidad (siempre presenta reacción de pigmentación inmediata)	Individuos de piel amarronada (amerindios, indostánicos, árabes e hispanos)
VI	No se quema nunca y pigmenta intensamente (siempre presenta reacción de pigmentación inmediata)	Razas negras

Fuente: Marín y del Pozo (2005)

### La radiación ultravioleta

La radiación solar se encuentra compuesta por radiaciones de diferentes longitudes de onda, algunas de ellas pasan a través de la atmósfera y pueden llegar a la piel de las personas. La radiación UV interactúa con las células de la piel por lo que es la responsable de los cambios que observamos y a su vez se divide en UVC, UVB y UVA. La radiación UVC tiene una longitud de onda de <290 nm, es muy peligrosa pudiendo llegar a destruir la vida en la superficie del planeta, por otro lado, la radiación UVB tiene una longitud de onda de 290-320 nm y es la causante del eritema, quemaduras de la piel, fotoenvejecimiento, producción de células cancerígenas; además de que multiplica los melanocitos activos, estimula la enzima tirosinasa y es la principal responsable del engrosamiento del estrato corneo. La radiación UVA con una longitud de onda de 320-400 nm es la de menor energía, estimula la producción de melanina y algunos pigmentos, penetrando la epidermis y la dermis. Cuando la piel se expone a altas cantidades de radiación UVA se presenta enrojecimiento o daño a la matriz de elastina y colágeno.

### Fotoprotectores

La fotoprotección consiste en prevenir el daño que ocurre en nuestra piel a causa de la exposición a la radiación ultravioleta. La piel tiene cierta capacidad para adaptarse y defenderse de las consecuencias a una exposición

prolongada, esta capacidad varía según la pigmentación de cada individuo y los fototipos claros carecen más de esta protección natural (Gilaberte *et al.* 2003).

Un fotoprotector se define como una sustancia de aplicación tópica con la capacidad de absorber, reflejar o dispersar fotones de la región ultravioleta para evitar así la penetración cutánea de estos e impedir el daño actínico. Un fotoprotector también debe proporcionar beneficios a largo plazo, es decir, la prevención de cáncer cutáneo, las fotodermatitis y el fotoenvejecimiento cutáneo, entre otros. Los fotoprotectores tienen grandes beneficios ante la radiación UV los cuales son impedir la inmunosupresión local y sistémica inducida por ésta, prevenir las mutaciones en el gen supresor tumoral p53 e impedir la formación de dímeros de timina. Por otra parte, los fotoprotectores elaborados *in vitro*, impiden las alteraciones en los fibroblastos y reducen la formación de queranocitos apoptóticos (Gilaberte *et al.* 2003).

Los protectores solares según la Administración de Alimentos y Medicamentos (Federal Drug Administration, FDA) se encuentran en forma de lociones, cremas, barras, geles, aceites, mantequillas, pastas y aerosoles. Podemos distinguir tres tipos de filtros, físicos, químicos y biológicos.

**Fotoprotectores físicos:** estos funcionan creando una barrera para proteger la piel de los rayos UV, contienen zinc o dióxido de titanio, actúan reflejando o dispersando la radiación ultravioleta, su consistencia es más espesa por lo que no es fácil que la piel los pueda absorber.

**Fotoprotectores químicos:** funcionan al absorber los rayos UV, contienen ingredientes activos como el octinoxato, oxibenzona, y avobenzona. Los protectores químicos son más fáciles de absorber por la piel y pueden estar presentes en formulas hidratantes.

**Fotoprotectores biológicos:** son moléculas con propiedades antioxidantes que ayudan a eliminar la toma de radicales libres los cuales son los responsables del envejecimiento cutáneo y el cáncer fotoinducido. El ácido ascórbico y el tocoferol son ejemplos este tipo de filtros.

### Factor de protección solar

Se denomina Factor de Protección Solar (FPS) al número de veces que el fotoprotector aumenta la capacidad de defensa natural de la piel frente al eritema o enrojecimiento previo a la quemadura (Batlle *et al.* 2005).

Para la determinación del FPS existen diferentes métodos que se describen en la tabla 2.

**Tabla 2.** Criterios de evaluación para la valoración de productos bloqueadores solares según FDA, DIN y COLIPA.

Métodos	FDA (Estándar de Estados Unidos)	DIN (Alemania)	COLIPA (Europa)
<b>Tipos de piel</b>	I, II, III	I, II, III, IV	I, II, III, así como los tipos de piel con valores colorimétricos de CIE° $\geq 28^\circ$
<b>Periodo de irradiación activa</b>	15 min	15 $\pm$ 5 min	15 min
<b>Estándares FPS</b>	FPS bajo: 4.0 $\pm$ 0.7 FPS alto: 908 $\pm$ 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) P3: estándar alto (FPS 14.0-17.0)
<b>Recomendación para el etiquetado del producto</b>	2-4: mínimo 5-7: moderado 8-11: elevado 12-20: muy elevado $\geq 20$ : 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: Batlle 2005.

Uno de los métodos *in vitro* más usados para estimar el FPS es el propuesto por Mansur *et al.* Este método consiste en un análisis espectrofotométrico en el cual la formulación se diluye en etanol absoluto hasta una concentración de 0.2 mg/ml, condición establecida por el autor para crear una correlación con el método *in vivo*. A través del modelo matemático desarrollado según el método, se relacionan los valores de absorbancia obtenidos de las muestras con el FPS de la formulación.

Para el presente trabajo las absorbancias fueron medidas por triplicado y se calculó el FPS de acuerdo con la formula desarrollada por Mansur.

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

Donde:

*FPS*: Factor de protección solar

*FC*: 10 (factor de corrección)

*EE* ( $\lambda$ ): efecto eritemogénico de la radiación de longitud de onda  $\lambda$

*I* ( $\lambda$ ): intensidad del sol en la longitud de onda  $\lambda$

*Abs* ( $\lambda$ ): absorbancia de la solución en la longitud de onda

Se ha encontrado que el método de Mansur tiene una estimación más eficiente para los factores de protección solar menores que 30, pero para sustancias con FPS mayor, la estimación de Mansur es significativamente diferente del valor real (Ramírez-Granados *et al.*, 2020).

## Materiales y métodos

### Materiales biológicos con actividad fotoprotectora

Los protectores solares suelen complementar la acción de los pigmentos de la piel con la inclusión de otros activos con cuya aplicación tópica se busca la creación de una segunda línea defensiva, eficaz sobre la porción de la radiación que supera las barreras biológicas y los filtros tradicionales. Estos ingredientes actúan restaurando el equilibrio oxidativo cutáneo, neutralizando los radicales libres y minimizando los potenciales efectos nocivos de la radiación incidente sobre el ADN celular. Estos ingredientes fotoactivos incluyen a las vitaminas C, B y E, productos de origen vegetal como la isoflavona de soja, los ácidos hidroxicinámicos, los extractos de sandía, equinacea, granada, té verde, o aceites de jojoba, soja, argán, girasol o sésamo (Bonet y Garrote. *et al* 2011).

En una búsqueda para encontrar agentes fotoprotectores tópicos efectivos y seguros, los productos derivados de las plantas se han investigado por su actividad antioxidante. Los compuestos antioxidantes botánicos son ampliamente utilizados en la medicina tradicional e incluyen tocoferoles, flavonoides, ácidos fenólicos, compuestos que contienen nitrógeno (índoles, alcaloides, aminas y aminoácidos) y monoterpenos (Cortes *et al.* 2018).

En la tabla 3 se muestran las propiedades de los extractos de algunas frutas y verduras utilizados en el presente trabajo y que han demostrado tener acción fotoprotectora y propiedades terapéuticas, además de que fueron usados para la formulación de protectores solares.

**Tabla 3.** Propiedades de extractos biológicos con propiedades fotoprotectoras

Material biológico	Tipo de extracto	Propiedades
<b><i>Fragaria vesca L</i> (fresa)</b>	Extracto hidroalcohólico	Antioxidante, antiinflamatorio, anticancerígeno, laxante, depurador hepático. Tiene grandes compuestos fenólicos, flavonoides, antocianinas y un alto contenido de ácido ascórbico (Medina Ochoa & Pérez Montenegro <i>et al.</i> 2021)
<b><i>Spinacia oleracea L</i> (espinaca)</b>	Extracto hidroalcohólico	Es una hortaliza con alto valor nutricional y alto contenido de agua, fibra, minerales y minerales, es baja en calorías y es rica en vitamina A, C, E y K, algunas vitaminas como B1, B2, B3 y B6. En ella podemos encontrar el ácido alfa-lipoico (Nureña Castillo & Pesantes Chávez <i>et al.</i> 2019).
<b><i>Aloe</i> (sábila)</b>	Mucilago	Presenta muchas actividades fisiológicas y biológicas como la capacidad de curación de quemaduras en la piel, lesiones cutáneas, acné, anemia, anticáncer, protege de la radiación o luz ultravioleta, actúa como agente antiinflamatorio, analgésico y antioxidante (Priego <i>et al.</i> 2018).
<b><i>Salvia hispánica L</i> (chía)</b>	Mucilago	Contiene altos beneficios para la digestión, este mucilago es un polisacárido muy soluble en agua por lo que retiene la humedad, contiene antioxidantes que

***Vaccinium myrtillus L***  
**(arándano)**

Extracto hidroalcohólico

ayudan a regenerar la piel (Ramírez-Granados JC, Gómez-Luna B, Díaz-Pérez C, Gasca Tirado J, 2017).

Presenta actividad anticonceptiva y antiinflamatoria. Contiene grandes cantidades de fibra sin presencia de sodio además de cantidades altas en provitamina, A, E, C y Mg; además de sales minerales como K, P, Ca (Matias Loarte & Contreras Casteñeda *et al.* 2021)

### Extracto hidroalcohólico de fresa

Se utilizaron 2.100 Kg de fruto fresco, estos fueron lavados con abundante agua potable, luego se lavaron con agua destilada, posteriormente se desinfectaron con una solución de hipoclorito al 2% por 3 minutos y fueron enjuagadas con agua destilada y las hojas verdes fueron separadas y descartadas. Los frutos se cortaron en trozos y se vaciaron a una licuadora hasta homogenización.

Para la preparación del extracto hidroalcohólico se pesaron 2.100 Kg de fruto fresco y se pusieron a macerar en etanol acuoso al 80% en un frasco forrado con papel aluminio para evitar el contacto con la luz. Se mantuvo a temperatura ambiente durante 1 semana agitándolo dos veces al día durante 10 minutos, luego se filtró con ayuda de la bomba de vacío, se colocó en placas Petri y se evaporó el disolvente en estufa a 45°C por un periodo de 48 h. El producto de la evaporación se vertió en un frasco cubierto con papel aluminio el cual se pesó, así como también se pesó la cantidad de extracto obtenida (20\_g) y se guardó en refrigeración.

### Extracto hidroalcohólico de arándano

Se requirió de 600 g de fruto fresco de arándano y se practicó un lavado con agua y además desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio al 1% durante 3 min. Luego se procedió a otro lavado con agua destilada, con el fin de eliminar el olor característico del hipoclorito de sodio.

La preparación del extracto etanólico de arándanos se realizó por el método de maceración, donde en un recipiente de vidrio que impidiera la exposición a la luz, se colocaron los 600 g de arándanos previamente lavados y desinfectados, se procedió a la trituración mediante un mortero. Luego se añadieron 600 ml de alcohol etílico al 96°. Se dejó en reposo por 10 días con agitación periódica de 10 minutos cada 12 horas. Culminado el tiempo de maceración, se filtró al vacío la solución. Finalmente, el extracto se colocó en unas placas Petri y se llevó a la estufa de aire circulante a 45 °C por 72 h, y se obtuvo un extracto de consistencia viscosa. La cantidad obtenida fue de 140 g, este se vertió en un frasco en donde el producto no tuviera contacto con la luz y se mantuvo en refrigeración.

### Mucílago de sábila

Fueron requeridos 1.808 Kg de sábila para la obtención del mucílago. Como primer paso la sábila fue pesada, posteriormente se extrajo el gel y este fue cortado en cubos de 1 cm, por consiguiente, el gel se sometió a hidratación en agua destilada por un periodo de 24 h. Transcurrido el tiempo se realizó una filtración para así obtener una alícuota líquida, el gel de sábila se volvió a poner en hidratación y se repitió el procedimiento anterior. Una vez obtenida toda la alícuota líquida esta fue llevada a calentamiento a 70°C por 24 h, transcurrido el tiempo se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se les agregó etanol absoluto en una proporción de 1:3, posterior a esto se formó un gel de consistencia viscosa el cual se llevó a la estufa a una temperatura de 45°C hasta evaporar por completo el etanol, después se realizó el raspado para obtener el mucílago. Se tuvo un rendimiento aproximado del 0.04% y fueron recuperados 0.7203 g de mucílago como producto final.

### Mucílago de espinaca

La espinaca fue pesada completa después se lavó con abundante agua y posterior a esto se le retiraron los tallos y se desecharon. Las hojas previamente lavadas se pusieron a secar sobre papel y se colocaron en un espacio con exposición a la luz solar, cuando las hojas se secaron estas fueron trituradas, se obtuvo un polvo el cual por cada 100 g se añadieron 40 ml de etanol, se dejó reposar por 24 h. Culminado el tiempo de maceración se filtró y se le agregaron 400 ml más de etanol, la alícuota se llevó a calentamiento en una estufa a 50 °C hasta evaporar el etanol, el producto final fue una pasta de color verde con olor característico. Finalmente fue recolectado con ayuda de una espátula y se depositó en un recipiente en el cual no tuviera contacto con la luz solar. Fueron requeridos 1.2786 kg para la obtención del mucílago el cual tuvo un rendimiento aproximado del 0.087% recuperando 1.1143 g.

### Preparación de disoluciones para la estimación del FPS

Para la preparación de las diluciones se pesó 1 g de cada extracto (fresa, arándano, espinaca, mucílago de chíá y mucílago de sábila). Una vez pesado se disolvió en agua o etanol y con ayuda de un matraz aforado se llevó el volumen a 100 ml para obtener una disolución con concentración de 10 mg/ml. Posteriormente se tomaron 5 ml de esta disolución en un matraz y se aforó a 50 ml para así tener una solución con concentración de 1 mg/ml. Después se tomaron 5 ml de esta última disolución y aforó hasta el volumen de 25 ml obteniendo finalmente una disolución con concentración de 0.2 mg/ml.

### Mezclas de extractos biológicos

Con las disoluciones anteriores, se realizaron 6 mezclas con pares de extractos y mucílagos: sábila-chíá, chíá-fresa, sábila-arándano, espinaca-arándano, chíá-arándano, fresa-espinaca. Para cada una de las mezclas anteriores se elaboraron disoluciones con diferentes proporciones de extractos expresadas en porcentaje del volumen: 100/0, 90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50, 40/60, 30/70, 20/80, 10/90 y 0/100. Cabe mencionar que los mucílagos se coagulan con alcohol; por esta razón, en las mezclas con mucílago de sábila o chíá se empleó agua destilada como solvente; mientras que en las mezclas restantes (sin mucílago) se empleó etanol. Posteriormente se realizó la medición de absorbancias de cada disolución con un espectrofotómetro en el rango de longitudes de onda de 290 a 320 nm con incrementos 5 nm y utilizando celdas de cuarzo de acuerdo con el método de Mansur.

## Resultados

Para cada una de las mezclas de extractos biológicos, las absorbancias fueron medidas por triplicado en el rango de 290 a 320 nm. Luego se calcularon las absorbancias promedio que se muestran el Anexo 1. El factor de protección solar de cada mezcla de extractos fue estimado con la Ec. 1.

### Capacidad fotoprotectora de las mezclas de extractos biológicos

En las siguientes figuras se muestra la variación del FPS a medida que cambia la proporción de los extractos presentes en cada disolución.

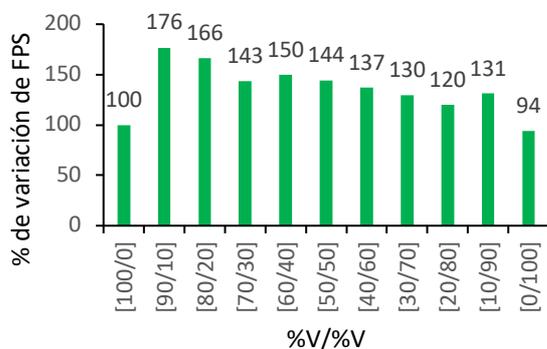


Figura 1. Variación del FPS en las mezclas chíá-fresa.

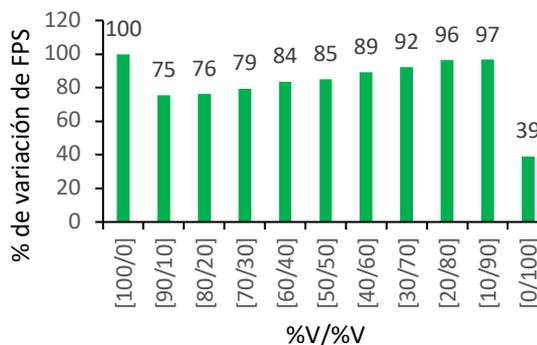


Figura 2. Variación del FPS en las mezclas sábila-chíá.

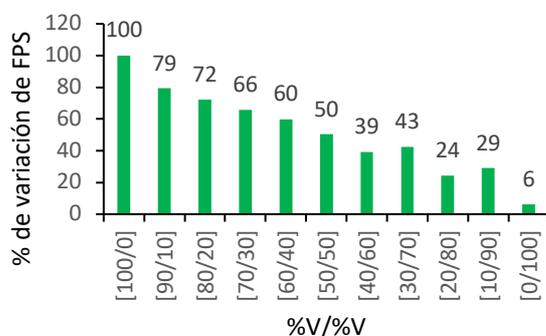


Figura 3. Variación del FPS en las mezclas sábila-arándano.

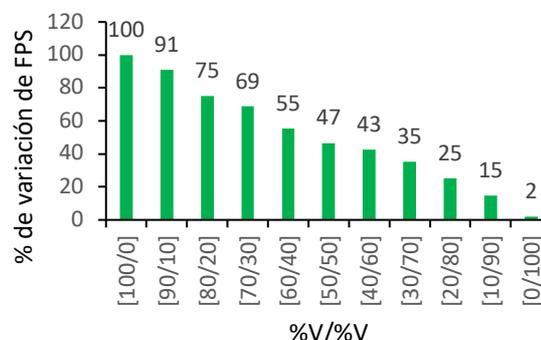


Figura 4. Variación del FPS en las mezclas espinaca-arándano.

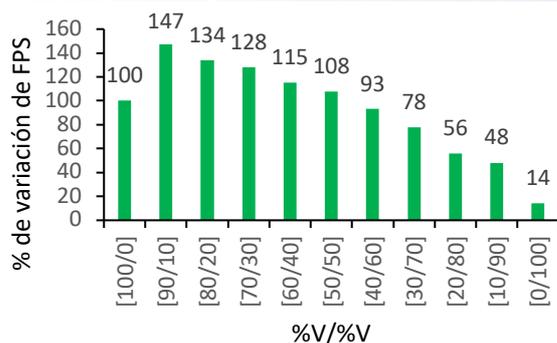


Figura 5. Variación del FPS en las mezclas chía-arándano.

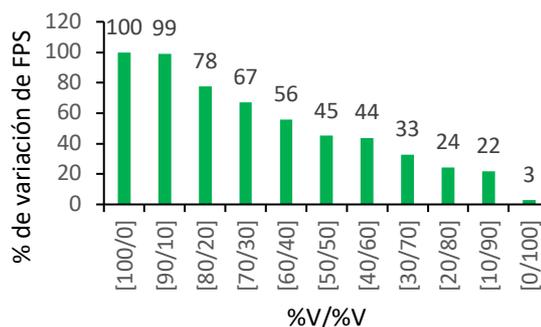


Figura 6. Variación del FPS en las mezclas espinaca-fresa.

La disolución con mayor factor de protección solar fue la que contiene extracto de espinaca puro con un FPS de 7.01. Sin embargo, es importante notar que en el caso de las mezclas chía-fresa y chía-arándano (Figuras 1 y 5) algunas mezclas tienen FPS mayor que los extractos individuales. Por ejemplo, en el caso de la mezcla con 90% de chía y 10% de fresa se observó que el FPS aumentó un 76% con respecto a la disolución con chía pura. Por su parte, la mezcla con 90% de chía y 10% de arándano se presentó un incremento en el FPS del 47% con respecto a la disolución con extracto de chía.

En las mezclas de extractos sábila-chía, sábila-arándano, espinaca-arándano y espinaca-fresa (Figuras 2, 3, 4 y 6) el FPS no fue mayor que el de los extractos individuales.

## Discusiones

En la tesis de (Nureña Castillo, S. F., & Pesantes Chávez, G. E. 2019) se trabajó con extracto hidroalcohólico de *Spinacia oleracea L* (espinaca), en el cual se identificaron esteroides, alcaloides, saponinas, fenoles, aminoácidos, quinonas y flavonoides. Este grupo de metabolitos activos son probablemente los responsables de la actividad fotoprotectora, posteriormente se elaboró una crema a base de este extracto y óxido de zinc como fotoprotector físico reportando un FPS de 28.44.

En su caso, la tesis de Moya Cahuana, T. M., & Osorio Oscco, R. I. 2017 se encontró que en el extracto hidroalcohólico de *Fragaria vesca L* (fresa) hay presencia de compuestos fenólicos, taninos y flavonoides que podrían estar relacionados con la actividad fotoprotectora. Posteriormente el extracto fue incorporado junto con algunos filtros solares sintéticos a cremas ya existentes de lo que resultaron dos formulaciones una con filtros solares sintéticos más extracto (1) y otra solo con filtros sintéticos (2), a ambas se les calculó el FPS mediante el método *in vitro* de Mansur resultando para la formulación 1 un valor de  $12.050 \pm 0.05$  y para la formulación 2 un FPS de  $10.88 \pm 0.25$ , lo que de acuerdo con la clasificación COLIPA se encuentra en un rango medio 8-12.

Siguiendo con el análisis de nuestros datos, comparando con la tesis de (Matias Loarte, M., & Contreras Castañeda, N. R. 2021), en la cual se desarrolló una crema gel con extracto etanólico de *Vaccinium corymbosum L* (arándano), se encontró que el arándano contiene compuestos fenólicos que son los responsables de su capacidad antioxidante y reportó un FPS de 9.512, también presentó actividad antioxidante y capacidad fotoprotectora.

Por su parte, en la tesis de (Priego, I. 2018) se estudió el mucilago de *Aloe Barbadensis Miller* que ha sido usado científicamente para todas las formas de quemaduras, ya sean de radiación, térmicas o solares, demostrando que tiene efecto profiláctico si se usa antes o después de estos eventos dañinos para la piel. Para el estudio, en cuanto a la adsorción de luz se trabajó con longitudes de onda de 366 a 254 nm, las cuales cubren los extremos del espectro de luz UV y se determinó que el *aloe* sin nanopartículas es capaz de impedir el paso de luz UV hacia el luxómetro y se absorbió entre 35 y 43% encontrando un efecto fotoprotector en el *aloe*.

## Conclusiones

En las mezclas de extractos chía-fresa y chía-arándano se observaron efectos fotoprotectores sinérgicos ya que su factor de protección solar fue mayor que el FPS de los extractos individuales. En la mezcla con 90% de extracto de chía y 10% fresa hubo un incremento en el FPS del 76% con respecto a la disolución que contenía sólo extracto de chía. Por su parte, en la mezcla con 90% de extracto de chía y 10% de extracto de arándano el FPS aumentó un 47% con respecto al FPS del extracto de chía. Estos efectos sinérgicos pueden deberse a la formación de moléculas con absorción de radiación ultravioleta que intensifican la capacidad fotoprotectora de estas mezclas de extractos biológicos. Por otra parte, la disolución con mayor actividad fotoprotectora fue la que contenía sólo extracto de espinaca con un FPS de 7.01; mientras que las mezclas espinaca-fresa y espinaca-arándano tuvieron

valores ligeramente menores. Los factores de protección solar estimados para los extractos biológicos y las mezclas propuestas son menores a 15 y de acuerdo con la FDA por sí mismos protegen contra la radiación solar, pero no contra el cáncer cutáneo. Por esta razón, se podrían combinar extractos biológicos con fotoprotectores físicos o químicos para potenciar su capacidad fotoprotectora y al mismo tiempo aprovechar los beneficios de algunos extractos naturales como su actividad antioxidante, antiinflamatoria y regenerativa, entre otras.

## Referencias

- Anatomía y fisiología de la piel.* (s/f). *Pediatriaintegral.es*. Recuperado el 14 de julio de 2022, de <https://www.pediatriaintegral.es/publicacion-2021-05/anatomia-y-fisiologia-de-la-piel/>
- Freer-Bustamante, E. (1999). El uso adecuado de protectores solares en Costa Rica. *Revista Costarricense de Ciencias Médicas*, 20(1-2), 103-111.
- Cuadrado Vega, O. (2011). Cosmética solar: el envejecimiento prematuro y la protección solar. *Ciencia Y Salud Virtual*, 3(1), 123-134. <https://doi.org/10.22519/21455333.299>
- Mayor, M. D. M. B., & Arjona, J. A. A. (2001). Radiación ultravioleta y cáncer de piel. Consejos preventivos. *Radiobiología: Revista electrónica*, 1(2), 15-17.
- Priego, I. (2018). Propiedades fisicoquímicas y biocompatibilidad de compósitos de *Aloe barbadensis* Miller con nanopartículas de dióxido de titanio (Tesis de maestría en ciencias en desarrollo de productos bióticos, Instituto Politécnico Nacional, Yauatepec de Zaragoza, México] <https://tesis.ipn.mx/jspui/handle/123456789/25742>).
- Medina Ochoa, G., & Pérez Montenegro, L. R. (2021). *Efecto fotoprotector y capacidad antioxidante de una crema a base de Fragaria X ananassa Duch.(fresa) y Vitis vinifera L.(uva)* (Doctoral dissertation, Universidad Privada de Huancayo Franklin Roosevelt).
- Mendoza, I. A., Pérez, D. A., Gómez, J. F. B., Ortega, B. C., Cázares, J. P. C., de la Barreda Becerril, F., ... & Herrera18, A. M. V. (2014). Recomendaciones clínicas para la fotoprotección en México. *Dermatología CMQ*, 12(4), 243-55.
- Gilaberte, Y., Coscojuela, C., Sáenz de Santamaría, M. C. & González, S. (2003). Fotoprotección. *Actas Dermosifiliorg*, 94(5), 271-293.
- 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>
- Garrote, A. y Bonet, R. (2008). Fotoprotección. Factores de protección y filtros solares. *ELSEVIER*, 27 (5), 63-73. <https://www.elsevier.es/en-revista-offarm-4-articulo-fotoproteccion-factores-proteccion-filtros-solares-13120520>
- Battle, C. (2005). Factor de protección solar. *ELSEVIER*, 24 (6), 65-72. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-factor-proteccion-solar-13076818#:~:text=Se%20denomina%20factor%20de%20protecci%C3%B3n, enrojecimiento%20previo%20a%20la%20quemadura>.
- Inocente-Camones, M. Á., Tomas-Chota, G. E., Huamán-Malla, J., Muñoz-Jáuregui, A. M., García-Morán, R. I., Quispe-Fuentes, G., & Taype-Espinoza, E. D. R. (2014). Actividad antioxidante y fotoprotectora *in vitro* de una loción y gel elaborados con extracto estabilizado de camu camu (*Myrciaria dubia*, Kunth). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 80(1), 65-77.
- (S/f). *Cio.mx*. Recuperado el 15 de julio de 2022, de [http://congresos.cio.mx/17\\_enc\\_mujer/cd\\_congreso/archivos/resumenes/S3/S3-MCS30.pdf](http://congresos.cio.mx/17_enc_mujer/cd_congreso/archivos/resumenes/S3/S3-MCS30.pdf)
- Sepúlveda Soria, S. M., Gonzalez Tejeda, L. A., Villaseñor Villagómez, L. F., & Ramirez Granados, J. C. (2021). Protección solar de la piel con extractos de frutas y vegetales. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 10. Recuperado a partir de <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3308>
- Bonet, R. y Garrote, A. (2011). Protección solar. Nuevos activos. *ELSEVIER*, 30 (3), 51-58. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-proteccion-solar-nuevos-activos-X0212047X11205105>
- Matias Loarte, M., & Contreras Castañeda, N. R. (2021). Evaluación de la actividad antioxidante y fotoprotectora *in vitro* de la crema gel elaborada con extracto etanólico de los frutos de *Vaccinium corymbosum* L.(arándano).
- Ramírez-Granados, J. C., Gómez-Luna, B. E., D. P., Cesar, Gasca Tirado, J. R. (2017). Análisis de la Absorbancia y Transmitancia Espectral del Mucílago de *Salvia hispanica* L. para la Fotoprotección de la Piel. *de la Salud*, 4(10), 13-22.
- 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.

Moya Cahuana, T. M., & Osorio Oscoco, R. I. (2017). Actividad fotoprotectora de formulación tópica a base del extracto hidroalcohólico de *Fragaria vesca* L.(fresa).

Granados, J. C. R. (2021). Protección solar de la piel con extractos de frutas y vegetales.

## Anexo 1. Absorbancias promedio de mezclas de extractos biológicos

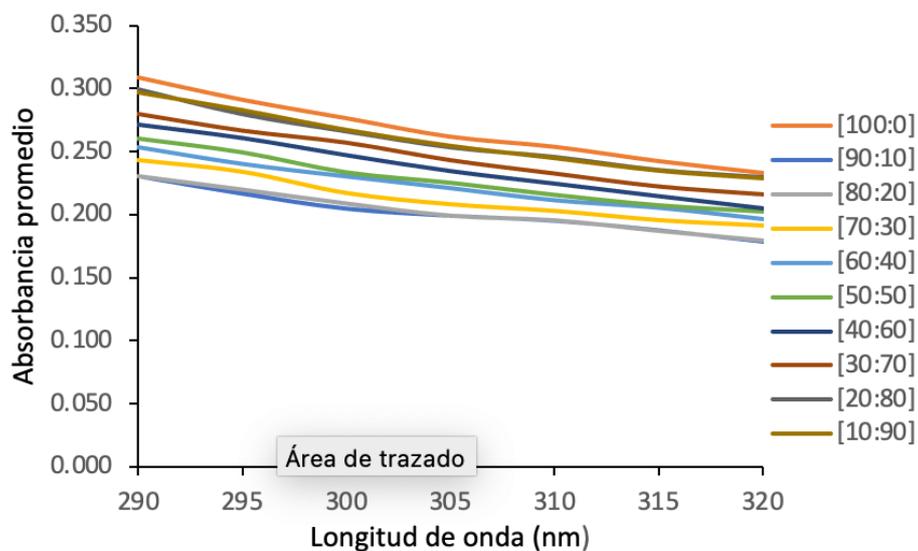


Figura 7. Absorbancias promedio de las mezclas sábila-chía

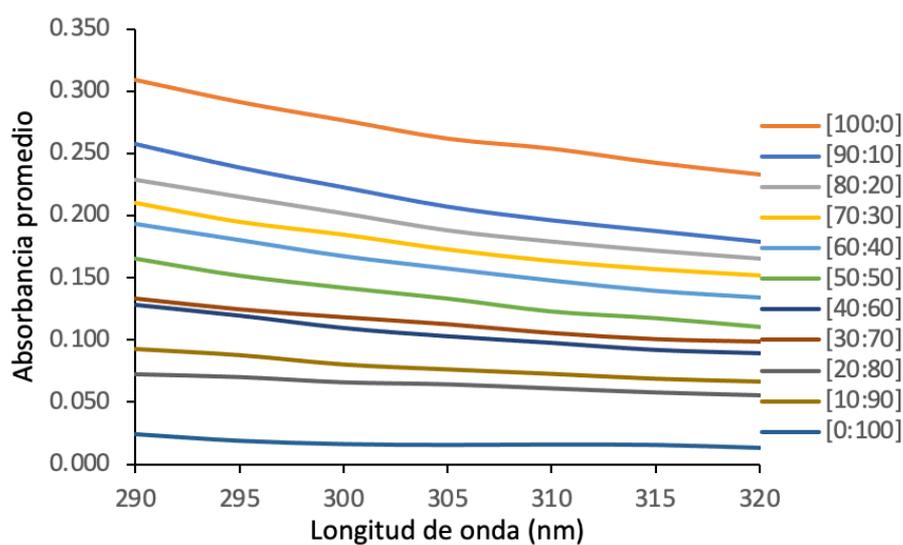


Figura 8. Absorbancias promedio de las mezclas sábila-arándano

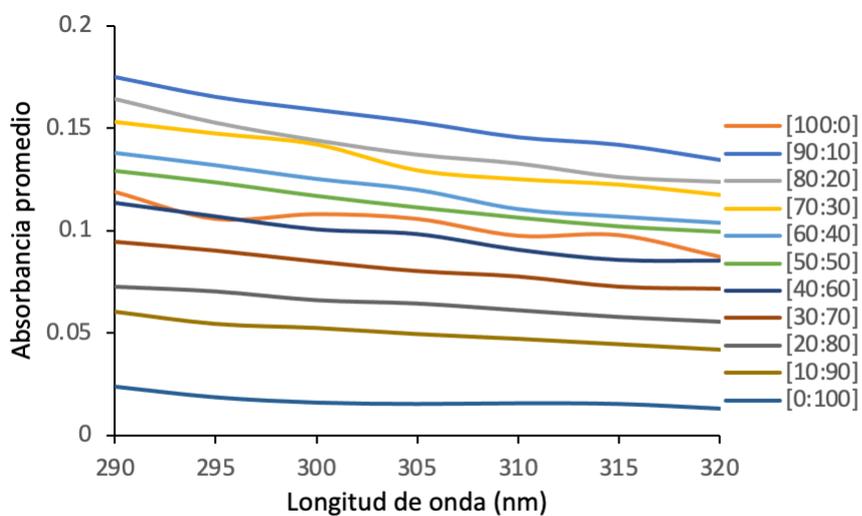


Figura 9. Absorbancias promedio de las mezclas chía-arándano

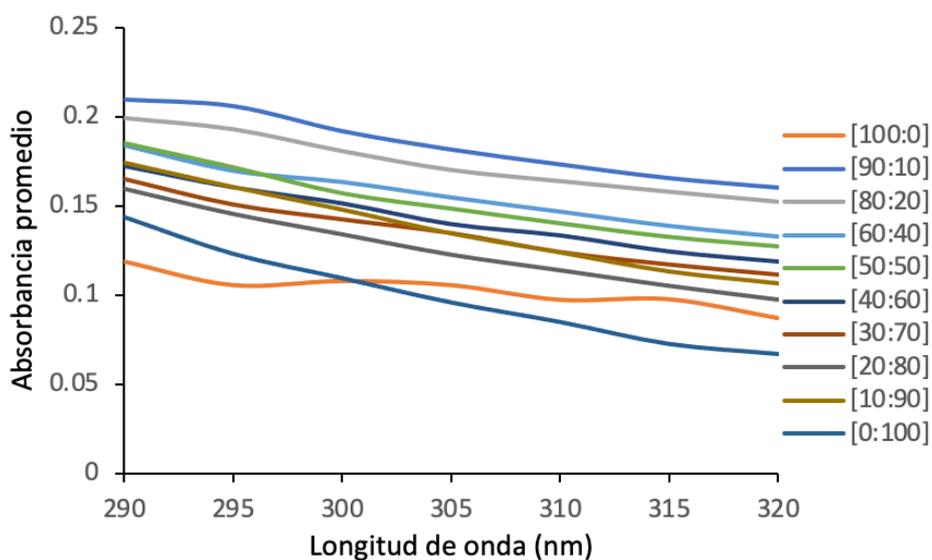


Figura 10. Absorbancias promedio de las mezclas chía-fresa

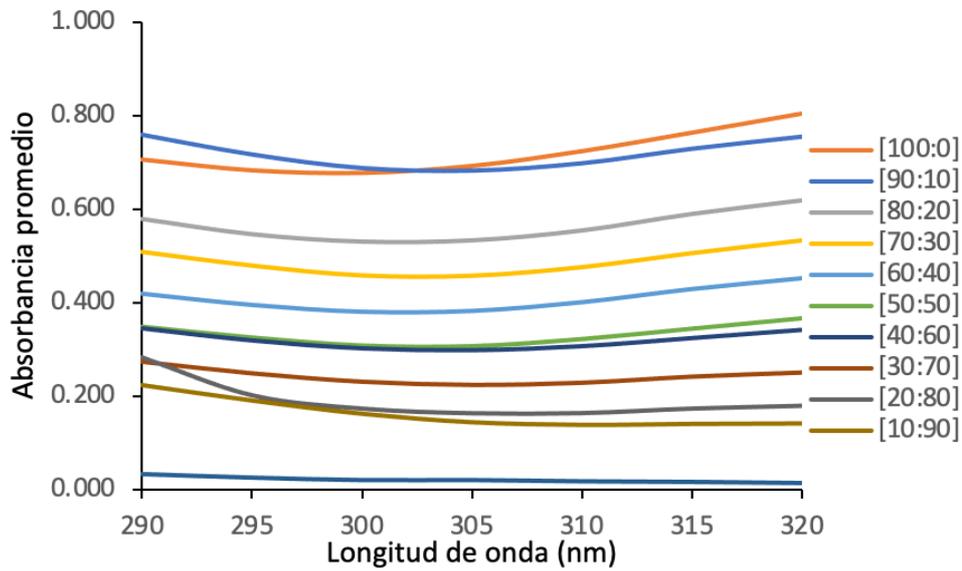


Figura 11. Absorbancias promedio de las mezclas espinaca-fresa

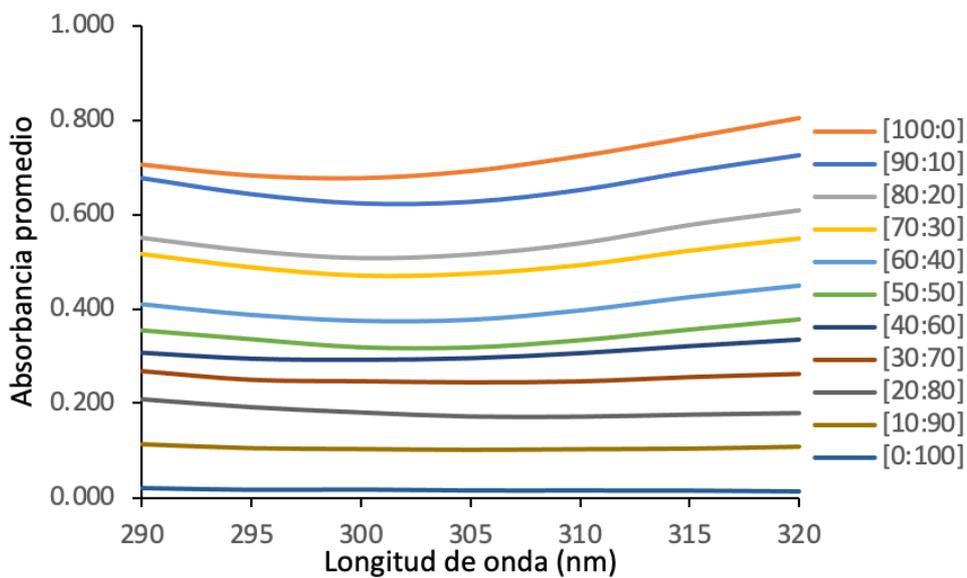


Figura 12. Absorbancias promedio de las mezclas espinaca-arándano