

Formulación de una emulsión cosmética fotoprotectora usando extractos de la cianobacteria *Nostoc sphaericum*

Carla Del Carpio Jiménez^{1a*}, Karina Cardena Unda^{2b}, Roger Giancarlo Gutierrez Chavez^{1,2c},
Paul Cristhian Duran Arancibia^{2d}, Yosely Milagros Cusiyunca Phoco^{3e}

¹Laboratorio de Tecnología Farmacéutica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Av. La Cultura 733, Cusco, Perú, CP 08001

²Departamento Académico de Farmacia, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Av. La Cultura 733, Cusco, Perú, CP 08001

³Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Av. La Cultura 733, Cusco, Perú, CP 08001

^aCorreo electrónico: delcarpiojc_daqf@unsaac.edu.pe, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7487-354X>. *Autora para correspondencia

^bCorreo electrónico: karina.cardena@unsaac.edu.pe, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5666-8454>

^c Correo electrónico: roger.gutierrezch@unsaac.edu.pe, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1672-9117>

^dCorreo electrónico: paul.duran@unsaac.edu.pe, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3129-4446>

^eCorreo electrónico: 183312@unsaac.edu.pe, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0994-8888>

Recibido: 22 de marzo de 2024

Revisado: 25 de abril de 2024

Aceptado: 2 de mayo de 2024

RESUMEN

Introducción: Las cianobacterias son uno de los pocos grupos de organismos que han desarrollado una amplia gama de adaptaciones evolutivas que garantizan mecanismos de fotoprotección. Entre ellas, la síntesis de metabolitos secundarios específicos que funcionan como filtros solares y antioxidantes. En la zona altoandina, específicamente en los cuerpos de agua, se observan colonias de cianobacterias de consistencia gelatinosa de forma esférica, de color verde azulado, una de ellas es el *Nostoc sphaericum*, cuya adaptación a las condiciones extremas ha permitido la biosíntesis de sustancias con potencial actividad fotoprotectora. **Objetivo:** El principal objetivo de la presente investigación fue formular una emulsión cosmética

fotoprotectora usando los extractos de *N. sphaericum*. **Metodología:** Las muestras de *N. sphaericum* se secaron por liofilización. Se realizó la extracción usando diferentes solventes por maceración. Se realizó un estudio de preformulación para elegir la emulsión más estable y con mejor compatibilidad con el extracto y la actividad fotoprotectora se midió a través del método espectrofotométrico de Mansur para establecer el FPS. **Resultados:** El solvente con mayor porcentaje de extracción fue el etanol de 70°, logrando 2,6 %. La formulación base de polawax presentó mejor estabilidad y compatibilidad con el extracto etanólico de 70° a las concentraciones de 1,25 %, 2,5 % y 5 %, cumpliendo con mantener sus características organolépticas y fisicoquímicas por un periodo de 7 días. El FPS calculado para las emulsiones fueron 0,572; 0,651 y 1,096 respectivamente. **Conclusiones:** Las emulsiones cosméticas fotoprotectoras formuladas presentan FPS dependientes de la concentración y similares a las de otras especies de cianobacterias previamente estudiadas.

Palabras clave: Cianobacteria, radiación solar, concentración, fotoprotección

SUMMARY

Formulation of a photoprotective cosmetic emulsion using extracts from the cyanobacteria *Nostoc sphaericum*

Introduction: Cyanobacteria are among the few organisms for which many evolutionary adaptations for photoprotection have evolved. Among them is synthesizing specific secondary metabolites that function as sunscreens and antioxidants. In our high Andean zone, specifically in bodies of water, it is widespread to observe colonies of gelatinous consistency of spherical or lobular shape, of bluish-green color; these are cyanobacteria type algae, one of them is *Nostoc sphaericum*, whose adaptation to the extreme conditions has allowed the biosynthesis of substances with potential photoprotective activity. **Objective:** The main aim of the present investigation was to formulate a photoprotective cosmetic emulsion using *N. sphaericum* extracts. **Materials and methods:** Samples of *N. sphaericum* were dried by lyophilization. Extraction was performed using different solvents by maceration. A preformulation study was carried out to choose the most stable emulsion with the best compatibility with the extract. Mansur's spectrophotometric method measured the photoprotective activity to establish the SPF. **Results:** The solvent with the highest extraction percentage was ethanol 70°, achieving 2.6 %. The polawax formulation was the one that presented the best stability and compatibility with the 70° ethanolic extract at concentrations of 1.25 %, 2.5 %, and 5 %, maintaining its organoleptic and physico-

chemical characteristics for 7 days. The SPF calculated for the emulsions were 0.572, 0.651, and 1.096 at 1.25 %, 2.5 %, and 5 %, respectively. **Conclusions:** Photoprotective cosmetic emulsions were formulated using the 70° ethanolic extract of *N. sphaericum* with concentration-dependent SPFs similar to those of other species of cyanobacteria previously studied.

Keywords: Cyanobacteria, Solar Radiation, Concentration, Photoprotection

RESUMO

Formulação de emulsão cosmética fotoprotetora a partir de extratos da cianobactéria *Nostoc sphaericum*

Introdução: As cianobactérias são um dos poucos grupos de organismos que desenvolveram uma ampla gama de adaptações evolutivas que garantem mecanismos de fotoproteção. Entre eles, a síntese de metabólitos secundários específicos que funcionam como filtros solares e antioxidantes. Na região alta andina, especificamente em corpos d'água, observam-se colônias de cianobactérias de consistência gelatinosa e formato esférico, de cor azul esverdeada. Uma delas é *Nostoc sphaericum*, cuja adaptação a condições extremas permitiu a biossíntese de substâncias com potencial atividade fotoprotetora. **Objetivo:** O objetivo principal da presente pesquisa foi formular uma emulsão cosmética fotoprotetora utilizando extratos de *N. sphaericum*. **Metodologia:** Amostras de *N. sphaericum* foram secas por liofilização. A extração foi realizada com diferentes solventes por maceração. Foi realizado um estudo de pré-formulação para escolher a emulsão mais estável e com melhor compatibilidade com o extrato e a atividade fotoprotetora foi medida através do método espectrofotométrico de Mansur para estabelecer o FPS. **Resultados:** O solvente com maior percentual de extração foi o etanol 70°, atingindo 2,6%. A formulação base de polawax apresentou melhor estabilidade e compatibilidade com o extrato etanólico 70° nas concentrações de 1,25%, 2,5% e 5%, mantendo suas características organolépticas e físico-químicas por um período de 7 dias. O FPS calculado para as emulsões foi de 0,572; 0,651 e 1,096 respectivamente. **Conclusões:** As emulsões cosméticas fotoprotetoras formuladas apresentam FPS dependentes de concentração semelhantes aos de outras espécies de cianobactérias previamente estudadas.

Palavras-chave: Cianobactérias, radiação solar, concentração, fotoproteção

INTRODUCCIÓN

Las cianobacterias son procariotas Gram negativas fotosintéticas, consideradas una de las formas de vida autótrofa más antiguas del planeta. Se utilizan tradicionalmente en distintas partes del mundo y recientemente han ganado interés científico por su capacidad de producir compuestos con actividad antioxidante [1-3]. Se trata de una variedad de algas macroscópicas de color verde azul, que forma parte del género *Nostoc*, se encuentran en lagos y lagunas de las zonas andinas a una altitud de alrededor de 3 000 metros sobre el nivel del mar [4].

Las colonias de cianobacterias verde azuladas, verde oliva o marrón forman el nostoc. El contenido de clorofila las hace verdes, mientras que el azul proviene de un pigmento llamado Ficocianina, que está relacionado con la fotosíntesis [5]. Las cianobacterias presentan características fotosintéticas similares a las de las algas eucariotas y las plantas superiores, a pesar de tener una organización estructural y bioquímica que se asemeja a las bacterias gramnegativas [6]. Estas características peculiares de las cianobacterias, de presentar complejos sistemas fotosintéticos, sistemas de adaptación y defensa, permite la producción de metabolitos importantes, como flavonoides, pigmentos (b-caroteno, c-ficoestrina, ficobiliproteínas), fenoles, saponinas, esteroides, taninos, terpenos y vitaminas [7, 8].

En los numerosos depósitos de lagunas, arroyos, manantiales y en diversos ambientes acuáticos de los Andes, es muy común observar colonias de consistencia gelatinosa de forma esférica o lobular, de color verde azulado, se trata de algas del tipo *Nostoc sphaericum*, comúnmente llamadas murmunta, cushuro, llullucha, crespito, nostoc, yurupa, uva de río y cochayuyo [9, 10]. El primer informe botánico sobre estas algas fue en 1892 por Nils Gustaf Lagerheim, quien las descubrió en Bolivia, Perú y Ecuador. Se utiliza en la alimentación tradicional en guisos y ensaladas o se consume directamente [4] debido a su alto contenido en fibra, aminoácidos, proteínas, vitaminas e hidratos de carbono [11, 12].

La cianobacteria *Nostoc sphaericum* es considerada como un suplemento nutricional económico, además es una fuente valiosa para el desarrollo de alimentos y medicamentos [13].

La radiación solar es uno de los factores ambientales que más contribuyen al envejecimiento de la piel y a la carcinogénesis y aunque actualmente el mercado ofrece protectores solares que contienen filtros UV inorgánicos y orgánicos, que absorben considerable radiación UV, sin embargo, presentan toxicidad, se pueden absorber sistémicamente, tienen un alto potencial alergénico, carcinogénico y otros efectos secun-

darios específicos como la inhibición de la biosíntesis de la vitamina D [14]. Uno de los filtros solares más fotoalergénicos es el filtro UVB PABA, que ha atraído la atención de la comunidad científica, porque parece ser cancerígeno in vitro a través de la fotosensibilización de los dímeros de timidina [15, 16]. Por este motivo, se suele sustituir por el padimato-O, que es más seguro, pero menos eficaz, y que no está exento de controversia [17]. Otros compuestos capaces de provocar fotoalergias incluyen las benzofenonas, de las cuales la oxibenzona tiene absorción sistémica y también afecta los niveles de hormonas reproductivas endógenas [18, 19]. Entre los filtros UVA, la avobenzona también puede causar fotoalergia [20]. Los filtros reflectantes inorgánicos ZnO y TiO₂ absorben considerablemente la radiación UV, pero también producen radicales altamente oxidantes y generan efectos adversos, pero al tener un efecto blanco sobre la piel, son poco atractivos para los consumidores, por lo que los fabricantes, para mejorar su potencial estético, utilizan nanopartículas microfinas de estos óxidos (<100 nm), que son transparentes en la piel, sin embargo, con este tamaño de partícula pierden eficacia y pueden ser absorbidas por los tejidos del huésped generando serias reacciones adversas [21].

Dados los problemas asociados a los protectores solares, es importante desde el punto de vista médico y medioambiental identificar un protector solar con alta eficacia, fotoestabilidad, baja toxicidad y respetuoso con el medio ambiente. Por tanto, es necesario investigar posibles formulaciones cosméticas que contengan activos naturales como los que están presentes en los extractos de *Nostoc sphaericum* de las lagunas altoandinas de la región Cusco.

Los extractos de las cianobacterias son una nueva opción para utilizarlos como fotoprotectores naturales ampliando la variedad de protectores solares. Se ha demostrado en investigaciones previas que, los extractos obtenidos de ciertas cianobacterias pueden contener componentes que absorben la luz UV de forma eficaz [22].

Considerando dicha problemática y el interés de la industria cosmética en la búsqueda de nuevas opciones naturales para el cuidado de la piel y protección frente a los daños ocasionados por la radiación solar, que presenten menos efectos adversos, es importante desarrollar el presente estudio, cuyo objetivo es elaborar una emulsión cosmética fotoprotectora a base de los extractos de *Nostoc sphaericum*, así como determinar sus principales metabolitos y el factor de protección solar (SPF).

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de la muestra

La muestra se recolectó de la laguna de Uma cocha (-13.321880, -71.836754), en la localidad de Pisac (Figura 1), usando envases de plástico. Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Tecnología Farmacéutica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), y fueron colocadas en refrigeración hasta su liofilización.

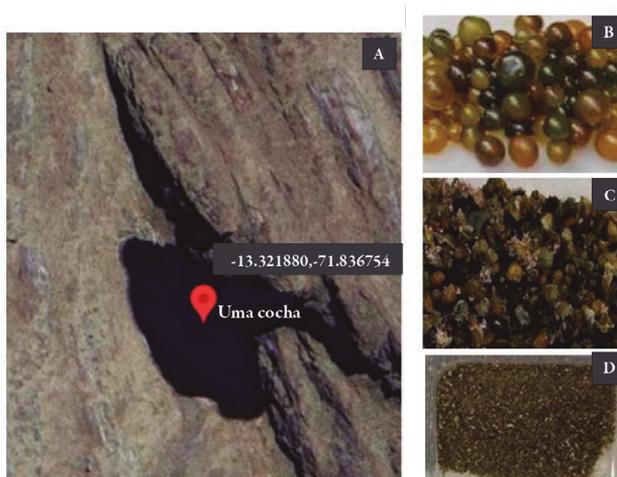


Figura 1. (a) Localización de la laguna Uma cocha (Pisac); (b) Muestra fresca de *N. sphaericum*; (c) Muestra liofilizada de *N. sphaericum*; (d) Muestra liofilizada molida de *N. sphaericum*

Identificación taxonómica

La muestra fue identificada en el Herbario Vargas Cuz por el Mgt. Alfredo Tupayachi usando claves dicotómicas, consulta de bibliografía especializada y comparación con muestras del herbario, correspondiendo a la especie *Nostoc sphaericum* Born ex Flah.

Liofilización

Las muestras previamente congeladas fueron liofilizadas usando el equipo Ilshin Bio-base (TFD5503, Benchtop Model Freeze Dryers). La temperatura estuvo entre -31 y -60 °C y el vacío final fue de 0,020 mBar.

Molienda de la muestra

La muestra liofilizada de *Nostoc sphaericum* fue molida usando un molino de granos, hasta obtener una muestra finamente pulverizada.

Extracción usando diferentes solventes

Se pesaron 4 porciones de 1 g de muestra pulverizada cada una y se colocaron en envases de vidrio color ámbar. Posteriormente se añadieron 30 mL del solvente de extracción a cada frasco (agua, etanol de 70°, etanol absoluto y metanol) hasta cubrir totalmente el pulverizado. Se dejó macerando protegido de la luz por 15 días, se filtró y se concentró en baño maría (30-35 °C). El porcentaje de extracción se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$\%EES = \left(\frac{Pf}{Pi} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Donde: %EES es el porcentaje de extracción del extracto seco; Pi es el peso inicial de la muestra pulverizada; y Pf es el peso final del extracto seco

Prueba de determinación de flavonoides

Se realizó la prueba de Shinoda a cada uno de los extractos obtenidos a fin de determinar cuál de estos presentaba mayor cantidad de flavonoides, debido a que consideramos que estos son los metabolitos responsables del efecto fotoprotector. Se redisolviéron los extractos secos en etanol de 70° y se añadieron dos gotas de HCl(c) y 0,5 g de Magnesio metálico [23]. La presencia de una coloración amarilla a rojo es indicativo de flavonas y flavonoles; los flavonoles desarrollan colores rojo a magenta, las flavanonas, chalconas y auronas no dan coloración [24, 25].

Formulación de la emulsión cosmética fotoprotectora

Se desarrolló un estudio de preformulación con diferentes bases cosméticas, entre ellas Beeler, Cold cream, Lanette y Polawax. La incorporación del extracto etanólico de 70° de *Nostoc sphaericum* se realizó a las concentraciones de 1,25 %, 2,5 % y 5 % en cada una de las bases cosméticas. Estas pre-formulaciones fueron observadas durante 7 días bajo condiciones de temperatura ambiente y humedad de 45 %, durante todo el tiempo de observación estuvieron mantenidas herméticamente cerradas y protegidas de la luz. La elección de la emulsión cosmética final se realizó en base a la homogeneidad, extensibilidad y compatibilidad de la base con el extracto a las diferentes concentraciones. A la emulsión elegida se la sometió a pruebas de estabilidad organoléptica y fisicoquímica. Habiéndose evaluado consistencia, color, aspecto y olor como parámetros organolépticos y pH, separación de fases (centrifugación), textura y distribución y tamaño de los glóbulos de la fase interna de la emulsión como parámetros fisicoquímicos.

Determinación de la actividad fotoprotectora *in vitro*

La actividad fotoprotectora de las emulsiones formuladas con el extracto etanólico 70° de *Nostoc sphaericum* fue evaluada de acuerdo con el método de Mansur *et al.* [26] y adaptado por Gutiérrez *et al.* [27].

Se disolvieron 5 mg de cada emulsión (1,25 %; 2,5 % y 5 %) en etanol absoluto, aforando a 25 mL, para obtener soluciones de 0,2 mg/mL; se llevó a sonicar por 5 minutos y se filtraron usando un filtro de 0,22 μm descartándose los 10 primeros mililitros. Se leyeron las absorbancias de cada una de las soluciones en el espectrofotómetro UV-Vis a $\lambda = 290$; 295; 300; 305; 310; 315 y 320 nm. Para el fotoprotector patrón (ENX FPS 50), se realizó un paso adicional con el fin de obtener lecturas por debajo de 1 nm, y sean confiables de acuerdo con lo recomendado por Gutiérrez *et al.* [27], se hizo una nueva dilución tomando 0,1 mL de la solución de 0,2 mg/mL y aforando hasta 10 mL con etanol. Con esta disolución se realiza las lecturas espectrofotométricas, siendo 100 el factor de dilución en este caso. Para calcular el FPS se usó la siguiente fórmula:

$$\text{FPS espectrofotométrico} = \text{FC} \cdot \sum_{290}^{320} \text{EE}(\lambda) \cdot \text{I}(\lambda) \cdot \text{Abs}(\lambda) \quad (2)$$

Donde, FPS es el factor de protección solar; FC es 10 (factor de corrección); $\text{EE}(\lambda)$ es el efecto eritemogénico de la radiación de longitud de onda λ ; $\text{I}(\lambda)$ es la intensidad del sol en la longitud de onda λ ; y $\text{Abs}(\lambda)$ es la absorbancia de la solución en la longitud de onda λ .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Extracción usando diferentes solventes

La Tabla 1 muestra el porcentaje de extracción obtenido para cada uno de los solventes usados.

Tabla 1. Porcentaje de extracción con diferentes solventes

Solvente	% de extracción
Agua	N. D
Etanol absoluto	1,4 ^a
Etanol 70°	2,6 ^b
Metanol	1,9 ^a

N.D.: No determinado; Diferentes letras significa que existen diferencias significativas ($p < 0,05$, según la prueba deTukey)

El mayor porcentaje de extracción fue obtenido con etanol de 70°, habiendo diferencias significativas con los porcentajes de extracción de los otros solventes.

De acuerdo con Ignat *et al.* [28], el tipo de solvente y el método de extracción son factores que afectan el porcentaje de extracción especialmente de compuestos fenólicos, dentro de ellos los flavonoides, esto último concuerda con lo obtenido en el presente estudio, porque se determinó que el extracto obtenido con etanol de 70° presentó mayor presencia de flavonoides (flavonas y flavonoles, por el color desarrollado), en comparación con los otros solventes. En ese sentido, la polaridad del solvente es considerada de suma importancia por otros autores quienes plantean que los solventes más polares suelen arrastrar más metabolitos secundarios que los solventes apolares [29].

Los flavonoides suelen ser extraídos en mayor cuantía con solventes hidroalcohólicos a diferencia de los acuosos. Esto debido a que la extracción de flavonoides con la mezcla etanol-agua es beneficiosa, porque el agua provoca la hidratación de la muestra, permitiendo que el etanol debilite con más facilidad el enlace entre el soluto y la matriz vegetal. En ese sentido, los solventes hidroalcohólicos aumentan la permeabilidad de la pared celular y facilitan la extracción de flavonoides de baja, mediana y elevada polaridad [30].

Como se muestra en la Tabla 2, a través de una marcha fitoquímica del extracto obtenido con etanol de 70° se pudo determinar la presencia de metabolitos secundarios como glicósidos fenólicos, flavonoides, quinonas y lactonas sesquiterpénicas en abundante cantidad, en tanto que alcaloides, saponinas y taninos se detectaron de forma poco abundante.

Tabla 2. Metabolitos secundarios identificados en el extracto etanólico de 70° de *Nostoc sphaericum*

Metabolitos Secundarios	Reactivo	Resultado
Glicósidos Fenólicos	FeCl ₃	++
Flavonoides	Shinoda	++
	Vapores de NH ₃ + luz UV	++
Taninos	FeCl ₃ 1%	+
Quinonas	Bornträger	++
Alcaloides	Dragendorff	+
	Wagner	+
Lactonas Sesquiterpénicas	Baljet	++
Esteroides	Liebermann-Burchard	-
Saponinas	Prueba de espuma	+

Leyenda: Muy abundante +++; abundante ++; poco abundante +; negativo (-)

En el trabajo desarrollado por Sánchez-Sebastián [31] se reportó la presencia de Triterpenos y esteroides, Compuestos fenólicos y flavonoides en el extracto etanólico de *Nostoc commune*, una especie relacionada a la nuestra.

Asimismo, en el estudio realizado por Baldotano-Torres [32], se pudo verificar la presencia de alcaloides, saponinas, flavonoides y compuestos fenólicos, resultados muy parecidos a los nuestros.

En el trabajo desarrollado por Chuquilín-Goicochea y Rosales-Laguna [33], se reportó la presencia de saponinas, azúcares reductores y aminoácidos en el extracto acuoso de *Nostoc sphaericum* Vaucher.

El medio ambiente en el cual se desarrollan las especies vegetales es crucial para la biosíntesis de metabolitos secundarios, así como la etapa de desarrollo y los factores del lugar donde se desarrollan, todas estas condiciones repercuten directamente en la producción de los metabolitos secundarios y permite explicar las diferencias encontradas en los distintos estudios sobre la presencia de metabolitos secundarios.

Formulación de la emulsión cosmética fotoprotectora

El proceso de pre-formulación sirvió para elegir a la emulsión base de Polawax como la emulsión que demostró compatibilidad entre sus componentes, en la Tabla 3, se muestra la composición de la emulsión:

Tabla 3. Fórmula cuali-cuantitativa de la emulsión cosmética fotoprotectora elegida

Componentes	INCI	Porcentaje	Función
Extracto de <i>Nostoc sphaericum</i>	-----	1,25 %, 2,5 % y 5 %	Activo
Polawax	Emulsifying Wax NF	10,0 %	Emulsionante
Alcohol cetosteárico	Cetostearyl alcohol	3,5 %	Tensoactivo no iónico Emulsionante
Propilenglicol	Propylene glycol	5,0 %	Humectante
EDTA Na ₂	Disodium EDTA	0,1 %	Agente quelante
Butil Hidroxi Tolueno	BHT	0,05 %	Antioxidante
Propilparabeno+Metilparabeno	Propylparaben+Methylparaben	0,5 %	Preservante
Agua purificada	Aqua	c.s.p 100 %	Vehículo

Las características finales de la emulsión fueron consistencia semisólida, aspecto homogéneo y olor característico a *Nostoc (sui generis)*, el color varió de acuerdo con el porcentaje del extracto añadido.

Características organolépticas

En la Tabla 4 se observan los resultados del análisis organoléptico realizado a las emulsiones elaboradas a base del extracto etanólico de 70° a concentraciones 1,25 %, 2,5 % y 5 %, el análisis se realizó al día 1 y 7.

Tabla 4. Características organolépticas de las emulsiones formuladas con el extracto etanólico 70°

	Características	1 día	7 días
Emulsión al 1,25 %	Consistencia	Semisólido	Semisólido
	Color	Verde claro	Verde claro
	Aspecto	Homogéneo	Homogéneo
	Olor	<i>Sui generis a Nostoc</i>	<i>Sui generis a Nostoc</i>
Emulsión al 2,5 %	Consistencia	Semisólido	Semisólido
	Color	Verde	Verde
	Aspecto	Homogéneo	Homogéneo
	Olor	<i>Sui generis a Nostoc</i>	<i>Sui generis a Nostoc</i>
Emulsión al 5 %	Consistencia	Semisólido	Semisólido
	Color	Verde oscuro	Verde oscuro
	Aspecto	Homogéneo	Homogéneo
	Olor	<i>Sui generis a Nostoc</i>	<i>Sui generis a Nostoc</i>

Como se aprecia en la Tabla 4, el color de la emulsión concuerda con el verde claro para la emulsión al 1,25 %. Para la emulsión al 2,5 % se tuvo un verde más acentuado. Para la emulsión al 5 % se tuvo un verde oscuro. Esta variación de color se puede apreciar en la Figura 2.

El aspecto de las emulsiones se estableció mediante observación visual directa, observando la ausencia de grumos, separación de fases o variaciones de color dentro de la emulsión. Se observó que todas las emulsiones mantuvieron un aspecto homogéneo desde el día 1 hasta el día 7.

En cuanto a la consistencia en todas las emulsiones se tuvo una consistencia semisólida sin separación de sus componentes, lo que demuestra la estabilidad de todas las emulsiones formuladas independientemente del porcentaje de extracto etanólico de 70° incorporado.

La evaluación del olor se realizó directamente con el olfato, todas las emulsiones exhibieron un agradable olor característico a Nostoc, aunque el olor percibido en la emulsión al 1,25 % fue más tenue que el de la emulsión al 5 %.

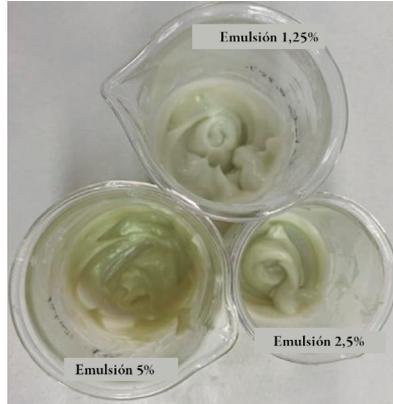


Figura 2. Color, aspecto homogéneo y consistencia semisólida de las emulsiones formuladas con diferentes porcentajes de extracto.

Características fisicoquímicas

En la Tabla 5 se muestran los resultados del análisis fisicoquímico realizado a las emulsiones elaboradas a base del extracto etanólico de 70° a las concentraciones de 1,25 %, 2,5 % y 5 %, el análisis se realizó al día 1 y 7.

Tabla 5. Características fisicoquímicas de las emulsiones formuladas con el extracto etanólico 70°

	Características	1 día	7 días
Emulsión al 0,25 %	pH	6,5	6,5
	Centrifugación	Sin separación ni sedimentación	Sin separación ni sedimentación
	Textura	Poco grasosa	Poco grasosa
	Distribución y tamaño de los glóbulos de la fase interna	Sin aglomeración ni coalescencia	Sin aglomeración ni coalescencia
Emulsión al 0,5 %	pH	6,5	6,5
	Centrifugación	Sin separación ni sedimentación	Sin separación ni sedimentación
	Textura	Poco grasosa	Poco grasosa
	Distribución y tamaño de los glóbulos de la fase interna	Sin aglomeración ni coalescencia	Sin aglomeración ni coalescencia

(Continúa)

Tabla 5. *Continuación.*

	Características	1 día	7 días
Emulsión al 1 %	pH	6,5	6,5
	Centrifugación	Sin separación ni sedimentación	Sin separación ni sedimentación
	Textura	Poco grasosa	Poco grasosa
	Distribución y tamaño de los glóbulos de la fase interna	Sin aglomeración ni coalescencia	Sin aglomeración ni coalescencia

El pH determinado para todas las emulsiones evaluadas estuvo en 6,5 tanto en el día 1 como en el día 7, lo que sugiere que no ha habido ningún cambio que afecte el pH durante el período de evaluación, lo que podría sugerir una buena estabilidad de las emulsiones [34]. El pH de la piel es un factor importante que se debe tener en cuenta al formular emulsiones cosméticas, debido a que variaciones de éste podrían generar algunas infecciones, por lo que estas emulsiones deben presentar un pH ácido entre 5,5 y 6,5 para no comprometer las funciones de la piel. En nuestro caso, observamos que las emulsiones formuladas están en el rango recomendado.

La evaluación de la separación de fases a través de la centrifugación se fundamenta en la generación de una tensión sobre la muestra simulando un aumento de la movilidad de las partículas y prediciendo una posible inestabilidad [35]. En nuestra evaluación, las emulsiones con diferentes concentraciones del extracto etanólico de 70° de *N. sphaericum* no mostraron separación de fases, no se observó precipitaciones ni coalescencia (Figura 3).

La textura en todas las emulsiones se determinó como poco grasosa, debido a que la formulación corresponde a la de una emulsión de fase interna oleosa y fase externa acuosa, por lo que no presenta capacidad oclusiva, pero si es evanescente.

La observación microscópica permitió verificar la homogénea distribución de las gotículas de aceite dispersadas en la fase acuosa, asimismo se observó el tamaño homogéneo de las gotículas y la ausencia de aglomeración de las gotículas, lo que demuestra la estabilidad de las emulsiones, pues no se evidenció fenómenos de coalescencia (Figura 3).

De acuerdo con Florence y Whitehill [36], el aumento o disminución del tamaño de los glóbulos indica un proceso de inestabilidad, por lo que en nuestra investigación tomamos en cuenta la ausencia de gotículas de aceite fusionadas entre sí, así como la ausencia de gotículas rotas.

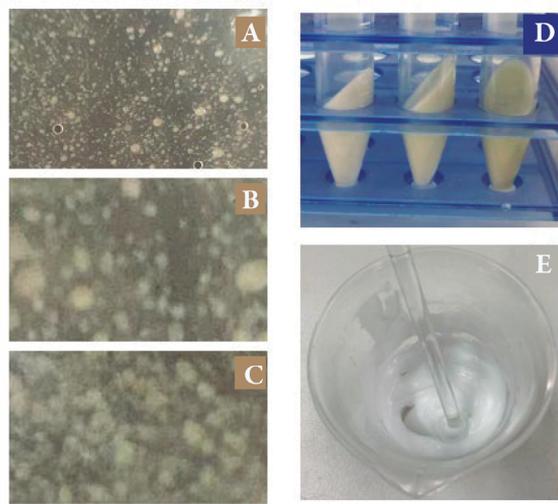


Figura 3. Resultados del análisis fisicoquímico: Observación microscópica (a) Emulsión al 1,25 %; (b) Emulsión al 2,5 %; (c) Emulsión al 5 %; (d) Centrifugación sin separación de fases; (e) Emulsión base homogénea.

Actividad fotoprotectora de las emulsiones

En la Tabla 6 se observa el cálculo del FPS de las emulsiones formuladas con el extracto etanólico de 70° a las concentraciones de 1,25 %; 2,5 % y 5 % y del fotoprotector patrón (ENX) usando el método de De Souza-Mansur *et al.* [26]

Como se muestra en la Tabla 6, el FPS calculado para las emulsiones de *N. sphaericum* al 1,25 %; 2,5 % y 5 % fueron 0,572; 0,651; 1,096 respectivamente, existiendo una relación directa entre la concentración y el FPS calculado, es decir a mayor concentración mayor FPS. En tanto que para el fotoprotector patrón ENX se calculó un FPS de 48,892, el cual es muy cercano al FPS 50 declarado.

Vega *et al.* [22] formularon una emulsión aceite-agua con el extracto hidroalcohólico de la cianobacteria *Scytonema sp.* (25 % p/p), y el FPS calculado fue 1,9.

En el estudio realizado por Bowange *et al.* [37] se determinó el FPS de los extractos etanólicos de varias especies de cianobacterias, entre ellas *Limnothrix sp.*; *Geitlerinema sp.* y *Synechocystis sp.* con un rango de SPF entre 0,17 y 0,24, todos los cuales mostraron un SPF medio comparativamente muy bajo; *Calothrix sp.* con 1,23 y *Oscillatoriales* con 1,57, ambos comparativamente más altos, pero sin diferencias significativas entre ellos. Según estos autores, estos resultados sugieren que estas cianobacterias podrían ser más eficaces que muchos otros extractos de plantas.

Tabla 6. Cálculo del FPS de las emulsiones formuladas con con el extracto etanólico de 70° a las concentraciones de 1,25 %; 2,5 % y 5 % y del fotoprotector patrón (ENX)

nm	EExl	Absorbancias				EExl *ABS			
		1,25 %	2,5 %	5 %	ENX	1,25 %	2,5 %	5 %	ENX
290	0,0150	0,159	0,173	0,227	0,393	0,002	0,003	0,003	0,006
295	0,0817	0,141	0,146	0,218	0,465	0,012	0,012	0,018	0,038
300	0,2874	0,042	0,048	0,087	0,427	0,012	0,014	0,025	0,123
305	0,3278	0,045	0,053	0,094	0,626	0,015	0,017	0,031	0,205
310	0,1864	0,049	0,057	0,097	0,330	0,009	0,011	0,018	0,062
315	0,0839	0,052	0,062	0,099	0,470	0,004	0,005	0,008	0,039
320	0,0180	0,163	0,200	0,341	0,898	0,003	0,004	0,006	0,016
					SUMA	0,057	0,065	0,110	0,489
					x 10	0,572^a	0,651^a	1,096^b	
					x100				48,892^c

Diferentes letras significan que existen diferencias significativas ($p < 0,05$, según la prueba de Tukey)

Hossain *et al.* [38] calcularon un valor de FPS de $2,37 \pm 0,755$ para la cianobacteria *Cephalothrix komarekiana*. Asimismo, en el estudio realizado por Favas *et al.* [39] se reportaron diferentes valores de FPS dependiendo del tipo de extracto y la concentración para cuatro especies de cianobacterias, así para los extractos de acetona, el valor más prometedor (19,2) se encontró para *Leptolyngbya boryana*, para *Leptolyngbya cf. ectocarpi* (10,7), para *Cephalothrix lacustris* (7,79) y para *Nodosilinea nodulosa* (3,50) todos a la concentración de 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$. En tanto que para los extractos acuosos a la concentración de 1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ se reportaron FPS de 17.16 para *Leptolyngbya boryana*, 14,86 para *Cephalothrix lacustris*, 11,54 para *Leptolyngbya cf. ectocarpi* y 7,27 para *Nodosilinea nodulosa*.

Considerando los resultados mostrados, podemos concluir que el FPS determinado para muchas cianobacterias, incluyendo el calculado para la emulsión al 5% del extracto etanólico de 70° de *Nostoc sphaericum* en el presente trabajo de investigación, en comparación con los valores SPF obtenidos para extractos de frutas y vegetales muy utilizados como alimentos, entre ellos sandía ($0,97 \pm 0,41$), *Aloe vera* ($1,28 \pm 0,02$), zanahoria ($1,34 \pm 0,13$), pepino ($1,45 \pm 0,35$), fresa ($1,63 \pm 0,34$) y papaya ($1,75 \pm 0,26$), resultan siendo altos y promisorios [40].

Cabe resaltar que la presente investigación fue desarrollada con concentraciones bajas del extracto etanólico de *N. sphaericum* (1,25 %, 2,5 % y 5 %), en comparación con el desarrollado por Vega *et al.* [22], quienes elaboraron la emulsión con 25 % del extracto

hidroalcohólico de la cianobacteria *Scytonema sp.*, por lo que consideramos que a mayor concentración del extracto etanólico de 70° de *N. sphaericum* se podría tener un mayor FPS.

Aunque cada vez más empresas cosméticas incorporan bloqueadores solares a sus productos, continúa siendo complicado convencer a los consumidores de los beneficios de su uso diario para retrasar el envejecimiento prematuro de la piel. Si, por un lado, la aplicación diaria de bloqueadores solares es un hábito poco arraigado, por otro lado, existe cierto temor en el uso de sustancias sintéticas, debido a sus inoportunos riesgos asociados [41]. A raíz de esto, la investigación sobre fotoprotectores naturales ha aumentado considerablemente en los últimos años, su potencial biodegradabilidad y menor toxicidad, los hace más beneficiosos para el ser humano y el medio ambiente. En ese sentido, el estudio de los extractos derivados de las cianobacterias constituye una estrategia muy importante para encontrar potenciales moléculas fotoprotectoras.

CONCLUSIONES

N. sphaericum es una cianobacteria altoandina cuyo extracto etanólico de 70° presenta metabolitos secundarios como flavonoides y compuestos fenólicos que incorporados a una emulsión cosmética en porcentajes de 1,25 %; 2,5 % y 5 % ha demostrado tener un FPS dependiente de la concentración habiendo alcanzado valores de 0,572, 0,651 y 1,096 respectivamente y en comparación con los extractos de otras cianobacterias presenta una adecuada actividad fotoprotectora. Las características finales de las emulsiones mostraron consistencia semisólida, aspecto homogéneo y olor característico a *Nostoc (sui generis)*, el color varió de acuerdo con el porcentaje del extracto añadido. El pH determinado para todas las emulsiones evaluadas fue de 6,5. No hubo separación de fases, precipitaciones ni coalescencia, en tanto que, al microscopio se observó gotículas de tamaño homogéneo y ausencia de aglomeración. Sin embargo, teniendo en cuenta estudios previos en los cuales se han formulado emulsiones con porcentajes de extractos de cianobacterias por encima del 20 %, consideramos que se deben estudiar emulsiones con extractos de *N. sphaericum* con porcentajes más altos para evidenciar un mayor SPF. Asimismo, es esencial realizar estudios de eficacia y de seguridad para confirmar y consolidar las propiedades fotoprotectoras en los pacientes.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco por el apoyo económico a través de los fondos FEDU 2022-2023.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

REFERENCIAS

1. H.-B. Li, K.-W. Cheng, C.-C. Wong, K.-W. Fan, F. Chen, Y. Jiang, Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fractions of selected microalgae, *Food Chemistry*, **102**(3), 771-776 (2007). Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.022>
2. G. Pant, G. Kumar, L. Karthik, R.G. Prasuna, K.V. Bhaskara-Rao, Antioxidant activity of methanolic extract of blue green algae *Anabaena* sp. (Nostocaceae), *European Journal of Experimental Biology*, **1**(1), 156-62 (2011). URL: <https://www.primescholars.com/articles/antioxidant-activity-of-methanolic-extract-of-blue-green-algae-ianabaenai-sp-nostocaceae.pdf>
3. K. Goiris, K. Muylaert, I. Fraeye, I. Foubert, J. de Brabanter, L. de Cooman, Antioxidant potential of microalgae in relation to their phenolic and carotenoid content, *Journal of Applied Phycology*, **24**(6), 1477-1486 (2012). Doi: <https://doi.org/10.1007/s10811-012-9804-6>
4. E. Ponce, Nostoc: un alimento diferente y su presencia en la precordillera de Arica, *Idesia* (Arica), **32**(2), 119-121 (2014). Doi: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000200015>
5. S. Ramírez-Revilla, J. Medina-Pérez, J. Villanueva-Salas, Evaluación de la capacidad acumuladora de Cd (II), Pb (II) y Cr (VI) por colonias de *Nostoc commune* "Murmunta". *Revista de la Sociedad Química del Perú*, **84**(2), 239-246 (2018). Doi: <https://doi.org/10.37761/rsqp.v84i2.145>
6. Y. Ortega-Díaz, L. Gómez-Luna, Y. Silveira-Font, Y. Ortega-Díaz, L. Gómez-Luna, Y. Silveira-Font, Desarrollo y caracterización de un consorcio de cianobacterias aislado de suelo rizosférico de *Carica papaya*, *Tecnología Química*, **43**(2), 368-389 (2023). URL: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852023000200368
7. D. Gangl, J.A.Z. Zedler, P.D. Rajakumar, E.M. Ramos-Martinez, A. Riseley, A. Włodarczyk, S. Purton, Y. Sakuragi, C.J. Howe, P.E. Jensen, C. Robinson, Biotechnological exploitation of microalgae, *Journal of Experimental Botany*, **66**(22), 6975-6990 (2015). Doi: <https://doi.org/10.1093/jxb/erv426>

8. D.B. Stengel, S. Connan, Z.A. Popper, Algal chemodiversity and bioactivity: Sources of natural variability and implications for commercial application, *Biotechnology Advances*, **29**(5), 483-501 (2011). Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.05.016>
9. A. Corpus-Gomez, M. Alcantara-Callata, H. Celis-Teodoro, B. Echevarria-Alarcón, J. Paredes-Julca, L.M. Paucar-Menacho, Cushuro (*Nostoc sphaericum*): Hábitat, características fisicoquímicas, composición nutricional, formas de consumo y propiedades medicinales, *Agroindustrial Science*, **11**(2), 231-238 (2021). Doi: <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.02.13>
10. A. Torres-Maza, C. Yupanqui-Bacilio, V. Castro, E. Aguirre, E. Villanueva, G. Rodríguez, Comparison of the hydrocolloids *Nostoc Commune* and *Nostoc sphaericum*: Drying, spectroscopy, rheology and application in nectar, *Scientia Agropecuaria*, **11**(4), 583-589 (2020). Doi: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.14>
11. A. Fidor, R. Konkell, H. Mazur-Marzec, Bioactive peptides produced by cyanobacteria of the genus *Nostoc*: A review, *Marine Drugs*, **17**(10), 561 (2019). Doi: <https://doi.org/10.3390/md17100561>
12. M.A. Inocente-Camones, B. Jurado-Teixeira, E. Ramos-Llica, B. Alvarado-Chávez, C. Fuertes-Ruiton, L. Cárdenas-Montoya, B. Rivera-Castillo, Actividad hipoglucemiante *in vitro* de los polisacáridos digeridos de *Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet & Flahault (cushuro), *Horizonte Médico* (Lima), **19**(1), 26-31 (2019). Doi: <https://doi.org/10.24265/horizmed.2019.v19n1.05>
13. R.K. Singh, S.P. Tiwari, A.K. Rai, T.M. Mohapatra, Cyanobacteria: an emerging source for drug discovery, *The Journal of Antibiotics* (Tokyo), **64**(6), 401-412 (2011). Doi: <https://doi.org/10.1038/ja.2011.21>
14. M.E. Burnett, S.Q. Wang, Current sunscreen controversies: a critical review. *Photodermatology, Photoimmunology and Photomedicine*, **27**(2), 58-67 (2011). Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0781.2011.00557.x>
15. L. Henderson, J. Fedyk, C. Bourner, S. Windebank, S. Fletcher, W. Lovell, Photomutagenicity assays in bacteria: factors affecting assay design and assessment of photomutagenic potential of para-aminobenzoic acid, *Mutagenesis*, **9**(5), 459-465 (1994). Doi: <https://doi.org/10.1093/mutage/9.5.459>

16. F.P. Gasparro, M. Mitchnick, J.F. Nash, A review of sunscreen safety and efficacy, *Photochemistry and photobiology*, **68**(3), 243-256 (1998). Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.1998.tb09677.x>
17. J. Knowland, E.A. McKenzie, P.J. McHugh, N.A. Cridland, Sunlight-induced mutagenicity of a common sunscreen ingredient, *FEBS Letters*, **324**(3), 309-313 (1993). Doi: [https://doi.org/10.1016/0014-5793\(93\)80141-g](https://doi.org/10.1016/0014-5793(93)80141-g)
18. N.R. Janjua, B. Mogensen, A.M. Andersson, J.H. Petersen, M. Henriksen, N.E. Skakkebak, H.C. Wulf, Systemic absorption of the sunscreen's benzophenone-3, octyl-methoxycinnamate, and 3-(4-methyl-benzylidene) camphor after whole-body topical application and reproductive hormone levels in humans, *Journal of Investigative Dermatology*, **123**(1), 57-61 (2004). Doi: <https://doi.org/10.1111/j.0022-202x.2004.22725.x>
19. C. Antoniou, M.G. Kosmadaki, A.J. Stratigos, A.D. Katsambas, Sunscreens – what's important to know, *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, **22**(9), 1110-1119 (2008). Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.2007.02580.x>
20. S. Simeoni, S. Scalia, H.A.E. Benson, Influence of cyclodextrins on in vitro human skin absorption of the sunscreen butyl-methoxydibenzoylmethane, *International Journal of Pharmaceutics*, **280**(1-2), 163-171 (2004). Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2004.05.021>
21. T. Soule, F. Garcia-Pichel, Ultraviolet photoprotective compounds from cyanobacteria in biomedical applications, en: N.K. Sharma, A.K. Rai, L.J. Stal (editors), *Cyanobacteria: an economic perspective*, John Wiley & Sons, Ltd., 2014, pp. 119-143. Doi: <https://doi.org/10.1002/9781118402238.ch8>
22. J. Vega, J. Bonomi-Barufi, J.L. Gómez-Pinchetti, F.L. Figueroa, Cyanobacteria and red macroalgae as potential sources of antioxidants and UV radiation-absorbing compounds for cosmeceutical applications, *Marine Drugs*, **18**(12), 659 (2020). Doi: <https://doi.org/10.3390/md18120659>
23. S. Bhagat, M. Rathore, S. Kachhwaha, H.K. Sharma, Phytochemical screening, determination of total phenol content, total flavonoid content and quantitative estimation of rutin and quercetin using RP-HPLC in the fruits of *Capparis decidua* (Forsk.) Edgew, *Indian Journal of Pure and Applied Biosciences*, **9**(2), 254-261. Doi: <https://doi.org/10.18782/2582-2845.8666>

24. J.B. Harborne, *Phytochemical Methods*, Chapman and Hall Ltd., London, 1973, pp. 49-188.
25. K.R. Markham, *Techniques of Flavonoid Identification*, Academic Press, London, 1982, pp. 113-120.
26. J. De Souza-Mansur, M.N. Rodrigues-Breder, M.C. D' Ascensão-Mansur, R.D. Azulay, Determinação do fator de proteção solar por espectrofotometria, *Anais Brasileiros de Dermatologia*, **61**(3), 121-124 (1986). URL: <http://www.anaisdedermatologia.com.br/detalhe-artigo/421/Determinacao-do-fator-de-protecao-solar-por-espectrofotometria>
27. L.G. Gutiérrez-Mesías, A.M. Romero-Qwisgaard, G.P. Chávez-Untiveros, L.A. Palomino-Kobayashi, L.E. Moromisato-Shimabukuro, A.A. Kitazono-Sugahara, Comparison of the photoprotective effects of sunscreens using spectrophotometric measurements or the survivability of yeast cells exposed to UV radiation, *Revista de la Sociedad Química del Perú*, **83**(3), 294-307 (2017). Doi: <https://doi.org/10.37761/rsqp.v83i3.113>
28. I. Ignat, I. Volf, V.I. Popa, Analytical methods of phenolic compounds, en: K. Ramawat, J.M. Mérillon (editores), *Natural Products*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2013, pp. 2061-2092. Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-22144-6_56
29. J.R.S. Oliveira, A.P. Sant'Anna-Silva, B. Santana dos Santos, V.L. Menezes-Lima, Avaliação de diferentes extratos da casca de *Annona squamosa* para potencial analgésico, *Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia*, **10**(2), 1456-1462 (2022). Doi: <https://doi.org/10.16891/2317-434x.v10.e2.a2022.pp1456-1462>
30. S. Şahin, R. Şanlı, Optimization of olive leaf extract obtained by ultrasound-assisted extraction with response surface methodology, *Ultrasonics Sonochemistry*, **20**(1), 595-602 (2013). Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2012.07.029>
31. L.A. Sánchez-Sebastián, *Evaluación fitoquímica y capacidad antioxidante in vitro del extracto etanólico de Nostoc commune (Cushuro)*, tesis de grado, Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú, 2018, pp.18-20. URL: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25533>

32. C.C. Baldotano-Torres, *Evaluación de una crema dermocosmética con potencial actividad antioxidante y efecto humectante a base del extracto de Nostoc sphaericum "cushuro"*, tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, 2018, pp. 24-27. URL: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7750>
33. R.C. Chuquilín-Goicochea, D.D. Rosales-Laguna, Estudio de la biosorción de Cd (II) Y Pb (II) usando como adsorbente *Nostoc sphaericum* Vaucher, *Revista de la Sociedad Química del Perú*, **82**(1), 49-60 (2016). Doi: <https://doi.org/10.37761/rsqp.v82i1.51>
34. L.M. Palencia-Juarez, *Estandarización del pH en la manufactura de formulaciones de emulsiones cosméticas con hidróxido de sodio*, tesis de grado, Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2008, pp. 24-26. URL: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1089_Q.pdf
35. J.P. Díaz-Castillo, H.P. Mier-Giraldo, *Recomendaciones para el desarrollo de estudios de estabilidad de productos cosméticos*, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial - ONUDI, SAFE + Calidad para Cosméticos, Bogotá, 2018, pp. 47-48.
36. A.T. Florence, D. Whitehill, The formulation and stability of multiple emulsions, *International Journal of Pharmaceutics*, **11**(4), 277-308 (1982). Doi: [https://doi.org/10.1016/0378-5173\(82\)90080-1](https://doi.org/10.1016/0378-5173(82)90080-1)
37. T.K. Bowange, M.F. Hossain, K.A. Wijsekera, K.L. Wasantha-Kumara, R.R. Ratnayake, Investigation of the value-added potential of some selected freshwater cyanobacteria, *Kuwait Journal of Science*, **50**(1A), 1-21 (2022). Doi: <https://doi.org/10.48129/kjs.15295>
38. M.F. Hossain, R.W.T.M.R.T.K. Bowange, K.L.W. Kumara, D.N. Magana-Arachchi, R.R. Ratnayake, First record of cyanobacteria species: *Cephalothrix komarekiana* from tropical Asia, *Environmental Engineering Research*, **26**(2), 200040 (2021). Doi: <https://doi.org/10.4491/eer.2020.040>
39. R. Favas, J. Morone, R. Martins, V. Vasconcelos, G. Lopes, Cyanobacteria secondary metabolites as biotechnological ingredients in natural anti-aging cosmetics: Potential to overcome hyperpigmentation, loss of skin density and UV radiation-deleterious effects, *Marine Drugs*, **20**(3), 183 (2022). Doi: <https://doi.org/10.3390/md20030183>

40. C. Malsawmtluangi, D.K. Nath, I. Jamatia, E. Zarzoliana, L. Pachuau, Determination of Sun Protection Factor (SPF) number of some aqueous herbal extracts, *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, **3**(9), 150-151 (2013). Doi: <https://doi.org/10.7324/japs.2013.3925>
41. L. Baumann, Skin ageing and its treatment, *The Journal of Pathology*, **211**(2), 241-251 (2007). Doi: <https://doi.org/10.1002/path.2098>

COMO CITAR ESTE ARTÍCULO

C. Del Carpio Jiménez, K. Cardaña-Unda, R.G. Gutierrez-Chavez, P.C. Duran-Arancibia, Y.M. Cusiynca-Phoco, Formulación de una emulsión cosmética fotoprotectora usando extractos de la cianobacteria *Nostoc sphaericum*, *Rev. Colomb. Cienc. Quim. Farm.*, **53**(3), 736-757 (2024). Doi: <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v53n3.119191>