



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Química e Ingeniería Química
Escuela Profesional de Química

**Análisis liquenoquímico de la *Psiloparmelia sp* y la
preparación de una crema fotoprotectora**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Química

AUTOR

Ruth Cinthya ZORRILLA VARGAS

ASESOR

Dr. Olivio Nino CASTRO MANDUJANO

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Zorrilla, R. (2023). *Análisis liquenoquímico de la Psiloparmelia sp y la preparación de una crema fotoprotectora*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química, Escuela Profesional de Química]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Ruth Cinthya Zorrilla Vargas
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74896493
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-9352-9054
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Olivio Nino Castro Mandujano
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	07683880
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6592-6934
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Juan Manuel Montes de Oca Avalos
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	43573034
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Olivio Nino Castro Mandujano
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07683880
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Holger Jelimer Maldonado García
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10493709
Datos de investigación	
Línea de investigación	PRODUCTOS NATURALES

Grupo de investigación	AGROBIOTEC
Agencia de financiamiento	NINGUNO
Ubicación geográfica de la investigación	UNMSM- LIMA-PERÚ
Año o rango de años en que se realizó la investigación	5 meses (Agosto 2023- Diciembre 2023)
URL de disciplinas OCDE	Química https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.04.00



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA

Central Telefónica: 619-7000

ESCUELA PROFESIONAL DE QUÍMICA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los suscritos miembros del Jurado Calificador nombrados por el señor Presidente del Comité Ejecutivo del "Programa Ciclo Taller de Titulación Profesional por la Modalidad de Tesis y Trabajo de Suficiencia Profesional para la Facultad de Química e Ingeniería Química 2023", bajo la Presidencia del **Dr. JUAN MANUEL MONTES DE OCA AVALOS**; **Mg. HOLGER JELIMER MALDONADO GARCÍA** (Miembro) y el **Dr. OLIVIO NINO CASTRO MANDUJANO** (Asesor); habiendo presentado para tal efecto la **TESIS**, titulada "**Análisis liquenoquímico de la *Psiloparmelia sp* y la preparación de una crema fotoprotectora**" después de **SUSTENTADA Y APROBADA** la tesis elaborado por la bachiller en Química: **RUTH CINTHYA ZORRILLA VARGAS**; para optar el **TÍTULO PROFESIONAL** de **QUÍMICA**, acordaron calificarla con la **NOTA** de:

Dieciocho

(LETRAS)

18

(NÚMEROS)

Ciudad Universitaria, 16 de diciembre del 2023.

Dr. JUAN MANUEL MONTES DE OCA AVALOS

Presidente

Mg. HOLGER JELIMER MALDONADO GARCÍA
Miembro

Dr. OLIVIO NINO CASTRO MANDUJANO
Asesor

Dr. JOSÉ LUIS PAZ ROJAS
Director de la E.P. de Química





CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo **OLIVIO NINO CASTRO MANDUJANO** en mi condición de asesor acreditado con la Resolución Decanal N° 000027-2024-D-FQIQ/UNMSM de la tesis, cuyo título es "**Análisis liquenoquímico de la *Psiloparmelia sp* y la preparación de una crema fotoprotectora**", presentado por la bachiller en Química **Ruth Cinthya Zorrilla Vargas** para optar el título Profesional de Química CERTIFICA que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 10% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención el título correspondiente.

Firma del Asesor _____

DNI: 07683880

Nombres y apellidos del asesor:

Olivio Nino Castro
Mandujano



Huella digital

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme en cada paso que doy y ser mi luz en las adversidades.

A mi madre, por su apoyo incondicional, consejos y esfuerzo. Todo mi agradecimiento y devoción para ella. Su amor y dedicación son invaluable, y le debo todo lo que soy.

A mi hermana, por ser mi fuente de inspiración y motivación. Su valentía y determinación me impulsan a superar mis límites y a alcanzar mis metas. Su presencia en mi vida es un regalo que valoro inmensamente.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi familia por ser mi apoyo incondicional en todo momento.

También quiero agradecer al Dr. Nino Castro por su apoyo y disposición para ayudarme a llevar a cabo mi tesis. Su experiencia y conocimientos han sido de gran valor para el desarrollo de mi investigación.

No puedo dejar de mencionar al laboratorio de Productos Naturales de la UNMSM. Su colaboración y asistencia en la parte experimental de mi trabajo han sido fundamentales para obtener resultados significativos.

Además, quiero agradecer a todos mis compañeros y amistades que han hecho de esta etapa una experiencia memorable. Su apoyo, compañerismo y motivación han sido clave para superar los desafíos y alcanzar mis metas.

A todos ustedes, ¡muchas gracias!

ÍNDICE

RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	9
1. CAPÍTULO I.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.1. Descripción del problema	11
1.1.2 Pregunta general	12
1.1.3 Preguntas específicas.....	12
1.3 Justificación	12
1.4 Objetivo general.....	13
1.5 Objetivos específicos	14
1.6 Planteamiento de la hipótesis general	14
1.7 Planteamiento de las hipótesis específicas.....	14
1.8 Contribución e impacto.....	14
1.9 Limitaciones de estudio	15
2. CAPÍTULO II.- ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO	16
3. CAPÍTULO III.-MARCO TEORICO	26
3.1. Radiación Ultravioleta	26
3.2. El sol y los filtros solares	27
3.3. La Piel	27
3.3.1. Epidermis	28
3.4. Análisis Fitoquímico	29
3.5. Quitosano	30
3.6. Compuestos fenólicos	30
3.7. Los Líquenes	31
3.7.1. El talo.....	32
3.7.2. Liquenometría.....	33
3.7.3. Sustancias Liquénicas	34
3.7.4. Uso De Los Líquenes.....	36
3.8. Ácido Úsnico.....	37
3.8.1. Ruta metabólica para la formación de ácido úsnico	38
3.9. <i>Psiloparmelia sp.</i>	41
3.9.1. Taxonomía	42
3.10. Actividad Antioxidante.....	43
3.11. Ensayo Folin-Ciocalteu.....	44
4. CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	45
4.1. Tipo de investigación	45
4.2. Diseño de investigación	45

4.3.	Lugar y tiempo	45
4.4.	Población.....	45
4.5.	Muestra.....	45
4.6.	Definición de las variables de estudio.....	45
4.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	49
4.7.1.	Materiales.....	49
4.7.2.	Reactivos.....	49
4.7.3.	Equipos	49
4.8.	Metodología de la investigación	49
4.8.1.	Obtención del extracto de alcohol a partir del líquen <i>psiloparmelia sp.</i>	49
4.8.2.	Procedimiento experimental para el análisis de Antioxidantes	50
4.8.3.	Procedimiento experimental para el análisis de fenoles	50
4.8.4.	Cuantificación del ácido úsnico	51
4.8.5.	Aislamiento del ácido úsnico	51
4.8.6.	Preparación de la crema fotoprotectora	52
4.8.7.	Determinación del factor de protección solar (FPS).....	53
5.	CAPÍTULO V.-ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	54
5.1.	Análisis de antioxidantes	54
5.2.	Análisis de fenoles	55
5.3.	Análisis del ácido úsnico	56
6.	CAPÍTULO VI. - DISCUSIÓN DE RESULTADOS	57
6.1.	Determinación de antioxidantes.....	57
6.2.	Figura de la determinación de fenoles	58
6.3.	Determinación del ácido úsnico.....	59
6.3.1.	Comparación del ácido úsnico patrón y el ácido úsnico experimental.....	62
6.3.2.	Análisis del ácido úsnico en el UV VIS.....	63
6.4.	Análisis de la crema fotoprotectora	64
6.4.1.	Crema.....	64
6.4.2.	Análisis de pH.....	64
6.4.3.	Influencia de la Temperatura	64
6.4.4.	Análisis del residuo seco.....	65
6.4.5.	Determinación del residuo seco	65
6.4.6.	Prueba de dilución.....	66
6.4.7.	Prueba de lavado	66
6.5.	Características organolépticas de la crema preparada	67
6.6.	Características del análisis sensorial.....	67
6.7.	Determinación del factor de protección solar mediante el método de Mansur.....	68
7.	CAPÍTULO VII.-CONCLUSIONES	70
8.	CAPÍTULO VIII.-RECOMENDACIONES	72
9.	CAPÍTULO IX.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
10.	CAPÍTULO X.-ANEXOS	83

Lista de figuras

Figura 1.-Capacidad de penetración de los rayos solares a nivel de la piel.	26
Figura 2.- Capas de la piel	28
Figura 3.- Capas de la epidermis.....	29
Figura 4.- Talo heterómero	32
Figura 5.-Estructura del talo liquénico.....	32
Figura 6.-Diferentes morfotipos típicos del talo liquénico.	33
Figura 7.-Estructura química del ácido úsnico.....	38
Figura 8.-Ruta metabólica del Ácido Úsnico.....	40
Figura 9.-Vías Biosintéticas de metabolitos secundarios de líquenes.....	41
Figura 10.-Mecanismo de acción del reactivo Folin-Ciocalteu.	44
Figura 11.-Estructura química del ácido gálico	44
Figura 12.-Gráfica de absorbancia vs concentración del análisis de antioxidantes	57
Figura 13.-Gráfica de absorbancia vs concentración del análisis de fenoles	58
Figura 14.-Gráfica de absorbancia vs concentración del análisis del ácido úsnico	59
Figura 15.-Sólido I (ácido úsnico)	60
Figura 16.-Sólido II (ácido úsnico).....	60
Figura 17.-Ácido Úsnico Patrón	61
Figura 18.-Sólido 3 experimental.....	61
Figura 19.-Bandas del ácido úsnico patrón y experimental	62
Figura 20.-Banda de absorción Sólido I.....	63
Figura 21.-Banda de absorción Sólido II	63
Figura 22.-Crema fotoprotectora con el extracto de alcohol.....	64
Figura 23.-Análisis del pH de la crema fotoprotectora.	64
Figura 24.-Influencia de la temperatura en la crema fotoprotectora.	65
Figura 25.-Análisis del residuo seco	65
Figura 26.-Prueba de dilución	66
Figura 27.-Prueba de lavado	66
Figura 28.-Recolección y clasificación del líquen <i>psiloparmelia sp.</i>	83
Figura 29.-Molienda de la <i>psiloparmelia sp.</i>	83
Figura 30.-Pesado de la <i>psiloparmelia sp.</i>	83
Figura 31.-Macerado de la <i>psiloparmelia sp.</i>	83
Figura 32.-Proceso de filtrado de la <i>psiloparmelia sp.</i>	84
Figura 33.-Extracto obtenido de la <i>psiloparmelia sp.</i>	84
Figura 34.-Preparación de las soluciones.....	84
Figura 35.-Preparación de las soluciones con el extracto.	85
Figura 36.-Preparación de las diluciones en viales	85
Figura 37.-Medición de absorbancias	85
Figura 38.-Preparación de soluciones para el análisis de fenoles	86
Figura 39.-Preparación de la curva patrón	86
Figura 40.-Preparación de las soluciones con el extracto alcohólico.....	86
Figura 41.-Preparación de las diluciones en viales (Curva patrón y del extracto).....	86
Figura 42.-Medición de las absorbancias.....	87
Figura 43.-Preparación de la curva patrón para el análisis del ácido úsnico	87
Figura 44.-Preparación de las soluciones con el extracto alcohólico.....	87
Figura 45.-Medición de las absorbancias.....	87
Figura 46.-Medición del patrón ácido úsnico y sólidos en el FT-IR.....	88
Figura 47.-Procedimiento experimental de la crema fotoprotectora.....	88
Figura 48.-Solución de la crema alcohólica para el análisis del FPS.....	88

Lista de tablas

Tabla 1.- Técnicas generales para un Análisis Fitoquímico	29
Tabla 2.-Estructuras de metabolitos secundarios de líquenes.....	35
Tabla 3.-Principales metabolitos identificados en líquenes parmeliáceos.....	36
Tabla 4.-Géneros de Parmeliaceae según sus caracteres morfológicos	42
Tabla 5.-Análisis cuantitativo del ácido úsnico en 10 líquenes.	43
Tabla 6.-Componentes para preparar la crema	52
Tabla 7.-Volúmen obtenido del extracto del líquen.....	54
Tabla 8.-Datos de las concentraciones y absorbancias del Análisis de antioxidantes	54
Tabla 9.-Datos de las absorbancias del extracto a 517nm	54
Tabla 10.-Contenido de antioxidantes en el extracto liquénico	55
Tabla 11.-Concentraciones y absorbancias del análisis de fenoles a 760nm	55
Tabla 12.-Datos de las concentraciones y absorbancias del extracto a 760nm.....	55
Tabla 13.-Contenido de fenoles totales en el extracto liquénico.....	55
Tabla 14.-Concentraciones y absorbancias del análisis del ácido úsnico	56
Tabla 15.-Datos de las concentraciones y absorbancias del extracto.....	56
Tabla 16.-Contenido de ácido úsnico en el extracto liquénico	56
Tabla 17.-Resultados en el IR del ácido úsnico patrón y experimental	62
Tabla 18.-Cuadro comparativo de las bandas en el UV VIS del ácido úsnico.	63
Tabla 19.-Datos para la determinación del residuo seco.....	65
Tabla 20.-Características Organolépticas de la crema	67
Tabla 21.-Análisis Sensorial de la crema.....	67
Tabla 22.-Absorbancias de la crema fotoprotectora a distintas longitudes de onda	68
Tabla 23.-Constantes determinadas por Sayre	68
Tabla 24.-Rango de factor de protección solar	68

RESUMEN

Hoy en día debido a la fuerte radiación UV existen muchos problemas de la piel ya que día a día hay una mayor incidencia de radiación solar por el calentamiento global, en este sentido, el objetivo de la presente investigación consistió en realizar el análisis liquenoquímico de la *Psiloparmelia sp*, ya que existen muy pocos estudios de cremas fotoprotectoras a partir de líquenes. La metodología se basó en macerar el líquen con alcohol, para obtener el extracto alcohólico del líquen, a partir de la cual, se realizó el análisis de antioxidantes, fenoles totales y la cuantificación del ácido úsnico. Después de desarrollar los análisis, se realizó la preparación de la crema fotoprotectora y finalmente se caracterizó organoléptica y fisicoquímicamente. Finalmente, se determinó el factor de protección solar (FPS) de la crema mediante el método de Mansur. Además, se logró aislar un sólido amarillo al cual se analizó espectroscópicamente por UV visible y FT-IR. Los resultados obtenidos para el análisis de la capacidad antioxidante del líquen *Psiloparmelia sp*. fue de 2,3 mg Acido Ascórbico/g de muestra; para el análisis de fenoles la concentración fue de 12,6 mg Acido Gálico/g de muestra y el contenido de ácido úsnico fue de 3,92 mg Acido Úsnico/g de muestra (1,4% respecto a la muestra) este valor se encontró dentro del rango deseado. En el caso del aislamiento del sólido amarillo, se propone que es el ácido úsnico por los datos en el UV visible e IR. Para la crema fotoprotectora, tiene color beige, olor propio a líquenes, bastante homogénea, de pH 6,5, de textura buena y consistencia suave. El resultado del residuo seco obtenido de la crema fue 21,35%, con un Factor de Protección Solar (FPS) de 3% para una concentración de 1,5% del extracto del líquen. Se concluye que la crema tiene una protección mínima ante los rayos UV, por lo que se recomienda usar más volumen del extracto del líquen para poder obtener una mayor fotoprotección.

INTRODUCCIÓN

La palabra liquen deriva del término griego que significa “costra que sale de la piel”, esta denominación hace referencia a la apariencia que presentan los líquenes incrustados sobre cortezas de los árboles o rocas. Carl Von Linné fue quién acuñó el término liquen y su discípulo Erik Acharius fue quién clasificó el liquen en 40 géneros. Años más tarde y de acuerdo a su naturaleza, se definió a los líquenes como vegetales, resultado de la simbiosis entre un hongo y una alga fotosintética. La morfología del talo liquénico está constituida por filamentos microscópicos ramificados también denominados hifas. Se han encontrado más de 700 sustancias liquénicas, donde la concentración varía entre el 0,15% y el 15%, son insolubles en agua, pero solubles en alcohol y acetona. Los líquenes que viven en condiciones climáticas soleadas, son líquenes que producen ácido rizocárpico, ácido pulvínico y ácido úsnico y son los que se encargan de proteger al aparato fotosintético del liquen ante las radiaciones UV (Varona, 2019). Además, poseen alta concentración de metabolitos que son almacenados en su talo y gracias a ello, no sufren invasiones bacterianas. Por lo general, los líquenes crecen en condiciones extremas, donde están expuestos a cambios de temperatura e intensidad de radiación luminosa (Toledo et. al, 2004). Los líquenes aproximadamente tienen 1050 sustancias químicas donde se incluyen a las dépsidas, ácidos alifáticos, depsidonas, diterpenos, nafoquinonas, dibenzofuranos, antraquinonas, Xantonas, ácidos pulvínicos y ácidos úsnicos. Los metabolitos del liquen se caracterizan por sus actividades fungicidas, biológicas, citotóxicas, antiinflamatorias, antimicrobianas y antioxidantes. Sin embargo, existen pocas investigaciones sobre los metabolitos secundarios y las actividades antioxidantes de los líquenes (Phradhan et.al 2023). Los líquenes representan el 20% de la biodiversidad vegetal y sus metabolitos se clasifican en 3 clases dependiendo de su vía sintética :1) La Vía acetato-polimalonato, 2) Vía del ácido Mevalónico y 3) Vía del ácido shikímico.(Alors et.al, 2023).La *psiloparmelia sp.* pertenece a la familia Parmeliaceae que es el grupo más diverso de hongos

liquenizados con aproximadamente 2800 especies (Jacklitsch et. al, 2016). Es un grupo monofilético y fue clasificado con evidencia molecular (Crespo et.al.2011). Los científicos señalan que se originó durante el Cretácico y después se diversificó durante el cretácico - Paleógeno. Esta especie se encuentra en todo el mundo y en diversos ecosistemas, pero específicamente tienen sus centros de diversidad en las zonas templadas de lluvias invernales y en los trópicos. (Grewe.et al, 2020). Los líquenes parmelioides presentan características, tales como: talos foliosos, superficie inferior con ricinas, son dorsiventrales, presentan apotecios en la superficie superior y ascosporas hialinas simples y elipsoides. (Canton et.al, 2020)

1. CAPÍTULO I.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La radiación solar sobre la superficie terrestre tiene diversos efectos, de manera positiva nos provee Vitamina D que es fundamental para el desarrollo y buen funcionamiento de los huesos, también tiene un efecto antidepresivo en los seres humanos. Por otro lado, suele generar diversas afecciones en la piel, el daño causado dependerá de la duración de la exposición solar. Existen 3 tipos de radiaciones, los rayos UVA que tienen una longitud de onda comprendida entre 320nm y 400nm y que es la más perjudicial ya que el 39% de esta radiación alcanza la dermis de la piel, los rayos UVB que su longitud de onda abarca entre 280-320nm, esta radiación es la encargada de la pigmentación de la piel generando un bronceado inmediato, y la radiación UVC que no tiene mayor incidencia sobre la superficie terrestre debido a que la capa de ozono absorbe esta radiación. La altitud respecto a la superficie terrestre condicionará el grado de intensidad de los rayos UV, la radiación aumentará en un 20% por cada 1000 metros de altitud (González, 2003). También, según estudios, los efectos de la radiación UV genera daños en el ADN, inmunosupresión y fotoenvejecimiento. Actualmente, la radiación UVB es un carcinogénico total. (Lohézic-Le Dévéhat, 2013). Según estadísticas del Senamhi en la selva y costa peruana, la radiación ultravioleta varía entre 8 a 13 puntos y son considerados radiaciones altas. Por otro lado, en la sierra peruana, los rangos de radiación UV oscila entre 9 y 18 y son considerados niveles de riesgo muy alto y extremadamente alto. (Senamhi,2021). Asimismo, en nuestro país se ha encontrado variedades de especies vegetales que viven en condiciones de clima extremos, es por ello, el interés de esta investigación de trabajar con líquenes, ya que estas especies soportan los rayos solares y metabolizan los rayos ultravioletas (Castro, 2016). Los líquenes se han utilizado desde hace muchos siglos atrás, uno de sus más destacados usos fue para tratar problemas de la

piel, heridas, problemas respiratorios y digestivos. (Varol, 2018). Además, que una de las características principales que presentan los extractos de los líquenes son las propiedades antioxidantes, todo ello aporta para que la crema fotoprotectora pueda limitar los efectos de la luz UV y evitar daños en la piel. (Castro, Álvarez 2019). Si bien es cierto, durante los últimos años se han utilizado muchos productos químicos en la preparación de cremas fotoprotectoras; sin embargo, existen muy pocos análisis e investigaciones sobre los productos que nos proporciona la naturaleza, como el caso de los líquenes, para poder preparar una crema fotoprotectora. ¿A través del análisis liquenoquímico se podrá obtener la actividad antioxidante, fenólica y la cuantificación del ácido úsnico para posteriormente preparar la crema fotoprotectora?

1.1.2 Pregunta general

¿En qué medida el análisis liquenoquímico (Antioxidantes y fenoles totales) del líquen *Psiloparmelia sp.* permitirá la actividad fotoprotectora de la crema preparada?

1.1.3 Preguntas específicas

- ¿En qué medida se podrá determinar la actividad antioxidante y fenoles por espectroscopía UV VIS del extracto del líquen?
- ¿En qué medida se podrá determinar el contenido de ácido úsnico por espectroscopía UV VIS?
- ¿En qué medida se podrá preparar y caracterizar la crema fotoprotectora obtenida a partir de la *psiloparmelia sp.*?

1.3 Justificación

Los efectos que ocasionan la larga exposición solar pueden generar quemaduras solares, deterioro del ADN y envejecimiento de la piel. Según el Instituto Nacional de Ciencias de la Salud Ambiental, la radiación UV causa efectos carcinogénicos (Radice et al., 2016). Asimismo, el cáncer de piel está clasificado en 2 clases: los melanomas malignos que tiene alta

tasa de mortalidad y los cánceres de queratinocitos no melanomas. La radiación suele ser filtrada a través de moléculas en la piel conocidas como cromóforos, las cuales se encuentran clasificadas como: endógenas (DNA, ácido urocánico, melanina, colesterol, pequeños péptidos) o exógenos, cuando tienen la capacidad de causar una reacción, como por ejemplo, fotosensibilidad o quemadura por la radiación UV. Los niveles de absorción de los rayos UVA y UVB son distintos. El 70% de la radiación solar UVB suele ser absorbida a través de la capa epidermis y la absorción de la radiación UVA es a través de la dermis con un nivel de absorción entre el 70-80%. (Cabrera et. al, 2006). Además, la exposición a los rayos UV no sólo genera problemas en la piel, sino también problemas oculares. También, existen algunas limitaciones en el diagnóstico temprano de cáncer a la piel ya que las quemaduras solares no son fácilmente detectables (Chavdaa et. al, 2023). A nivel mundial, la incidencia de cáncer se incrementa en la raza caucásica como, por ejemplo, ciudadanos de EE. UU, Europa, Nueva Zelanda, Canadá, Finlandia y Australia (Sung et al, 2021). Según los reportes del Minsa entre los años (2014-2018), se registraron 41 208 casos de cáncer de piel, el 65,3% correspondían al sexo femenino y 34,7% al sexo masculino (Minsa, 2022). Según estos datos se aprecia que la cifra no se ha detenido ya que el calentamiento global contribuye a que la radiación tenga consecuencias muy dañinas para el cuerpo humano especialmente para la piel. Es por ello, que el interés del presente trabajo consiste en investigar sobre nuevas alternativas basadas en especies vegetales específicamente utilizando el líquen *psiloparmelia sp.* para la preparación de una crema fotoprotectora y de esta manera lograr un óptimo resultado contribuyendo al decrecimiento de cifras por cáncer de piel.

1.4 Objetivo general

Realizar el análisis liquenoquímico. (Antioxidantes y fenoles totales) del líquen *Psiloparmelia sp.* y la preparación de una crema fotoprotectora.

1.5 Objetivos específicos

- Analizar la actividad antioxidante y fenoles totales del extracto del liquen mediante espectroscopía UV-VIS.
- Analizar el ácido úsnico mediante la técnica espectroscópica UV-VIS.
- Preparar y caracterizar la crema fotoprotectora obtenida a partir del extracto de la *psiloparmelia sp.*

1.6 Planteamiento de la hipótesis general

El análisis liquenoquímico (Antioxidantes y fenoles totales) del liquen *Psiloparmelia sp.* permitirá obtener la crema y determinar su actividad fotoprotectora.

1.7 Planteamiento de las hipótesis específicas

- El análisis de la actividad antioxidante y fenoles totales se podrá determinar por espectroscopía UV VIS.
- El análisis del contenido del ácido úsnico se podrá determinar por espectroscopia UV VIS.
- A partir del extracto de la *Psiloparmelia sp.* se podrá preparar y caracterizar la crema fotoprotectora.

1.8 Contribución e impacto

De acuerdo al trabajo reportado por (Legouin et.al,2017), los extractos evaluados demostraron tener una gran actividad eliminadora de radicales para poder bloquear los rayos UVA y UVB comprobándose la eficacia del ácido úsnico para ser utilizado en la preparación de una crema fotoprotectora. Como análisis personal y en cuanto a los estudios revisados, se deduce que dentro de algunos años la investigación con líquenes para la preparación de una crema fotoprotectora va a generar un gran impacto a nivel de la industria farmacéutica contribuyendo de manera positiva en la población en general reduciendo progresivamente el porcentaje de

cáncer de piel.

1.9 Limitaciones de estudio

Las limitaciones del presente estudio fueron la falta de solventes, se utilizaron reactivos reciclados. Por ejemplo, en el caso de la cuantificación del ácido úsnico se utilizó el cloroformo reciclado, sin embargo, esta limitación no tuvo relevancia alguna, ya que el resultado se encontró dentro del rango establecido en la literatura. Asimismo, también otra limitación fue la falta de equipos, por ejemplo, no se utilizó el equipo por HPLC para poder realizar el análisis metabolómico.

2. CAPÍTULO II.- ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO

La principal causa de las enfermedades de la piel es por la radiación ultravioleta, es por ello que siempre se recomienda el uso de protectores solares, los métodos generalmente de evaluación son respecto a la radiación UVA, la resistencia al agua y el factor de protección solar (FPS). Según estudios, los rayos UV contienen la longitud de onda más corta (10 a 400 nm), a esta radiación se le considera como la más dañina, ya que tiene la mayor energía. Los rayos UV se dividen a su vez en tres subtipos: rayos ultravioletas A (UVA), rayos ultravioleta B (UVB) y rayos ultravioleta C (UVC). La radiación UVA, tiene una longitud de onda de 320 a 400 nm, debido a su baja energía genera menor daño. La radiación UVB, comprende una longitud de onda intermedia de 290–320 nm, y UVC tiene la energía más alta y la más baja (100–280 nm) y es la que genera mayores daños. (Chavda, 2023)

Los efectos de la sobreexposición a la luz solar en la piel ocasionan fotoenvejecimiento, estrés oxidativo y carcinogénesis cutánea. La luz UV que llega a la superficie terrestre es absorbida, reflejada o dispersada sobre la piel. Es por ello, que el uso de polifenoles es una de las clases de compuestos más eficientes para mitigar esta problemática. (Oliveira & Miliani, 2023)

Marin & Del pozo, muestran las consecuencias del sol en la piel que no está protegida según los tipos de fototipos cutáneos, por ejemplo, en el caso del fototipo I son personas de piel muy clara, en este caso la acción del sol sobre la piel es intensa, las personas presentan quemaduras solares y la piel se descama con facilidad. En el caso del fototipo II son personas de piel clara, que ante la exposición solar se queman con facilidad. Los que están dentro de la clasificación del fototipo III, son las razas caucásicas(europeos) y se suelen quemar moderadamente. Los de fototipo IV, son individuos de piel morena, ante una exposición solar, son afectados mínimamente. Los de fototipo V son individuos de piel amarronada, estas personas raramente se queman y por último se encuentran las personas de raza negra, los que se encuentran dentro de este fototipo nunca se queman. (Marin & Del pozo,2005)

La radiación más perjudicial es la UVA y tiene efectos muy nocivos, por ello, se recomienda el uso de protectores solares. Estos poseen el FPS que es el número que nos indica la capacidad de defensa de la piel contra el enrojecimiento o eritema ocasionado por los rayos UV, es decir, al efecto protector frente a la radiación; también es necesario que los protectores solares sean resistentes al agua. Se logra la impermeabilidad utilizando polímeros filmógenos, excipientes lipófilos y siliconas en las formulaciones. Es por ello, que Batlle recomienda el uso de protectores solares inclusive en un día nublado ya que las nubes retienen solo el 10% de la radiación ultravioleta. La función principal de estos filtros solares es la de dispersar, reflejar y absorber parte de la radiación solar, existen dos filtros: los físicos (son pigmentos minerales como, por ejemplo, el dióxido de titanio, la mica y el óxido de zinc, estas partículas poseen tamaños de 10-50nm) y los químicos (son compuestos orgánicos aromáticos que absorben los rayos UV) (Batlle, 2005)

Garrote & Bonel nos muestran la clasificación de las cremas fotoprotectoras, nos indican que un FPS de protección baja está en el rango de 3-10, una protección media tiene un FPS (15-25), una protección alta está en el rango de 30-50 y un protector solar con FPS mayor a 50 indica que la protección es muy alta. (Garrote & Bonel, 2008)

El cáncer de piel se encuentra catalogado como una de las enfermedades más frecuentes en el mundo, según estadísticas en algunos países ocupa el primer lugar. Cabe resaltar, que durante las últimas décadas se ha tenido mayor incidencia. Según estudios, la radiación ultravioleta es la principal causa de los riesgos medioambientales. (Castañeda & Eljure, 2016)

La eficacia de los líquenes en el cáncer de piel es alta, Thakur y sus colaboradores realizaron estudios con células de cáncer de piel, las células cancerosas fueron: UACC-62, FemX y HTB-140 (Hs 294T), en donde se demostró la eficacia de los compuestos bioactivos a través de la apoptosis y daño al ADN de las células cancerosas. Los líquenes estudiados fueron: *Parmelia arseneana*, *Cetraria islándica*, *Pseudoevernia furfuráceas*. En donde en el caso del liquen

Pseudoevernia furfuráneas aumentó la citotoxicidad al realizar el extracto con acetona, y en el caso de *Cetraria islándica* y *Parmelia arseneana*, aumentó la citotoxicidad con el metanol. También se realizaron estudios en la línea celular HTB-140 en donde se pudo comprobar un avance significativo por la atranorina y el ácido úsnico, que son compuestos que se encuentran en el líquen. Asimismo, se encontró que los otros dos derivados de los líquenes que tienen alto alcance anticancerígeno es la esfaeroforina y la pannarina. (Thakur et al, 2023)

Por otro lado, los líquenes tienen amplia difusión y se encuentran en diversos tipos de climas, desde la región ártica hasta la región antártica, por ejemplo, en las altas montañas, en los desiertos o incluso en regiones cerca a los polos donde la temperatura es extremadamente baja. El crecimiento de los líquenes se encuentra sobre cortezas, rocas, suelos, hojas de árboles, entre otros. (Castro, 2016)

Asimismo, se hizo un estudio fitoquímico del líquen *Thamnolia vermicularis* donde se realizaron extracciones por maceración mediante el reactivo acetona, para separar los diversos componentes del extracto previamente macerado se utilizaron solventes de distintas polaridades. Se utilizaron técnicas cromatográficas y recristalizaciones, y se usó espectroscopía infrarroja (IR). Los dos compuestos liquénicos encontrados fueron: el compuesto D (ácido Thamnólico) y el compuesto H (ácido descarboxithamnólico) (Castro,2010).

Castro y sus colaboradores en el año 2016, realizaron una investigación del líquen *Everniopsis trulla* con quitosano obtenido a partir de calamar y de las industrias pesqueras para la preparación de una crema fotoprotectora. Se recolectó la muestra en el departamento de Ancash para luego realizar diversos análisis: determinación de fenoles, la actividad antioxidante, el aislamiento del ácido úsnico; la obtención, despolimerización y luego preparación de nanopartículas del quitosano, para finalmente obtener la crema fotoprotectora. Se procedió a determinar el factor de protección solar y la caracterización completa de la crema comprobándose el efecto antiinflamatorio y la acción regeneradora de la piel validando de esta

manera que es apta para ser usada como crema fotoprotectora. (Castro et al, 2016)

En el año 2015 se realizó un estudio de los metabolitos secundarios del extracto del talo y corteza del líquen *H. physodes thalli*, donde las muestras de líquenes y cortezas fueron congeladas y después liofilizadas. Se utilizó 50mg de la muestra y se procedió a extraer por triplicado los metabolitos secundarios con 2mL de metanol durante 30min. Después la muestra se centrifugó durante 10min. El sobrenadante se recogió y evaporó bajo una corriente de nitrógeno y finalmente se almacenó a 20°C para realizar el análisis. El análisis se desarrolló mediante espectrometría de masas en Tandem (UPLC-MS/MS) y cromatografía líquida de ultra rendimiento (UPLC). Los espectros fueron medidos en el rango de 200nm-700nm, también se obtuvo los tiempos de retención de 1,4min, 3,7min, 9,6min y 10,8 min a través del análisis de cromatografía de capa delgada. Para lograr la detección de MS, el modo de barrido para obtener los espectros de iones fluctuó entre 125 y 520 m/z, para este análisis se utilizó el software MassLynx V 4.1 (Waters). Se encontraron a los siguientes metabolitos secundarios: ácido protocetrarico, 3-hidroxifisodico, fisodálico, atranorina, cloroatranorina. (Latkowska et. al, 2015)

Las nanopartículas de quitosano son utilizadas en actividades terapéuticas debido a sus propiedades de mucoadhesión, permeación, biodegradabilidad y biocompatibilidad. El quitosano se obtiene a partir de caparazones de crustáceos, como, por ejemplo: el cangrejo y el camarón, tienen un porcentaje entre el 20 %-30% de quitina. La aplicación del quitosano está limitada en varios sectores debido a que es insoluble en agua y algunos disolventes orgánicos. Es muy utilizado en el campo farmacéutico y biomédico. (Harugade et.al,2023)

De igual importancia, según investigaciones recientes la lignina ha sido de gran interés para la aplicación en cremas fotoprotectoras por su disponibilidad de grupos cromóforos, las estructuras quinoides fenólicas conjugadas, cetonas y enlaces de hidrógeno intramoleculares, debido a este motivo son buenos absorbentes de la radiación UV, además que tiene efectos

antibacteriales y antioxidantes. Debido a estas características beneficiosas la lignina está generando popularidad en los protectores solares y cosméticos antienviejamiento. (Ariyanta et. al ,2023)

Se realizó un estudio de líquenes y árboles de boldo para comparar la efectividad en la radiación UVB y los resultados se compararon con la crema fotoprotectora Nivea Sun Spray, para ello se utilizó el octilmetoxicinamato y el 4-tert-butyl-4 metoxidibenzoilmetano como filtros de luz ultravioleta, estos son usados en protectores solares junto con otras sustancias fotoprotectoras que ayudan a dispersar o absorber la luz UV. El análisis se realizó mediante la técnica espectroscópica UV-VIS, donde se comprobó que el liquen tuvo un mejor filtro UVB. Se realizó el cultivo de células con 10% de suero fetal de ternera (FCS), 100mg/mL estreptomycin, penicilina y nistatina, las células fueron incubadas a 37°C con 100% humedad y 5% de CO₂, la supervivencia celular se demostró con azul tripán, para realizar el recuento celular se utilizó un microscopio de contraste (Olympus T041). Se pudo comprobar la supervivencia celular al irradiar los rayos UVB en donde se pudo notar un 50% de supervivencia celular en el día y 90% sobrevivencia en la oscuridad. Según este estudio se sugiere que estas sustancias naturales son muy útiles y efectivas para la protección solar ya que absorben la luz ultravioleta. (Rancan et. al, 2002)

En el año 2017, se aisló 3 compuestos del liquen *Vulpicida Pinastri*. Se realizó un análisis a partir del liquen donde se identificó los principales metabolitos secundarios. El ácido vulpínico, ácido pinástrico y el ácido úsnico fueron los agentes importantes para poder bloquear los rayos UVA y UVB. Se realizó el análisis con 5,2 g del liquen en polvo, se separaron los 3 compuestos mediante cromatografías sucesivas y se identificó mediante los espectros RMN donde se pudo identificar la presencia del grupo metilo. Por otro lado, la identificación del ácido úsnico fue realizado mediante RMN y HPLC. La eficacia fotoprotectora fue evaluado a través de índices fotoprotectores PF-UVA, SPF, longitud de onda crítica, índice de uniformidad espectral (SUI)

y perfil espectral ideal (ISP). El resultado del ácido vulpínico tuvo un SUI de 7,6, un valor de ISP de 19% y un valor de PF-UVA 3,9, estos resultados nos indica que bloquea los rayos UVA, los índices del ácido pinástrico (PF- UVA 1,8, $\lambda=386\text{nm}$, ISP=61%, SUI=1,9) y ácido úsnico (PF-UVA =1,8, $\lambda=364\text{nm}$ ISP=53%, SUI=1,8), estos resultados nos muestran que los 3 compuestos analizados presentan actividades fotoprotectoras. Se encontró además un valor de 3,9 de fotoprotección de ácido úsnico confirmando la característica típica del líquen de ser resistente a condiciones climáticas extremas. El ácido úsnico fue el bloqueador más apropiado para los rayos UVB, mientras que el ácido vulpínico lo fue para los rayos UVA. (Legouin et.al, 2017)

El ácido úsnico se encuentra presente en líquenes epífitos y terrestres, es de color amarillo intenso y pertenece al género *Usnea*, su función principal es la protección del fotobionte contra la radiación además presenta distintos beneficios, es antiinflamatoria ,antiviral, antipirética, antiproliferativa .Otro estudio llevado a cabo sobre el ácido úsnico fue en Finlandia , se estudió el líquen *Cladonia Stellaris* .Se recolectaron muestras en distintas latitudes y se desarrolló métodos para cuantificar los dos enantiómeros del ácido úsnico. Los análisis se desarrollaron mediante Espectrometría de Masas (MS) y Cromatografía Líquida de alta resolución (HPLC) con detección UV, también mediante cromatografía de gases con ionización de llama (GC-FID), según estos análisis se encontró ácido (-) úsnico y ácido perlatólico en el líquen. También se encontró que las concentraciones de este último son inferiores y es clasificado como un dépsido. Para este análisis se recogieron 15 muestras en 13 lugares de muestreo, después se secaron en una estufa durante 24 horas, se dejaron reposar en acetona, los extractos obtenidos se juntaron para proceder a realizar el análisis. Para la determinación de los enantiómeros del ácido úsnico se transfirió 1mL a un vial de vidrio y la solución se evaporó hasta sequedad con gas de nitrógeno a 50 °C. En el análisis por HPLC el eluyente estuvo compuesto con 0,5% de ácido acético en metanol y 0,5% de ácido acético en agua, la columna se mantuvo a una

temperatura de 20°C. Respecto, al análisis cuantitativo del ácido úsnico, se desarrolló con 460g de ftalato de dietilhexilo, para ello, se añadió 0,5mL del extracto de acetona, se analizó utilizando GC-FID (Perkin Elmer). Mediante los análisis realizados se comprobó que ambos enantiómeros del ácido úsnico estaban presentes, la concentración del ácido úsnico fue del 13% y del ácido perlactólico del 6%. Cabe señalar, que la concentración de la muestra, la pureza y la temperatura fueron fundamentales para llevar a cabo el análisis por cromatografía. Según los análisis realizados se pudo comprobar que las distintas latitudes de las 13 muestras recolectadas no tuvieron influencia alguna en las concentraciones del ácido úsnico y del ácido perlatólico. Además, los compuestos que se identificaron fueron: éster metílico del ácido olivetórico, difenilmetanol, depsidones, ácido psorómico y 5-pentilresorcinol, así como también otros compuestos de tipo ácido olivetórico. (Smeds et. al, 2010)

Otro método eficaz para también preparar una crema fotoprotectora es a través de plantas. Quintero y sus colaboradores realizaron en Colombia una investigación con las plantas *Sloanea medusula* y *S. calva*, se sabe que el género *Sloanea* tiene compuestos importantes como polifenoles con propiedades antimicrobianas y antioxidantes que son fundamentales para el cuidado de la piel, es usado también para la protección de la piel ante la radiación UV y para el tratamiento ocasionado por hongos como, por ejemplo, la Candidiasis. Este estudio tuvo como finalidad determinar la actividad de protección solar (FPS) y la actividad antioxidante mediante el ensayo DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo) y el método Mansur. Los extractos fueron analizados usando HPLC-MS ,mediante este análisis se pudo identificar 8 compuestos en total: éster 4-hidroxi-3,5-di-tbutilbencílico del ácido glicólico, α -sorinina, geraniina, granatina B correspondientes al extracto *S.Medusula* y éster 4-hidroxi-3,5-di-tbutilbencílico del ácido glicólico, ácido uralénico, ácido glicirretínico, triacetato de ácido asiático correspondiente al extracto *S. Calva*, el extracto *S.Medusula* demostró tener una gran actividad eliminadora de radicales (42%) y el extracto *S.Calva* tuvo una actividad mayor (44,7%), a su

vez se identificaron compuestos polifenólicos y triterpenoides contrastando así su eficacia para la preparación de cremas fotoprotectoras. Los valores de FPS fluctuaron entre 0,25 mg/mL - 0,75mg/mL, los dos extractos evaluados presentan una alta protección contra los rayos UV, se obtuvo un (FPS 32,5) para la *S. Medusula* y un (FPS 35,4) para la *S. Calva*. Para determinar el potencial de protección de ambos extractos se realizó la transmisión de pigmentación, transmisión de eritema y los valores de la relación UVA/UVB. En cuanto a las propiedades organolépticas de los geles, ambos tuvieron densidades homogéneas (sin grumos), el gel *S.Medusula* mostró un color terracota, el gel *S.Calva* mostró un color ocre. Según este estudio, se concluyó que los extractos tuvieron efectos antioxidantes y los geles tuvieron altos valores de FPS. (Quintero et. al, 2023).

Medina y sus colaboradores evaluaron la actividad antioxidante y fenólica de 4 líquenes: *Cladonia aff. rappii*, *Cora aff. glabrata*, *Peltigera laciniata* y *Thamnolia vermicularis*, los extractos fueron preparados con alcohol y diclorometano. El análisis fue determinado utilizando el método radical DPPH y ácido ascórbico. Por otro lado, los fenoles se analizaron mediante el método Folin-Ciocalteu con ácido gálico. Se encontró la mayor actividad antioxidante en el extracto etanólico de *Peltigera laciniata* (2,28 ml/mg) y el valor más bajo en el líquen *Cora aff. glabrata* (0,30 ml/mg) macerado previamente con diclorometano. En relación al análisis de fenoles se obtuvo una mayor concentración para el líquen *Peltigera laciniata* y el valor más bajo fue para el líquen *Cora aff. Glabrata*.(Medina et.al, 2014)

En relación con la investigación mencionada anteriormente, se realizó el análisis de la actividad antioxidante de líquenes extraídos de una cuenca alta en Bogotá-Colombia, se seleccionaron las especies *Everniastrum columbiense*, *Flavopunctelia flaventor*, *Parmotrema simulans*, *Ramalina celsatri*, *Teloschistes exilis* y *Usnea sp.* recolectadas del margen del río Bogotá. Se realizó el experimento con el reactivo DPPH, donde se utilizaron concentraciones de 250, 125, 25, 2,5 y 0,25ppm. De acuerdo a este análisis el líquen *Ramalina Celsatri* mostró la mayor

actividad antioxidante con un porcentaje de 67,3% a una concentración de 25ppm, caso contrario ocurrió con el líquen *T.exilis* macerado con etanol ,en este análisis se obtuvo una menor capacidad antioxidante (26.2%) para la misma concentración (25ppm).

Con respecto al género *Usnea sp.*, en el año 2020 se realizó el análisis antioxidante y fenólico del líquen, para ello, se recolectó la muestra, seguidamente se lavó con agua destilada y se secó a 50°C durante 24h. Posteriormente se trituró en un molino de cuchillas Polimix PX-MFC 9D, y se tamizó por 15 minutos para obtener partículas inferiores a 40µm, para la extracción se utilizó metanol y diclorometano. Para la determinación de fenoles se preparó 100mL de solución patrón de ácido gálico a una concentración de 200mg/L, para obtener la curva de calibración se prepararon 6 diluciones de 0, 2,4,6,8,10 mg /L preparadas a partir de la solución patrón. Se añadió 1mL de Na₂CO₃ 1N y 250µL del reactivo Folin Ciocalteau. En cuanto a la actividad antioxidante se determinó a través del DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazil) 0,1mM en metanol. Se preparó una curva de calibración con ácido ascórbico como solución patrón con concentraciones de 1,2,3,4,5mg/L. Las muestras de los extractos líquénicos y la solución patrón reaccionaron por 1h en la oscuridad y finalmente se midieron las absorbancias a 517nm. Esta investigación evidenció que el contenido de fenoles totales fluctuó entre 43,12 a 48,74 mg AG/g y en el caso de la actividad antioxidante de obtuvo concentraciones de 19,90 µmol AA/g y 48,17µmol AA/g. (Cometa et.al, 2020)

Asimismo, se realizó un estudio de líquenes del género *Cetraria*, donde se estudiaron 5 especies: *Cetraria cucullata* (Bell.) Ach, *Cetraria commixta* (Nyl.), *Cetraria ericetorum* (Opiz), *Cetraria crespoeae* (Barreno & Vazquez) y *Cetraria nivalis* (L.) Ach. Los extractos se prepararon por maceración en metanol por 24 horas. Para la actividad antioxidante se utilizó DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo) y el contenido total de fenoles fue realizado mediante el ensayo de Folin-Ciocalteau. Se obtuvieron valores del contenido de compuestos fenólicos desde 39,3g ácido gálico/mg para el líquen *C.Cucullata* hasta 43.3g ácido gálico/mg

para el caso de la especie *C. crespoae*. En relación a la actividad antioxidante, la especie *C. ericetorum* tuvo un mayor valor (3,6 mol equivalentes/mg extracto seco) (Vanaclocha, 2020). Por otro lado, se desarrollaron análisis del Factor de Protección Solar del líquen *Lichina pygmaea* y del alga marina *Porphyra leucosticta* obteniendo porcentajes de 4.1% y 2.9% respectivamente para la protección de la piel ante la radiación solar (UVA y UVB) (Figueroa et.al, 2009). Igualmente, se realizó el análisis de la capacidad antioxidante y el contenido de fenoles totales de los líquenes *L. Pallida* y *S.Strictum* donde se obtuvieron concentraciones de 0.019 mg AA/g y 0.042 mg AA/g respectivamente para cada líquen. En el caso del contenido de fenoles totales las concentraciones fueron mayores, se obtuvieron valores de 43.41 mg AA/g y 54.66 mg AA/g respectivamente para los líquenes *L. Pallida* y *S.Strictum*. (Franco, 2011)

3. CAPÍTULO III.-MARCO TEORICO

3.1. Radiación Ultravioleta

El sol emite un gran espectro de la radiación electromagnética siendo el 2/3 de esta radiación que llega a la superficie terrestre, donde incluye la radiación ultravioleta UVA, UVB y UVC que están en el rango de 290nm - 400nm, la radiación visible(400nm-780nm) y una parte de la radiación infrarroja (780nm -3000nm). Todos los efectos negativos y positivos del sol sobre la piel son causados por la radiación ultravioleta. La radiación más dañina es la UVC, pero es retenida por la capa de ozono, la radiación UVB es absorbida a nivel de la epidermis y la radiación UVA tiene un nivel de absorción más profunda, ya que la acción es en la dermis. A nivel de la piel los efectos de radiación son en un 80% para el caso de la radiación UVB y 20% para la radiación UVA. Por otro lado, en el espectro de la radiación Ultravioleta, la radiación UVB representa solo el 5% y la radiación UVA representa el 95%. Otros importantes factores que influyen en la radiación son: la hora del día (la radiación es mayor entre las 11am y las 3pm) y la altitud (la radiación aumenta con la altitud), latitud y estación del año. Asimismo, la capa de ozono, la nubosidad, humedad y la contaminación atmosférica disminuyen la cantidad de radiación sobre la superficie terrestre. Además, la radiación también es transmitida según la naturaleza del suelo, ya sea como radiación difusa o reflejada (agua 5% y arena 20%) (Cravo et.al ,2008)

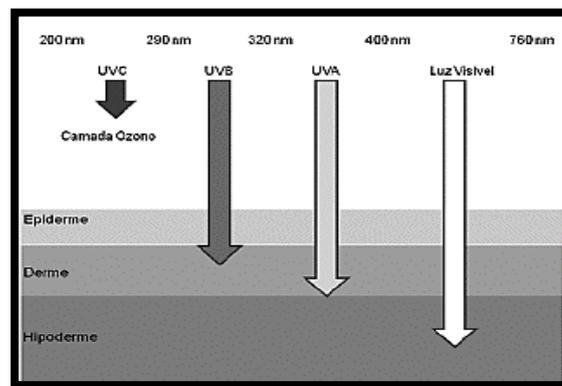


Figura 1.-Capacidad de penetración de los rayos solares a nivel de la piel.

Fuente:(Cravo et.al ,2008)

3.2. El sol y los filtros solares

El sol tiene radiaciones electromagnéticas y se caracterizan por su longitud de onda y frecuencia. Presenta un rango amplio de espectro electromagnético. De todo el espectro, la radiación ultravioleta, los infrarrojos y la luz visible alcanzan la superficie terrestre, en la proporción 10, 40 y 50%. La exposición de los rayos induce a la alteración del ADN de queratinocitos y melanocitos, por otro lado, las personas poseen una protección natural contra los rayos UV de los trastornos cutáneos. La protección natural que destaca a nivel epidérmico son: ácido urocánico, el ADN, ARN y la melanina. A nivel dérmico, destacan el betacaroteno de la grasa, la bilirrubina tisular y la hemoglobina sanguínea. Asimismo, la protección que tenemos sobre la piel como el manto graso, los pelos, los queratinocitos situados en la capa córnea logran desviar el 5% de la radiación que es absorbida a través de nuestra piel. Cabe resaltar, que la melanina es el factor endógeno más importante de protección en nuestra dermis. Los filtros solares son aplicados sobre la piel con el objetivo de poder mitigar las nocivas consecuencias de la radiación UV. Las sustancias más usadas para los filtros contra los rayos UVB son: salicilatos, PABA, Ácido cinámico, alcanflor y bencimidazoles y para los rayos UVA son: Antranilatos, Dibenzoilmetanos, Benzofenonas. Los filtros químicos logran absorber los fotones irradiados transformando la estructura de las moléculas. (Mota et al.,2003)

3.3. La Piel:

La piel es el órgano más grande y se encuentra constituida por 3 capas: epidermis, dermis y la hipodermis o tejido subcutáneo.

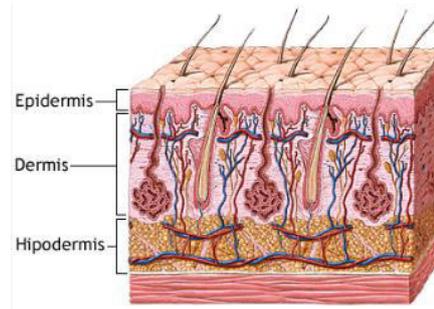


Figura 2.- Capas de la piel

3.3.1. Epidermis:

Abarca la parte más externa de la piel. Mide 0.04-1.5mm. y es el 5% del espesor de la piel. Está constituida principalmente por queratinocitos. Se encuentra conformada por capas o estratos, de profundidad a superficie se encuentran clasificadas de la siguiente manera:

- 3.3.1.1. Capa basal:** Está conformada por sólo una hilera de células, en esta capa es donde se producen los queratinocitos.
- 3.3.1.2. Capa espinosa:** Está formada a través de varias hileras de células.
- 3.3.1.3. Capa granulosa:** Está formada más de una hilera de células, cada vez más aplanadas. En esta capa las células producen queratina y sobre todo proteína que es la esencial estructura de la epidermis.
- 3.3.1.4. Capa córnea:** Viene a ser la capa más exterior, está conformada por células muertas, apiladas y aplanadas. Las células que se encuentran sobre esta capa, se suelen desprender por lo general con facilidad.
- 3.3.1.5. Estrato lúcido:** Está formada por una sola capa de células transparentes y homogéneas. Por lo general solo se ve en la piel gruesa de las palmas.

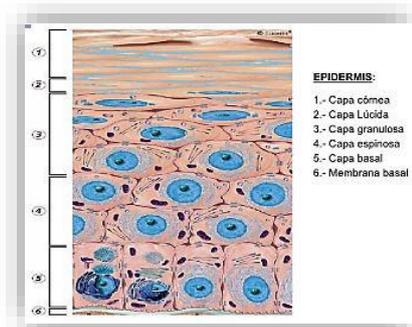


Figura 3.- Capas de la epidermis

3.4. Análisis Fitoquímico:

El análisis fitoquímico se puede orientar desde distintos puntos de vista y de acuerdo a las literaturas reportadas de diversas investigaciones. En la siguiente tabla se detallan las técnicas generales para realizar un análisis fitoquímico.

Tabla 1.- Técnicas generales para un Análisis Fitoquímico

I. De extracción: En soxhlets. Maceración. Percolación. Arrastre de vapor. Fluido supercrítico.		
II. De separación y purificación:		
Cromatografía de Papel, CP	Ascendente Descendente Circular Preparativa	CPA CPD CPC CPP
Cromatografía de capa delgada, CCD	Análítica Preparativa Bidimensional	CCD CCDP CCDB
Cromatografía líquida-líquida, (de columna: CC)	Adsorción Partición Exclusión Flash Al vacío Intercambio iónico Alta Performance, HPLC	
Cromatografía en contracorriente, CCC	A la gota (DCCC) Alta velocidad (HSCCC)	
Cromatografía gas-líquido, CGL		
Electroforesis		
III. De determinación estructural		
Espectrométricas:	Ultravioleta-Visible, UV-Vis Infrarrojo, IR Resonancia magnética nuclear de protón y de carbono-13: RMN-1H RMN-13C	
	De masas, EM	
Rayos X		
Reacciones de coloración y de precipitación		
Propiedades físicas		

Fuente: Olga Lock(1994)

3.5. Quitosano:

El quitosano es utilizado en la industria cosmética, en sistemas de administración de medicamentos y también como quelante. Tiene propiedades de antienvjecimiento, antiinflamatorio y antioxidante, debido a eso tiene la capacidad de absorber la radiación ultravioleta por lo que puede usarse como protectores solares. Según investigaciones, se ha observado una gran actividad hidratante en pruebas de quitosano previamente preparadas por degradación oxidativa con H_2O_2 , de acuerdo al grado de acetilación y el peso molecular de quitosano. Asimismo, se han desarrollado mascarilla de belleza antienvjecimiento donde se utilizó nanofibrillas de quitina, metaloproteinasa y lignina, estos componentes adicionales al quitosano mejorarían las propiedades sin modificarlas. El grado de acetilación del quitosano puede ser modificado mediante el proceso de reacetilación de tal manera que proporcione una distribución más homogénea del grupo acetilo dando lugar a un polímero con propiedades distintas. Además, se pueden incorporar distintos compuestos en las formulaciones de tal manera que retrase el envjecimiento cutáneo, entre estos compuestos se puede incluir ingredientes herbales, proteínas, minerales, vitaminas, miel y coenzima. En los últimos tiempos se ha tenido una gran proclividad para utilizar compuestos bioactivos de recursos naturales como verduras, frutas, productos naturales ya que contienen polifenoles que eliminan radicales libres. Estos compuestos son utilizados vastamente para restaurar la piel y poder reducir las señales de envjecimiento

3.6. Compuestos fenólicos:

Las plantas tienen la capacidad de sintetizar una vasta diversidad de productos secundarios, donde en su estructura se incluye un grupo fenol. Estas sustancias también son denominadas compuestos fenólicos, fenilpropanoides o polifenoles, todos estos compuestos derivan del fenol, que es un anillo aromático con un grupo hidroxilo. Estos compuestos tienen un amplio grupo que abarca desde sencillas moléculas como por ejemplo los ácidos fenólicos hasta

moléculas más complejas como la lignina y taninos condensados. Asimismo, las especies vegetales logran biosintetizar más de 8000 compuestos polifenólicos y fenólicos y su rasgo más importante es su actividad antioxidante. El grupo de compuestos fenólicos está clasificado como el más abundante de los metabolitos secundarios, se biosintetizan en las plantas por la ruta del ácido shikímico y acetato-malonato. Por la primera ruta mencionada, se producen ácidos aromáticos como por ejemplo el ácido corísmico, quínico, gálico, prefénico. Asimismo, del ácido cinámico se pueden obtener grupos como las cumarinas, flavonoles, chalconas, lignanos, flavanonas y ligninas. Por otro lado, por medio de la ruta acetato-malonato, se obtienen fenoles simples como, por ejemplo, el ácido 6-metilsalicílico y otros derivados donde se incluyen al ácido orsellínico y derivados. Según reportes, los polifenoles tienen actividades biológicas, antimicrobiana, anticáncer y antioxidantes.

3.7. Los Líquenes:

Los líquenes son organismos que producen sustancias que son bioactivas, su amplia gama de compuestos bioactivos hace que sean usados terapéuticamente en la industria de la cosmética. Los metabolitos secundarios que se encuentran presentes son: sustancias alifáticas, terpenoides, cicloalifáticas y aromáticas, además tienen importantes efectos antivirales, antiinflamatorios, analgésicos, antipiréticos, antibacterianos, citotóxicos y antiproliferativos. Además, son organismos mutualistas que producen sustancias bioactivas. (Takhur et al.,2023).

Otra parte importante que forma parte de los líquenes son los sustratos, ofrecen soporte y en algunas especies aportan nutrientes. Por lo general los sustratos son árboles, rocas, suelo, madera, entre otros. (Ávila et.al ,2023)

3.7.1. El talo (cuerpo del liquen):

Está conformado por el ficobionte y un conjunto de hifas, proporcionando de esta manera una gran diversidad de formas. De acuerdo a su estructura, se conoce dos tipos de talos, el talo homómero que no forman una estructura definida y los talos heterómeros, donde hay partes conformadas por el micobionte y otras con ambos, ficobionte y micobionte. Además suelen presentar estructuras bien diferenciadas como córtex y ricinas. (Izquierdo, 2015)

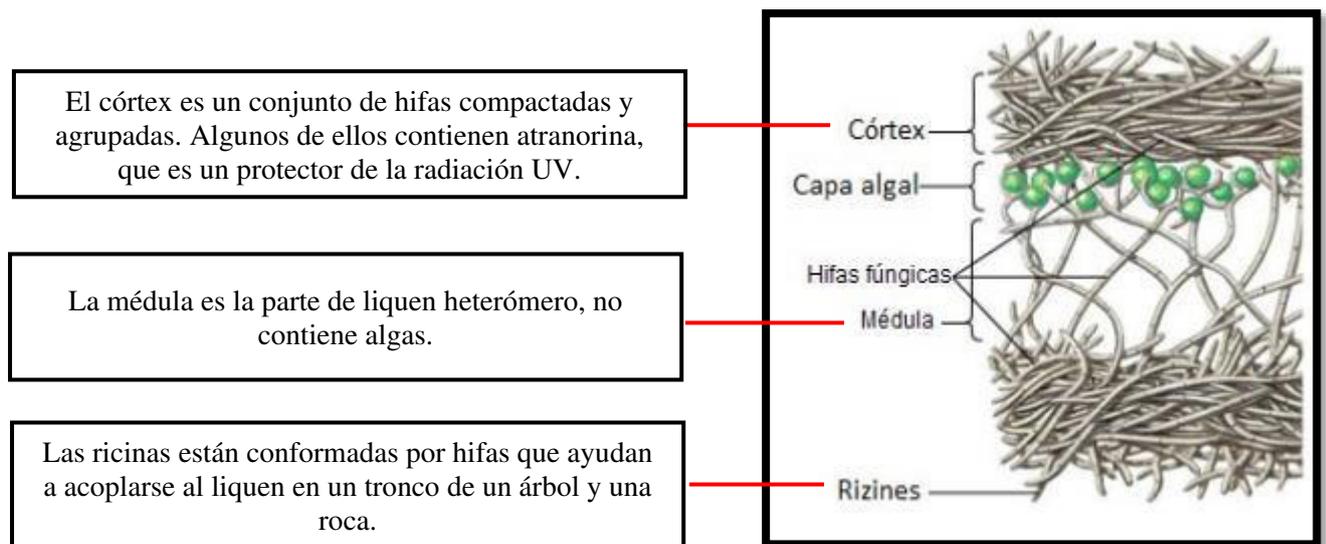


Figura 4.- Talo heterómero. (Izquierdo,2015)

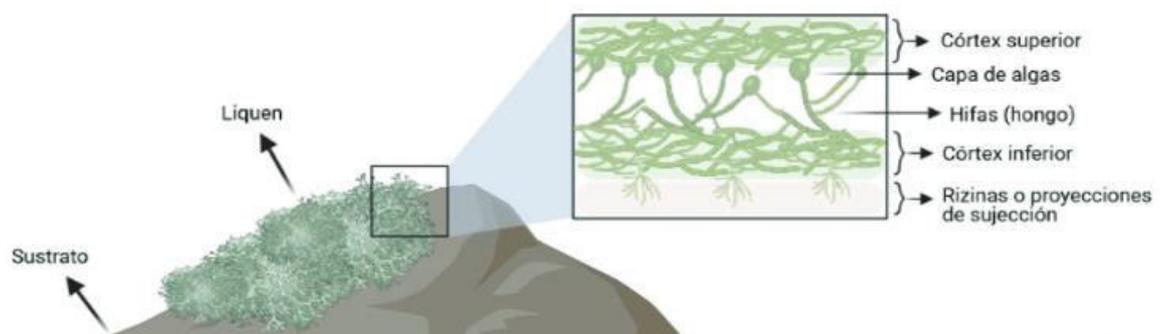
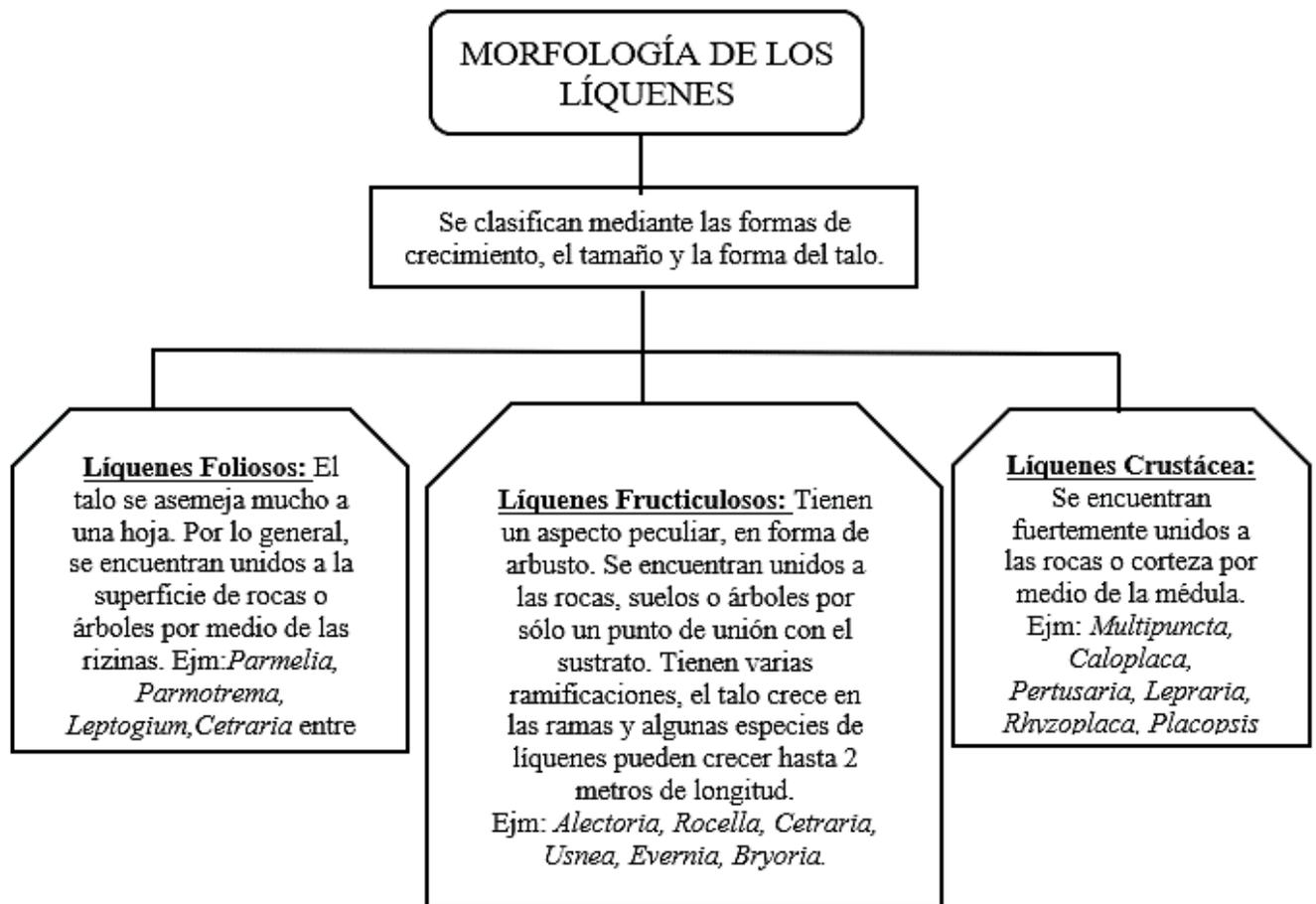


Figura 5.-Estructura del talo liquénico (Ávila et.al,2023)



Elaboración propia. Fuente: Castro (2016) y Ávila (2023)



Figura 6.-Diferentes morfotipos típicos del talo líquénico.

De izquierda a derecha se muestra el biotipo crustáceo, fruticuloso y folioso. (Izquierdo, 2015)

3.7.2. Liquenometría:

Es una técnica que biodata fenómenos geológicos, se basa en la tasa y velocidad del crecimiento de los líquenes. El liquen debe de cumplir algunos requisitos indispensables para poder utilizar este análisis:

- Se debe de tener fácil reconocimiento en campo.
- El liquen debe tener la capacidad de crecimiento en distintas superficies.
- Los márgenes talinos deben estar bien definidos.
- Conocer tasas de crecimiento y longevidad con lo que se quiere datar.
- Conocer la tasa de crecimiento del liquen elegido en un determinado territorio.

Para realizar este análisis se debe de conocer la tasa de crecimiento de los líquenes y una de las limitaciones de este análisis es el talo liquénico ya que muchas veces la coalescencia de diferentes talos termina por figurar como único (Terrón, 2016)

3.7.3. Sustancias Liquénicas:

Se han detallado más de 700 metabolitos en los líquenes denominados sustancias liquénicas, y son los siguientes: ácidos débiles con anillos fenólicos, ácidos grasos alifáticos, depsonas, metadépsidos, paradépsidos, dibenzofuranos, ácidos úsnicos, ésteres bencílicos, antraquinonas, derivados del ácido pulvínico, xantonas y terpenoides. Por lo general, los líquenes se suelen acumular en la capa del fotobionte o en la parte externa de la pared de las hifas de la medula. (Barreno et al.,2003)

Tabla 2.-Estructuras de metabolitos secundarios de líquenes. Fuente (Gómez-Serranillos,2022)

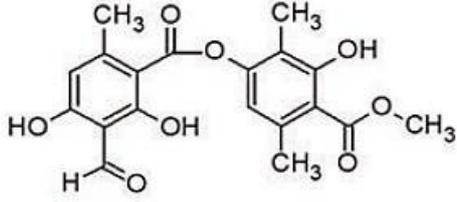
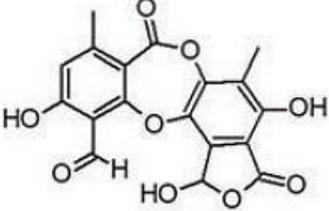
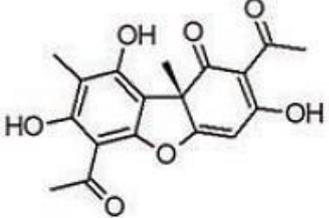
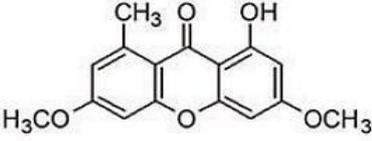
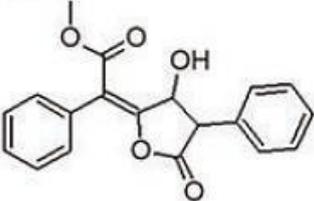
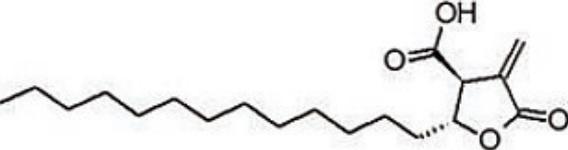
<p>Atranorina</p>	
<p>Ácido Salazínico</p>	
<p>(+)-ácido úsnico</p>	
<p>Liquexantona</p>	
<p>Ácido vulpínico</p>	
<p>Ácido proto-liquesterínico</p>	

Tabla 3.-Principales metabolitos identificados en líquenes parmeliáceos. Fuente: Gómez-Serranillos

Metabolito	Tipo de estructura	Nº de especies en que se ha identificado	Actividades farmacológicas estudiadas
Etil-hematomato	Compuesto fenólico monocíclico	2	Actividad antiinflamatoria, antioxidante y citotóxica
Ácido evérnico	Depsida	3	Actividad antioxidante, antimicrobiana y antitumoral/citotóxica
Ácido girofórico	Depsida	2	Actividad antimicrobiana y citotóxica
Ácido 3-hidroxi-fisódico	Depsidona	2	Actividad antimicrobiana, citotóxica y protectora frente a daño citogenético
Isoliquenano y liquenano	Polisacáridos	2	Actividad anti-tumoral
Ácido lecanórico	Depsida	3	Actividad antioxidante, antimicrobiana y citotóxica
Metil-hematomato	Compuesto fenólico monocíclico	2	Actividad antioxidante y antimicrobiana
Ácido olivetórico	Depsida	2	Actividad anti-angiogénica y antimicrobiana
Ácido fisodálico	Depsidona	1	Actividad citotóxica y protectora frente a daño citogenético
Ácido fisódico	Depsidona	5	Actividad antioxidante, antimicrobiana, citotóxica y protectora frente a daño citogenético
Ácido protocetrárico	Depsidona	2	Actividad antioxidante, antimicrobiana y citotóxica
Ácido protoliquesterínico	Ácido alifático	5	Actividad antiinflamatoria, antimicrobiana, citotóxica, anti-VIH e inhibitoria de enzimas
Ácido psorómico	Depsidona	2	Actividad antioxidante, citotóxica y cardioprotectora
Ácido salazínico	Depsidona	6	Actividad antioxidante, antimicrobiana, citotóxica y cicatrizante
Ácido úsnico	Dibenzofurano	23	Actividad antiinflamatoria, antioxidante, antimicrobiana, anti-leishmania, citotóxica, cardioprotectora, hepatoprotectora y cicatrizante

3.7.4. Uso De Los Líquenes:

Actualmente los usos más importantes son en la industria farmacéutica y de perfumería ya que los líquenes se caracterizan por tener moléculas orgánicas con propiedades antivirales, anticancerígenas y antibacterianas. El ácido úsnico es un compuesto de suma importancia ya que actúan en el desacoplamiento de la fosforilación oxidativa del metabolismo celular.

También se está usando como antiinflamatorio no esteroideo ya que no tiene efectos secundarios como el caso de la cortisona. Asimismo, la actividad antitumoral ha suscitado gran

interés en este campo. En la industria de la perfumería, las dos especies más usadas son *Evernia Prunastri* y *Pseudevernia furfurácea* ya que tienen la facilidad de fijar las esencias. Además, algunos líquenes son usados como tintes naturales ya que protegen los tejidos de la acción de insectos o microorganismos, esta aplicación se inició en la antigua Roma para teñir las túnicas, se usaron los líquenes *Parmelia Omphalodes* y *Pseudevernia furfurácea*. Algunos líquenes son fuente de alimento de los animales rumiantes como la *C.stellaris* y otros de ellos son usados para trabajos de decoración y floristería. (Barreno et al.,2003)

3.8. Ácido Úsnico:

Es la sustancia liquénica que forma parte de los metabolitos secundarios y es obtenido a través de la vía acetato-malonato. Para realizar la identificación del ácido úsnico (AU), se efectúa la extracción del extracto para ello, se utilizan solventes orgánicos y el procedimiento se realiza mediante maceración. Las distintas sustancias de líquenes presentan características antimicóticas, citotóxicas, antivirales y antimicrobianas. El AU (2,6-diacetil-7,9-dihidroxi-8,9b-dimetil-1,3 (2H, 9bH)-dibenzofurandiona) , se encuentra en dos formas enantioméricas, estas formas quiméricas dependen de la posición del grupo metilo en la ubicación del átomo quiral. En algunas especies se suelen presentar de una única forma enantiomérica o en algunos casos se presentan ambos. (Ávila et.al , 2023)

Fue aislado por primera vez en 1844 por el científico Alemán W.Knop y posteriormente fue sintetizado entre 1933 y 1937 por primera vez por Curd y Robertson .Son pigmentos amarillos que se producen en la corteza superior de muchas especies. Se forman a través de reacciones que unen dos o tres unidades fenólicas y fue identificado en diversos géneros de líquenes: *Cladonia*, *Usnea*, *Ramalina* , *Lecanora*, *Evernia*, *Alectoria* y *Parmelia*. Además, tiene una gran variedad de propiedades biológicas ya que es un gran antibiótico contra bacterias, micobacterias y algunos hongos patógenos, en paralelo, presenta propiedades antivirales, antiinflamatorias, antimicótica y analgésica. (Rankóvic et.al, 2014)

El ácido úsnico tiene buenas actividades biológicas, hoy en día, en el mercado existen diversos productos como cremas, cápsulas. Asimismo, existen una gran variedad de líquenes contienen ácido úsnico con un rango de concentración desde 0,1% hasta 15%.

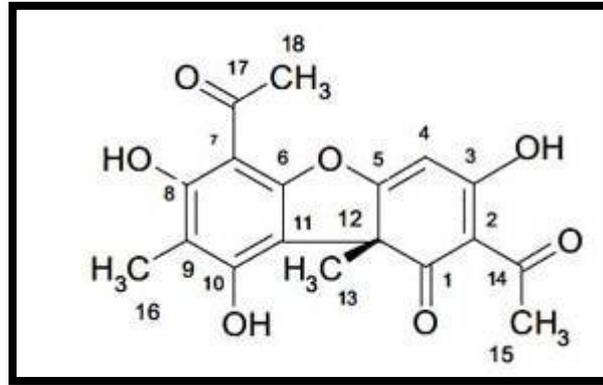


Figura 7.-Estructura química del ácido úsnico. Castro(2010)

3.8.1. Ruta metabólica para la formación de ácido úsnico:

Los líquenes generan metabolitos primarios (intracelulares) donde se incluyen a las proteínas, carotenoides, aminoácidos, vitaminas y polisacáridos, también metabolitos secundarios (extracelulares). Estos metabolitos secundarios son producidos como resultado a distintos agentes ambientales como: radiación ultravioleta, exposición a la luz, temperatura. O también por factores bióticos: depredación por insectos, mamíferos, competencia con otras plantas y microorganismos de la cual el líquen sea fuente de alimentación. Estos metabolitos secundarios son los encargados de dar algunas características a los líquenes como: color, sabor, olor (Ávila et.al, 2023). Asimismo, se conocen tres rutas metabólicas de los líquenes y son las siguientes:

3.8.1.1. Vía acetato-malonato: El ácido úsnico es un dibenzofurano producido por medio de esta vía. Por medio de esta ruta se obtiene la mayor cantidad de metabolitos secundarios, además, es utilizada por los líquenes cuando el fotobionte está compuesto por algas. Asimismo, dentro de esta vía están los líquenes que se exponen al estrés oxidativo.

Esta vía utiliza acetil-CoA y malonilCoA, estos dos compuestos son

derivados de la Coenzima A. Los metabolitos secundarios que son formados por medio de esta vía tienen una característica muy peculiar, ya que se encuentran representados por productos aromáticos., y los más representativos son los formados por el enlace de dos o tres compuestos fenólicos de tipo orcinol o β -orcinol, enlaces éter, éster y carbono-carbono. Por otro lado, la familia de líquenes que sólo contienen algas verdes son conocidas por producir ésteres aromáticos que son los derivados de acetato-polimalonato.

Mediante esta vía, alrededor del 80% de metabolitos secundarios son sintetizados

Aquí se incluyen los compuestos de líquenes más frecuentes:

- ✓ Ácidos alifáticos secundarios, ésteres y los derivados que se encuentran relacionados.
- ✓ Dépsidos, ésteres bencílicos y tridépsidos.
- ✓ Compuestos fenólicos mononucleares
- ✓ Depsidonas y ésteres difenílicos
- ✓ Depsones
- ✓ Ácidos úsnicos, dibenzofuranos y derivados
- ✓ Xantonas y Antraquinonas
- ✓ Xantonas
- ✓ Naftoquinonas
- ✓ Cromonas (Rankóvic et.al , 2014)

3.8.1.2. Ácido mevalónico: El 17% de la totalidad de compuestos son producidos mediante esta ruta. Los productos más comunes que se incluyen dentro de esta vía son:

✓ Triterpenos

✓ Esteroides

3.8.1.3. Ácido Shikímico: Mediante esta vía se sintetizan solo una pequeña porción de metabolitos secundarios.

Los géneros de líquenes más reconocidos por la producción de pigmentos de ácido pulvínico se encuentran dentro de la familia Stictacea, donde los simbiontes de las algas son generalmente azules verdosos. Dentro de la vía del ácido shikímico, se incluye:

✓ Derivados del ácido pulvínico

✓ Terfenilquinonas (Shukla et.al, 2014)

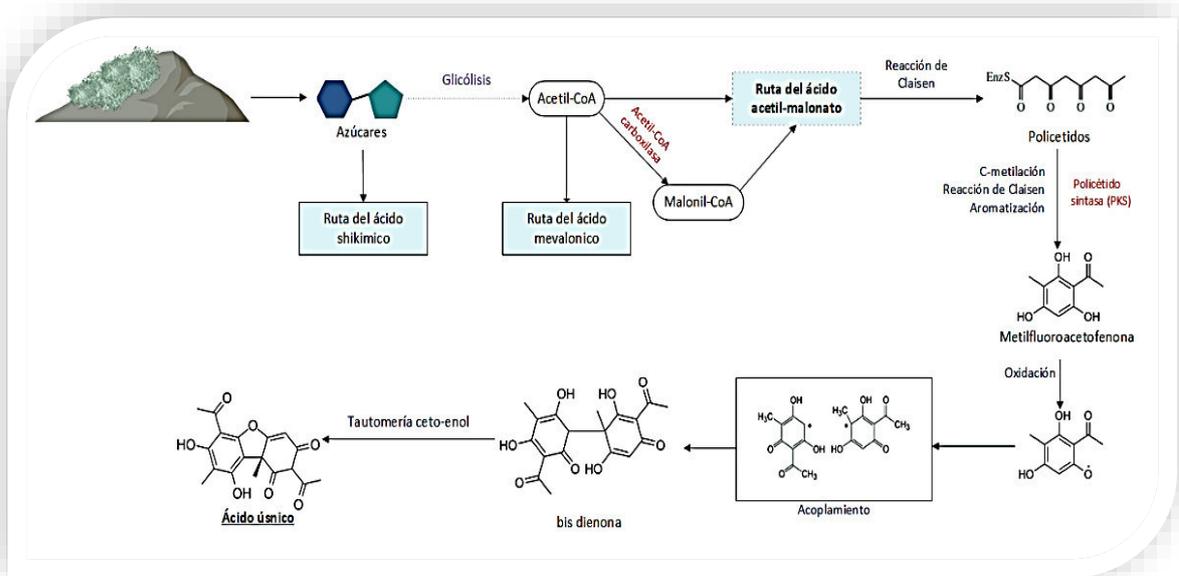


Figura 8.-Ruta metabólica del Ácido Úsnico. (Avila et.al ,2023)

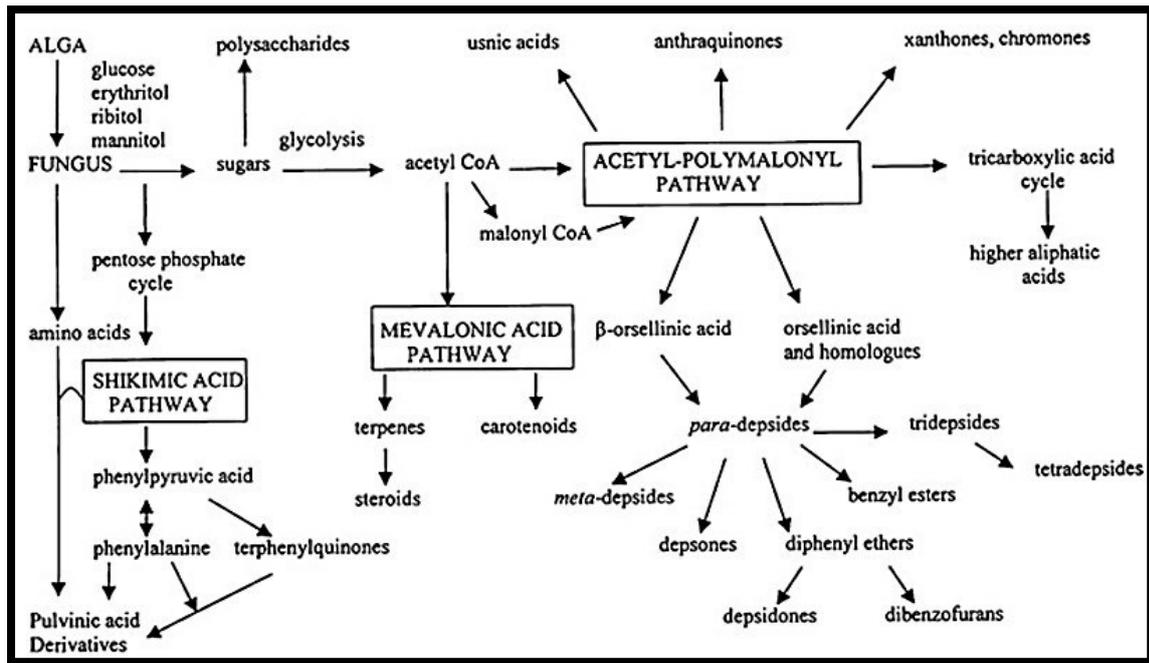


Figura 9.-Vías Biosintéticas de metabolitos secundarios de líquenes. (Rankóvic et.al , 2014)

3.9. *Psiloparmelia* sp.:

La *psiloparmelia* proviene de la familia Parmeliceae, que es monofilética y se distinguen 6 clados que corresponden en gran proporción con las agrupaciones que se basan en la morfología. La *psiloparmelia* se caracteriza por ser un líquen folioso, estos líquenes tienen apariencia de hoja, en este caso, el agua puede ser absorbido de forma gradual mediante la superficie interior entre el talo y el sustrato de contacto. Parmeliceae tiene 2000 especies en unos 90 géneros y es la familia más grande dentro de los Lecanorales

Grupo Psiloparmelioide:

En este clado se encuentran los géneros *Everniopsis* y *Psiloparmelia*. Este género contiene ácido úsnico y atranorina en la corteza y también poseen conidios bifusiformes. En el caso de la *psiloparmelia* posee isolichenano que es un polisacárido de la pared celular. (Crespo et.al,2006)

3.9.1. Taxonomía:

Reino: Vegetal

Tipo: Criptógamas

Phyllum: Euthallophytas

División: Thallophytas

Clase: Ascolichenes

Orden: Lecanorales

Suborden: Lecanoríneas

Familia: parmeliaceae

Género: *Psiloparmelia*

Tabla 4.-Géneros de Parmeliaceae según sus caracteres morfológicos

Género	Grupo Morfológico	Forma de crecimiento	Número de especies descritas
Allantoparmelia	Parmelioide	Folioso	3
Almbornia	Parmelioide	Subfruticoso	2
Arctoparmelia	Parmelioide	Folioso	5
Canoparmelia	Parmelioide	Folioso	49
Everniastrum	Psiloparmelioide	Folioso	40
Flavoparmelia	Parmelioide	Folioso	35
Flavopunctelia	Parmelioide	Folioso	7
Melanelia	Parmelioide	Folioso	8
Melanelixia	Parmelioide	Folioso	11
Melanohalea	Parmelioide	Folioso	19
Myelochroa	Parmelioide	Folioso	28
Parmelia	Parmelioide	Folioso	45
Parmelina	Parmelioide	Folioso	15
Parmelinella	Parmelioide	Folioso	5
Parmelinopsis	Parmelioide	Folioso	25
Pleurosticta	Parmelioide	Folioso	3
Psiloparmelia	Psiloparmelioide	Folioso	12
Punctelia	Parmelioide	Folioso	34
Relicina	Parmelioide	Folioso	54

Elaboración propia. Fuente (Crespo et.al,2006)

Tabla 5.-Análisis cuantitativo del ácido úsnico en 10 líquenes. Castro (2010)

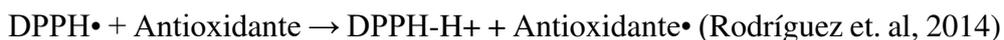
MUESTRA LIQUÉNICA	FAMILIA	% DE ACIDO ÚSNICO (BS)
<i>Flavoparmelia caperata</i>	Parmeliaceae	0,35%
<i>Flavoparmelia scabrosina</i>	Parmeliaceae	0,31%
<i>Xanthoparmelia conspersa</i>	Parmeliaceae	0,32%
<i>Alectoria ochroleuca</i>	Parmeliaceae	0,29%
<i>Hypotrachyna cendensis</i>	Parmeliaceae	0,25%
<i>Psiloparmelia subcrustosa</i>	Parmeliaceae	0,34%
<i>Psiloparmelia distincta</i>	Parmeliaceae	0,32%
<i>Thamnozia vermicularis</i> subsp. <i>Vermicularis</i>	Siphulaceae	0,06%
<i>Thamnozia vermicularis</i> subsp. <i>solida</i>	Siphulaceae	0,07%
<i>Cladina confusa</i>	Cladoniaceae	0,10%
<i>Stereocaulon alpinum</i>	Stereocaulaceae	0,12%

bs = base seca

3.10. Actividad Antioxidante:

Los antioxidantes son compuestos químicos que poseen la capacidad de retrasar el proceso de oxidación molecular mediante su propia oxidación. Tiene muchas aplicaciones desde la industria de alimentos hasta la industria del plástico. (Navarro et.al, 2008).

Uno de los métodos más reconocidos para evaluar la actividad antioxidante es a través del DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo) medido a 517nm a través del espectrofotómetro UV VIS. Este ensayo se basa en la capacidad de la sustancia a analizar, de capturar el electrón desapareado del radical o de liberar un protón. Tal como se muestra en la siguiente reacción:



El radical DPPH es nitrogenado orgánico y estable de color púrpura. Asimismo, las industrias de conservación de alimentos, fármacos y cosméticos muestran gran interés en las sustancias presentes en los líquenes por tener una alta actividad antioxidante. (Rodríguez et. al, 2014)

3.11. Ensayo Folin-Ciocalteu:

Este ensayo es utilizado como medida del contenido de compuestos fenólicos totales. Se sustenta en la reacción de los compuestos fenólicos con el reactivo Folin Ciocalteu a un pH básico. Esta reacción da lugar a una coloración azul que es analizada espectrofotométricamente a 765nm. El reactivo comprende la mezcla de wolframato sódico y molibdato sódico en ácido fosfórico y reacciona fácilmente con los compuestos fenólicos que se encuentran en la muestra. El ácido fosfomolibdotúngstico es de color amarillo, pero al ser reducido por los grupos fenólicos, la coloración se transforma a un complejo de color azul intenso que es medido para la evaluación del contenido de polifenoles.

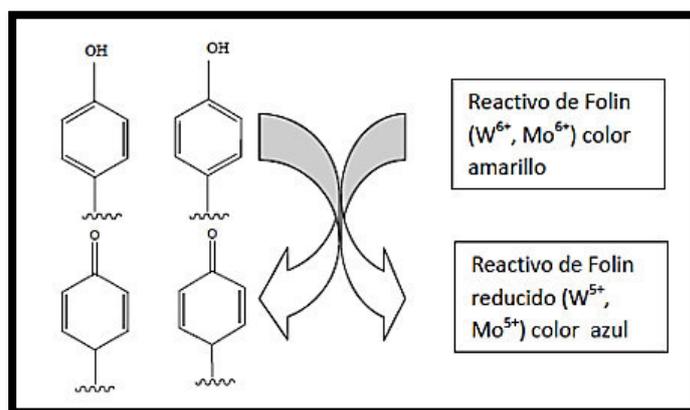


Figura 10.-Mecanismo de acción del reactivo Folin-Ciocalteu.

Fuente:(Martinez et.al, 2023)

La oxidación de los polifenoles en la muestra denota una coloración azulada y presenta una absorbancia máxima a 765nm. El patrón recomendado para la curva de calibración es el ácido gálico. Este método de análisis aparte de ser de gran importancia para los líquenes, es utilizado con frecuencia para conocer la capacidad antioxidante de los alimentos vegetales. (Martinez et.al, 2023)

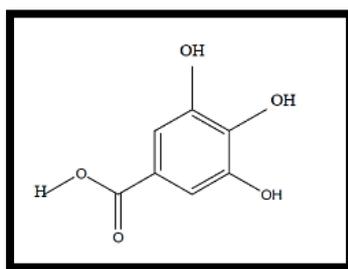


Figura 11.-Estructura química del ácido gálico

4. CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo de investigación:

La investigación es cuantitativa ya que el proyecto de investigación se basa en el análisis del líquen *psiloparmelia sp.*

4.2. Diseño de investigación:

El diseño de la investigación es de tipo experimental y consiste en tres etapas: I) Descripción del estudio liquenoquímico, II) Análisis para determinar la capacidad antioxidante del líquen, la actividad fenólica y la cuantificación e identificación del ácido úsnico por métodos espectroscópicos y III) Finalmente la preparación de la crema fotoprotectora.

4.3. Lugar y tiempo:

La parte experimental del proyecto se realizó en el laboratorio de Productos Naturales de la Facultad de Química e Ing. Química de la UNMSM en el período Agosto- Noviembre 2023.

4.4. Población:

El líquen *psiloparmelia sp.* fue recolectado en el departamento de Huancavelica a 3 676 m.s.n.m, en el centro poblado de Huaytará. Se tomó 1kg de las rocas.

4.5. Muestra:

Se realizó el procedimiento del macerado con 100 g del líquen para obtener el extracto alcohólico.

4.6. Definición de las variables de estudio

Variables independientes:

- ✓ Extracto alcohólico de la *psiloparmelia sp.*

Variables dependientes:

- ✓ Contenido de la actividad antioxidante.
- ✓ Contenido de fenoles totales
- ✓ Contenido de la crema fotoprotectora.

- ✓ Pruebas organolépticas de la crema
- ✓ Pruebas fisicoquímicas de la crema
- ✓ Prueba fotoprotectora (Método de ecuación de Mansur)

MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANÁLISIS LIQUENOQUÍMICO (ANTIOXIDANTE Y FENOLES TOTALES) DE LA *Psiloparmelia sp.* Y LA PREPARACIÓN DE UNA CREMA FOTOPROTECTORA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES		
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	VARIABLES DEPENDIENTES	VARIABLES INDEPENDIENTES	METODOLOGÍA
¿En qué medida el análisis liquenoquímico (Antioxidantes y fenoles totales) del líquen <i>Psiloparmelia sp.</i> permitirá la actividad fotoprotectora de la crema preparada?	Realizar el análisis liquenoquímico. (Antioxidantes y fenoles totales) del líquen <i>Psiloparmelia sp.</i> y la preparación de una crema fotoprotectora.	El análisis liquenoquímico. (Antioxidantes y fenoles totales) del líquen <i>Psiloparmelia sp.</i> permitirá obtener la crema y determinar su actividad fotoprotectora	-Contenido de la actividad antioxidante -Contenido de fenoles totales. -Contenido de la crema fotoprotectora -Pruebas organolépticas de la crema. -Pruebas fisicoquímicas de la crema. -Prueba fotoprotectora (método de ecuación de Mansur).	-Volumen del extracto alcohólico	Enfoque de investigación: -Descriptiva Tipo de investigación: -Descriptivo Diseño de Investigación: -Transversal Población: Se tomó 1kg del líquen <i>Psiloparmelia sp.</i> de las rocas, restos vegetales y cortezas. Muestra: Se realizó el análisis liquenoquímico con 100g del líquen <i>Psiloparmelia sp.</i>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis específicas			
¿En qué medida se podrá determinar la actividad antioxidante y fenoles por espectroscopía UV VIS del extracto del líquen? ¿En qué medida se podrá determinar el contenido de ácido úsnico por espectroscopía UV VIS? ¿En qué medida se podrá preparar y caracterizar la crema fotoprotectora obtenida a partir de la <i>Psiloparmelia sp.</i> ?	Analizar la actividad antioxidante y fenoles totales del extracto del líquen mediante espectroscopía UV VIS. Analizar el ácido úsnico mediante la técnica espectroscópica UV VIS. Preparar y caracterizar la crema fotoprotectora obtenida a partir del extracto de la <i>Psiloparmelia sp.</i>	El análisis de la actividad antioxidante y fenoles totales se podrá determinar por espectroscopía UV VIS. El análisis del contenido del ácido úsnico se podrá determinar por espectroscopía UV VIS. A partir del extracto de la <i>Psiloparmelia sp.</i> se podrá preparar y caracterizar la crema fotoprotectora.			

OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES:

	VARIABLES	Definición Conceptual	Definición Operacional	
			Dimensiones	Indicadores
VARIABLE INDEPENDIENTE	Solución del extracto alcohólico de la <i>psiloparmelia sp.</i>	Extracto alcohólico para realizar los análisis.	Concentración del extracto: (mg/mL)	Cantidad del extracto alcohólico de la <i>psiloparmelia sp.</i>
VARIABLE DEPENDIENTE	Concentración de la actividad antioxidante	Evitan que los radicales libres generen daño celular.	(mg extracto /mL)	Cantidad del DPPH
	Contenido de fenoles totales	Tienen propiedades antioxidantes	(mg ácido gálico /mL extracto)	Contenido de fenoles totales
	Contenido de la crema fotoprotectora	Peso total de la crema fotoprotectora.	gramos(g)	Contenido de la crema fotoprotectora.
	Pruebas organolépticas de la crema	Caracterización de la crema	Color, olor, textura, consistencia.	Cantidad de la crema.
	Pruebas fisicoquímicas de la crema	Caracterización fisicoquímica de la crema	pH, influencia de la Temperatura, determinación del residuo seco, tipo de emulsión.	Contenido de la crema
	Prueba fotoprotectora (método de ecuación de Mansur)	Capacidad de reflejar, absorber o dispersar los fotones de la radiación UV.	Factor de protección solar	Absorbancia

4.7. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

4.7.1. Materiales:

Vasos (150mL, 250mL, 400mL), pipetas (2mL, 5mL, 10mL), baguetas, probetas, matraces, embudos, espátulas, cocinilla, pinzas, fiolas, papel aluminio, luna de reloj, viales, cocinilla eléctrica, termómetro, balanza analítica.

4.7.2. Reactivos:

DPPH(1,1-difenil-2-picril-hidrazilo), ácido ascórbico, alcohol medicinal, acetona, metanol, ácido gálico, reactivo Folin Ciocalteau, Na₂CO₃ (Carbonato de sodio), ácido úsnico, cloroformo.

4.7.3. Equipos:

Los equipos usados fueron: espectrofotómetro UV-VIS GENESYS 10S, espectrofotómetro FT-IR THERMOSCIENTIFIC.

4.8. Metodología de la investigación:

4.8.1. Obtención del extracto de alcohol a partir del líquen *psiloparmelia sp.*

Para la obtención del extracto del líquen *psiloparmelia sp.* se realizó mediante el método detallado por Castro (2010).

4.8.1.1. Recolección del líquen *psiloparmelia sp.*: Se recolectó el líquen en la provincia de Huancavelica del centro poblado de Huaytará el 20 de Agosto del 2023 a las 9:00 am.

4.8.1.2. Selección del líquen *psiloparmelia sp.*: Se tuvo cuidado de no recoger impurezas como tierra, piedras pequeñas, entre otros.

4.8.1.3. Molienda del líquen *psiloparmelia sp.*: Se utilizó el molino del laboratorio de Productos Naturales para realizar este procedimiento. Se obtuvo el líquen molido por completo.

4.8.1.4. Pesado del líquen *psiloparmelia sp.*: Se pesó 100g para realizar el macerado

con el alcohol.

4.8.1.5. Macerado del líquen *psiloparmelia sp*: Se realizó el procedimiento de macerado por duplicado en alcohol medicinal(100g) durante 3 días.

4.8.1.6. Filtrado: Se realizó la filtración de ambos extractos utilizando el papel Whatman N°1. Se obtuvo el extracto, posteriormente se comenzó a realizar los análisis respectivos.

4.8.2. Procedimiento experimental para el análisis de Antioxidantes:

Se pesó 0.0029 g de DPPH y se diluyó en metanol: agua (4:1). Después, se preparó una curva de calibración con 2mg de ácido ascórbico como patrón en una concentración de 100ppm para proceder a diluir en concentraciones de 20 ,10,8, 6,4,2,1 y 0,1 ppm. A continuación, se agregó a los viales 0,3mL de cada concentración con 3mL de DPPH. Para el análisis del extracto alcohólico, se tomó 1mL del extracto y se enrazó con alcohol medicinal en una fiola de 25mL, realizando el mismo procedimiento en 5 fiolas. Seguidamente se añadió 0,3 del volumen de la muestra con 3mL de DPPH y se dejó reposando por 30 min. Finalmente se realizó las mediciones en el espectrofotómetro UV-VIS GENESYS 10S a 517nm. (Manojlović, 2012) y (Kosanić,2013)

4.8.3. Procedimiento experimental para el análisis de fenoles:

Se realizó el análisis de fenoles mediante el método de Folin- Ciocalteu. Se preparó una curva de calibración usando al ácido gálico como patrón, para ello se pesó 0,01g y se diluyó con agua destilada en una fiola de 100mL. A continuación, se realizó 7 diluciones de 20 ,10, 8, 6, 4, 2 y 0,2 mg/L utilizando al ácido gálico como patrón (100 mg/L) en fiolas de 25mL. Seguidamente, en 7 viales se agregó 200µL de las diluciones del ácido gálico, 500 µL del reactivo Folin Ciocalteu (1N) y 1,5mL de Na₂CO₃ al 2%, se agregó agua destilada hasta tener un volumen de 4 mL. Se dejó reposando durante 2h para después medir en el espectrofotómetro UV VIS a 760nm. De igual manera se prepararon

las muestras, primero se tomó 1mL del extracto y se enrazó hasta 25mL con agua destilada. Se realizó las diluciones 5 veces para el extracto alcohólico. Seguidamente, se tomó 200 µL del extracto, 500 µL del reactivo Folin Ciocalteau (1N) y 1,5mL de carbonato de Sodio al 2% se llevó hasta un volumen de 4mL y se dejó reposando por 2h para después medir las absorbancias en el espectrofotómetro UV VIS a 760nm. (Castro,2017).

4.8.4. Cuantificación del ácido úsnico:

Para este análisis se preparó una curva de calibración utilizando como patrón al ácido úsnico, para ello, se pesó 0,001g de ácido úsnico y se disolvió con cloroformo en una fiola de 100mL. Se realizaron 7 diluciones en concentraciones de 10, 5, 3, 1 ; 0,6 ; 0,3 ; 0,1 ppm. Seguidamente, se realizó las diluciones para el extracto alcohólico. Para ello, se tomó 1mL el extracto alcohólico y se enrazó hasta 25mL con cloroformo. Seguidamente, se tomó 1mL de la fiola anterior y se enrazó hasta 25 mL obteniendo así 5 fiolas para el extracto. Finalmente, se realizó la medición en el espectrofotómetro UV VIS a 284nm. (Castro ,2017)

4.8.5. Aislamiento del ácido úsnico:

Se pesó 100g del liquen *psiloparmelia sp.*, se dejó macerando por 3 días con acetona, se filtró y se dejó evaporando por 3 días. Se observó la formación de solidos amarillos, los cuales se filtraron y se recrystalizaron en el sistema CHCl₃-MeOH (1:1 v/v) con el objetivo de purificarlos para finalmente obtener cristales amarillos, los cuales fueron medidos en el espectrofotómetro FT-IR THERMOSCIENTIFIC y GENESYS 10S UV-VIS. (Maulidiyah,2021) y (Castro, 2017)

4.8.6. Preparación de la crema fotoprotectora:

Tabla 6.-Componentes para preparar la crema

FASE A	Cantidad(g)	FASE B	Volumen(mL)
Cera Lanette SK	5g	Propilenglicol	2,5mL
Alcohol Cetílico	0.75g	Nipagin	0,2mL
Vaselina Líquida	14.25g	Agua destilada	86mL
Cetiol V	0.5g	Extracto alcohólico	10mL
Metil parabeno	0.10g		
Propilparabeno	0.05g		
Glicerina	3g		
Texapón	0.70g		

Elaboración propia

Se rotuló dos vasos, uno correspondiente a la Fase A y otro a la Fase B. Primero, se pesaron los componentes de la fase A en el mismo vaso, procurando de tarar antes de cada medición. Seguidamente, se pesaron los componentes de la fase B. Luego, se calentaron ambas fases en la cocinilla eléctrica, se fue agitando vigorosamente y se tomó la temperatura cada cierto tiempo. Cuando el termómetro estuvo entre 70-80°C, la fase B(acuosa) se añadió lentamente a la Fase A (oleosa) y se continuó agitando con la bagueta. Posteriormente, se añadió 10mL de quitosano. Finalmente, se llevó la crema al homogeneizador por 2 minutos para lograr una consistencia homogénea. (García et.al, 2021)

4.8.6.1. Caracterización organoléptica: (Hanco, 2018)

Se realizó este análisis mediante las características de olor, color, textura, consistencia, entre otros. Se colocó la crema en la mano para la caracterización.

4.8.6.2. Caracterización fisicoquímica: (Camones, 2014)

Se realizó los siguientes análisis:

4.8.6.2.1. Medición de pH:

Se determinó el pH con un pH metro

4.8.6.2.2. Influencia de la temperatura:

Este análisis se realizó en la estufa, se pesó 1g de la crema en un luna de reloj. Después se analizó cada día la variación del color. Según Marmolejo (2013), el criterio a seguir es que un día es equivalente a un mes donde la crema es estable al sol. Seguidamente se evaluó visualmente las características organolépticas de la crema.

4.8.6.2.3. Determinación de residuo seco:

Este análisis se basa en la medición por pérdida de peso, se pesa 1 g de la crema y se calienta en la estufa por 2h a una temperatura de 105°C. (Marmolejo 2013).

La ecuación para calcular el % de residuo seco es el siguiente:

$$\% \text{ Residuo seco} = \frac{\text{Peso final de la muestra}}{\text{Peso inicial}} \times 100\%$$

4.8.6.2.4. Tipo de Emulsión: (Marmolejo 2013)

Se realizaron 2 pruebas:

- ✓ **Prueba de Dilución:** Se dispersó 0,5 gramos de producto en 50 mL de agua. Si se obtiene una emulsión lechosa es indicador que la crema es aceite /agua. Las emulsiones agua / aceite no se diluyen.
- ✓ **Prueba de Lavado:** Se colocó 1g de la crema sobre la mano. Luego, se dejó correr la corriente de agua. Si la emulsión es aceite / agua se puede lavar por completo la mano.

4.8.7. Determinación del factor de protección solar (FPS): (Mendoza ,2018)

Se pesó 1g de la crema elaborada con el extracto de alcohol y se agregó 50 mL de etanol, se disolvió la crema por completo y finalmente se filtró para poder realizar la medición en el espectrofotómetro UV VIS GENESYS 10S.

5. CAPÍTULO V.-ANÁLISIS DE RESULTADOS

Datos generales del extracto del líquen:

La recolección del líquen se llevó a cabo en el departamento de Huancavelica, el peso de recolección de la muestra fue 1Kg. Se llevó a un proceso de molienda y después se realizó 2 extracciones con etanol por 3 días por cada extracción, donde se recolectó 565mL del extracto alcohólico.

Tabla 7.-Volúmen obtenido del extracto del líquen

MACERADO	VOLUMEN
Liquen <i>Psiloparmelia sp.</i> con alcohol	565 mL

5.1. Análisis de antioxidantes:

Datos obtenidos del espectrofotómetro UV- VIS.

Tabla 8.-Datos de las concentraciones y absorbancias del Análisis de antioxidantes

Concentraciones de la curva patrón	Absorbancias
0.1ppm	0.555
6ppm	0.566
8ppm	0.574
10ppm	0.578

Datos del extracto:

Tabla 9.-Datos de las absorbancias del extracto a 517nm

EXTRACTO ALCÓHOLICO
0.500
0.566
0.564
0.601
0.584

Resultados obtenidos del análisis de antioxidantes:

Tabla 10.-Contenido de antioxidantes en el extracto liquénico

Muestra	Peso(g)	Absorbancia Promedio	Concentración del ácido ascórbico(mg/L)	mgAA/L sol en el extracto
Extracto Etanólico	100	0.578	16.60	2.3

5.2. Análisis de fenoles:

Datos obtenidos del espectrofotómetro UV- VIS:

Tabla 11.-Concentraciones y absorbancias del análisis de fenoles a 760nm

Concentraciones de la Curva Patrón	Absorbancias
6ppm	0.011
8ppm	0.065
10ppm	0.176
20ppm	0.372

Datos del extracto alcohólico:

Tabla 12.-Datos de las concentraciones y absorbancias del extracto a 760nm

EXTRACTO ALCÓHOLICO
0.225
0.061
0.028
0.006

Resultados obtenidos del análisis de fenoles:

Tabla 13.-Contenido de fenoles totales en el extracto liquénico

Muestra	Peso(g)	Absorbancia Promedio	Concentración del ácido gálico(mg/L)	mgAG/L sol del ácido gálico en el extracto
Extracto Etanólico	100	0.156	3.57	12.6

5.3. Análisis del ácido úsnico:

Datos obtenidos del espectrofotómetro UV- VIS.

Tabla 14.-Concentraciones y absorbancias del análisis del ácido úsnico

Concentraciones de la curva patrón	Absorbancias
1ppm	0.047
3ppm	0.248
5ppm	0.843
10ppm	0.923

Datos del extracto:

Tabla 15.-Datos de las concentraciones y absorbancias del extracto

EXTRACTO ALCÓHOLICO
0.765
0.056
0.008
0.003

Tabla 16.-Contenido de ácido úsnico en el extracto liquénico

Muestra	Peso(g)	Absorbancia Promedio	Concentración del ácido gálico(mg/L)	% equivalente del ácido úsnico en el extracto
Extracto Etanólico	100	0.515	13.85	1,4%

6. CAPÍTULO VI. - DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Determinación de antioxidantes

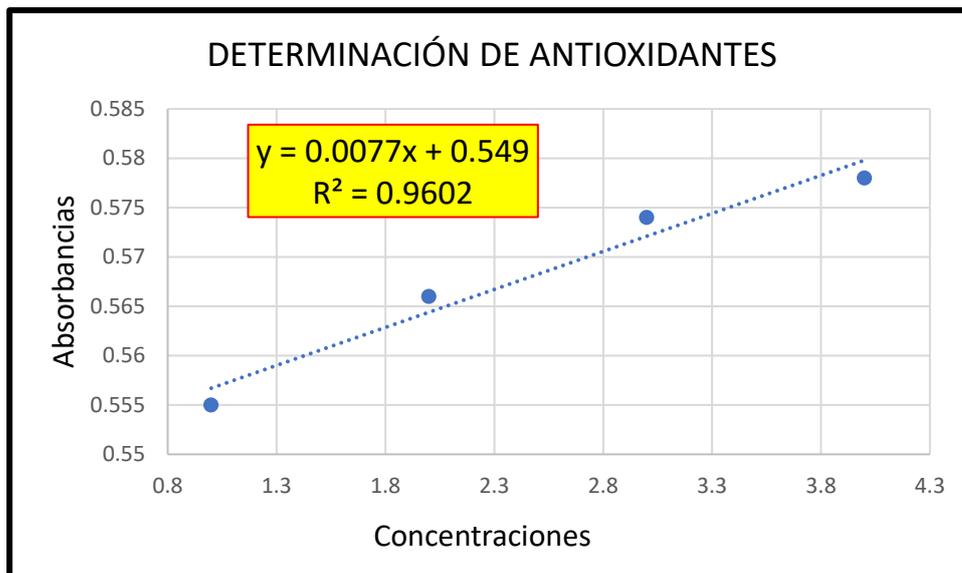


Figura 12.-Gráfica de absorción vs concentración del análisis de antioxidantes

En la tabla 8 se muestran las concentraciones y absorbancias con las que se realizó la curva patrón (Fig.12), para poder determinar la concentración el ácido ascórbico. Con la ecuación resultante de la gráfica se relacionó la concentración del ácido ascórbico con la absorbancia:

$$y = mx + b$$

Donde: $m = 0.0077$, $b = 0.549$ y $Y = \text{absorbancia}$

Para el caso del extracto etanólico la absorbancia tomada en cuenta fue 0.500 obteniendo una concentración de 16.60 mg/L (Tabla 10) y el porcentaje equivalente del ácido ascórbico fue de 2.3mg AA/g.

6.2. Figura de la determinación de fenoles

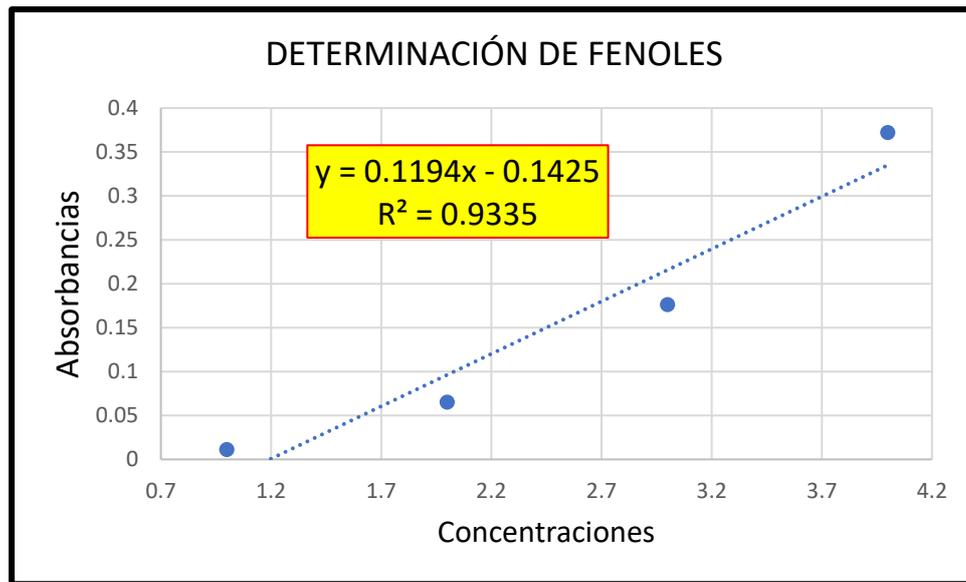


Figura 13.-Gráfica de absorbanza vs concentración del análisis de fenoles

Se realizó la determinación del contenido de fenoles totales, se midieron las absorbanzas de las soluciones del ácido gálico (tabla 11) donde se obtuvo la curva patrón (Fig. 13). Con la ecuación resultante de la gráfica se relacionó la concentración del ácido gálico con la absorbanza $y = mx + b$

Donde: $m = 0.1194$, $b = -0.1425$ y $Y = \text{absorbancia}$

Para el caso del extracto etanólico la absorbanza tomada en cuenta fue 0.028 obteniendo una concentración de 3.57 mg/L (Tabla 13) y los mg AG /g muestra fue de 12.6 mg AG /g muestra.

6.3. Determinación del ácido úsnico

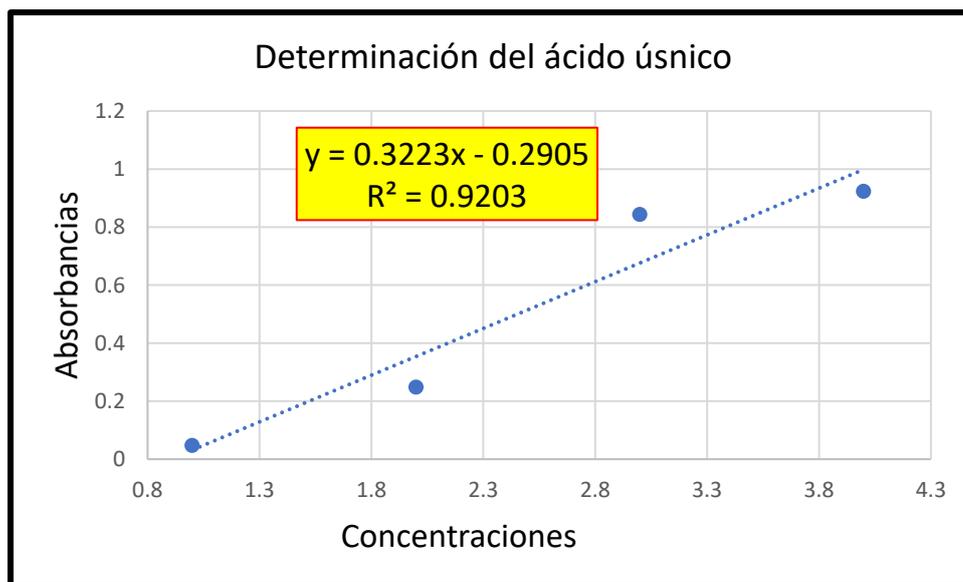


Figura 14.-Gráfica de absorbanza vs concentración del análisis del ácido úsnico

Se realizó la determinación del contenido ácido úsnico, se midieron las absorbancias de las soluciones del cloroformo (tabla 14) donde se obtuvo la curva patrón (Fig.14) Con la ecuación resultante de la gráfica se relacionó la concentración del ácido gálico con la absorbancia

$$y = mx + b$$

Donde: $m = 0.3223$, $b = 0.2905$ y $Y = \text{absorbancia}$

Para el caso del extracto etanólico la absorbancia tomada en cuenta fue 0.056 obteniendo una concentración de 3.92 mg/L (Tabla 16) y la cantidad de mg de ácido úsnico en la muestra fue de 13.85 mgAU/g muestra. Finalmente, el % equivalente del ácido úsnico fue de 1.4%

SÓLIDO I: Se obtuvo el primer sólido a partir del aislamiento del ácido úsnico:

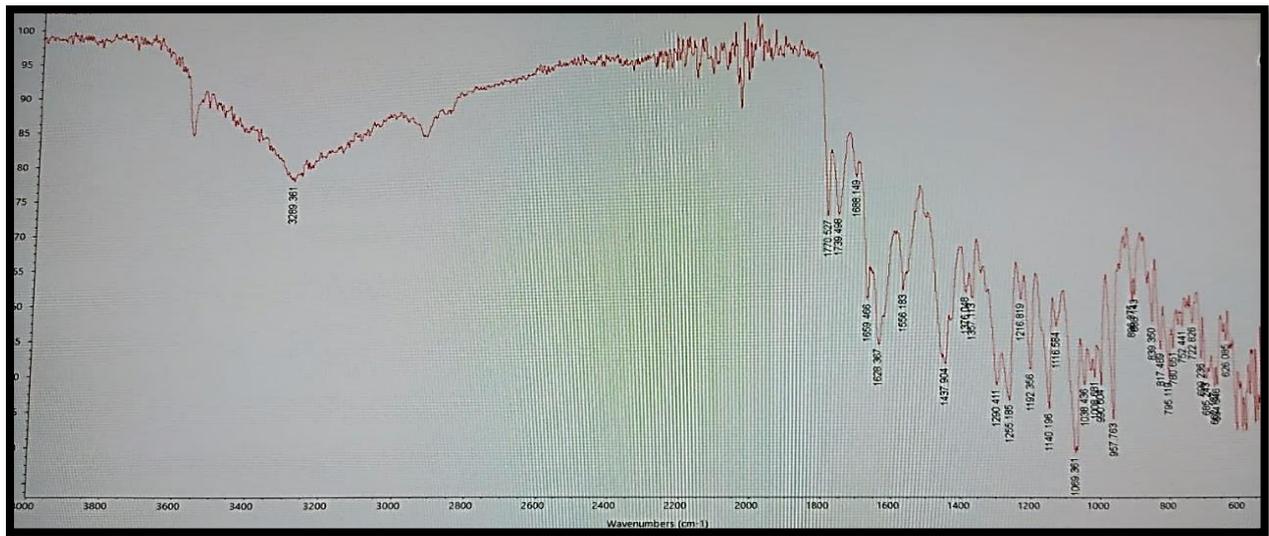


Figura 15.-Sólido I (ácido úsnico)

SÓLIDO 2: Se obtuvo el segundo sólido a partir del aislamiento del ácido úsnico:

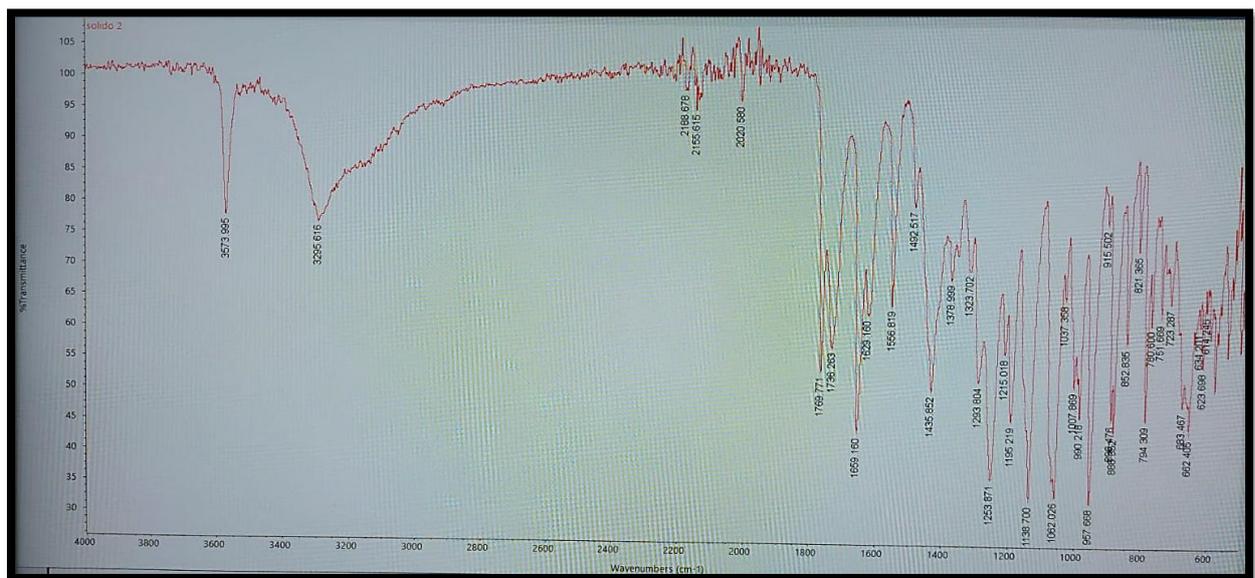


Figura 16.-Sólido II (ácido úsnico)

Del análisis del ácido úsnico se obtuvo dos sólidos que fueron analizados en el espectrofotómetro FT-IR, la banda del sólido I en 3289.361 cm⁻¹ corresponde al OH, la banda en 1688.149cm⁻¹ corresponde al alargamiento del C=O, la banda en 1628.367 cm⁻¹ es el grupo C=C conjugado, y la banda en 1290.411 corresponde al alargamiento del C-O-C.

En cuanto al Sólido II, la banda en 3573.995 cm⁻¹ corresponde a la banda OH, la banda en

1629.160 cm^{-1} corresponde al grupo C=C conjugado y la señal en 1293.804 cm^{-1} corresponde al alargamiento C-O-C.

Ácido Úsnico Patrón (MERCK): Se analizó como referencia el ácido úsnico patrón.

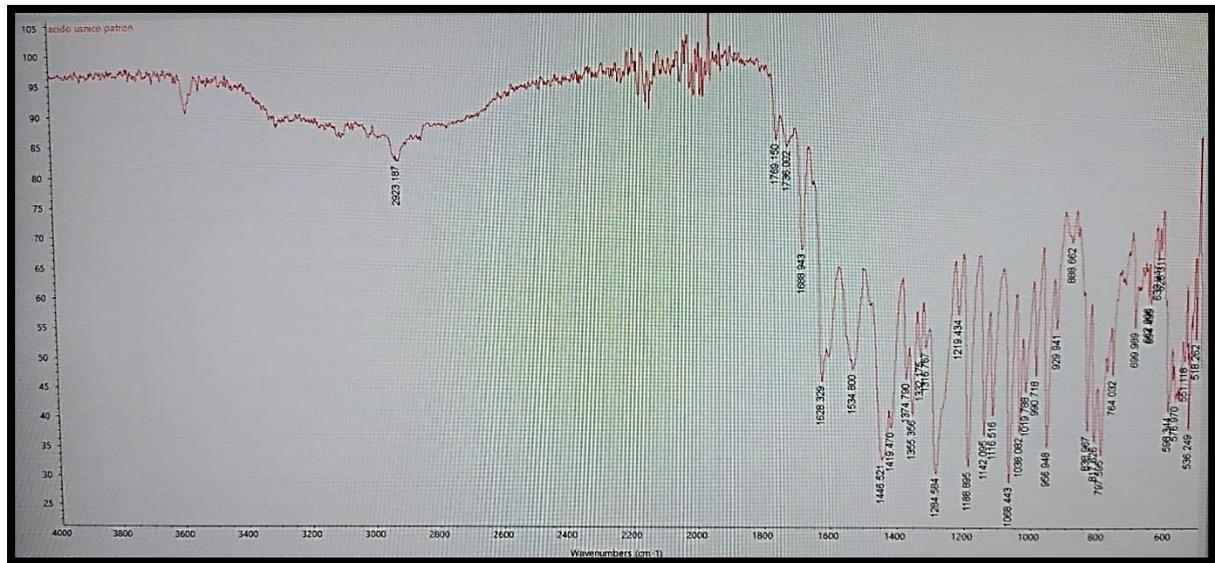


Figura 17.-Ácido Úsnico Patrón

Sólido ácido úsnico: Se realizó el análisis FT-IR del ácido úsnico obtenido experimentalmente.

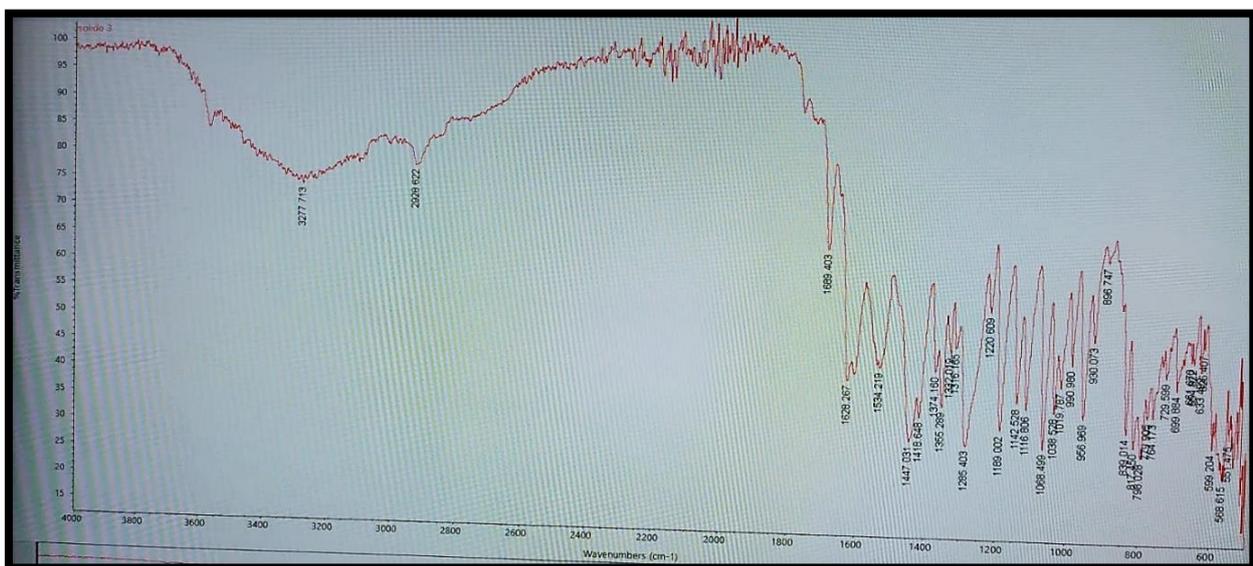


Figura 18.-Sólido 3 experimental

6.3.1. Comparación del ácido úsnico patrón y el ácido úsnico experimental:

En base al espectro ATR se observan que las dos bandas sobrepuestas son muy similares ya que presentan señales idénticas, confirmando que el sólido 3 obtenido corresponde al ácido úsnico.

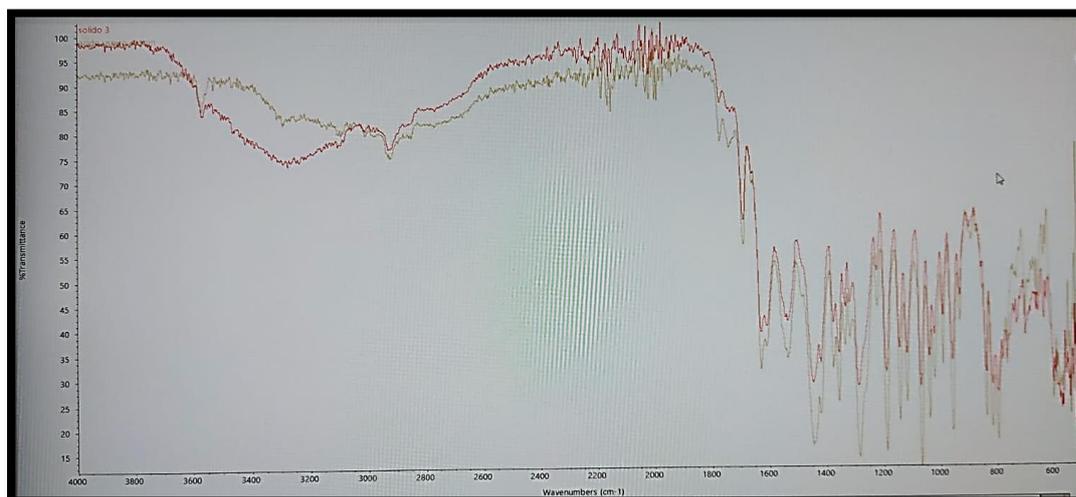


Figura 19.-Bandas del ácido úsnico patrón y experimental

Tabla 17.-Resultados en el IR del ácido úsnico patrón y experimental

Grupo Funcional Castro (2010)	Ácido Úsnico Patrón(cm ⁻¹)	SÓLIDO 3 (cm ⁻¹)	Castro (2010) cm ⁻¹
Banda OH	3275.692	3277.713	3438
Alargamiento del C-H aromático	2923.187	2928.622	3008
Alargamiento del C=O	1688.943	1689.403	1691
Grupo C=C conjugado	1628.329	1628.267	1632
Alargamiento del C-O-C	1284.584	1285.403	1290

Se realizó el análisis de las señales del ácido úsnico patrón con el sólido obtenido experimentalmente y se pudo comprobar la semejanza de los valores con la literatura Castro (2010).

6.3.2. Análisis del ácido úsnico en el UV VIS:

SÓLIDO I: Se obtuvo el pico máximo en 292 nm

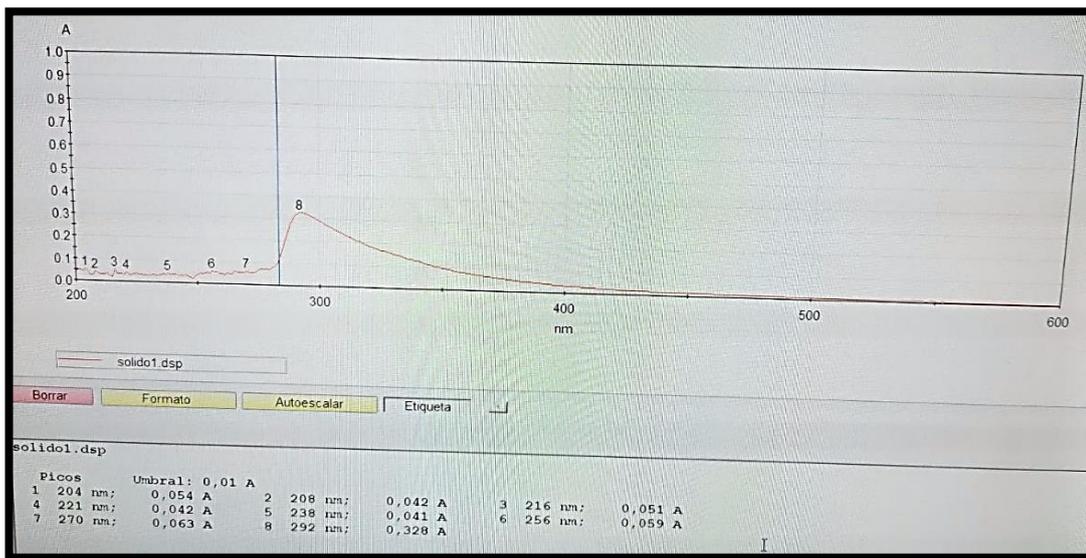


Figura 20.-Banda de absorción Sólido I

SÓLIDO II: Se obtuvo el pico máximo en 311 nm.

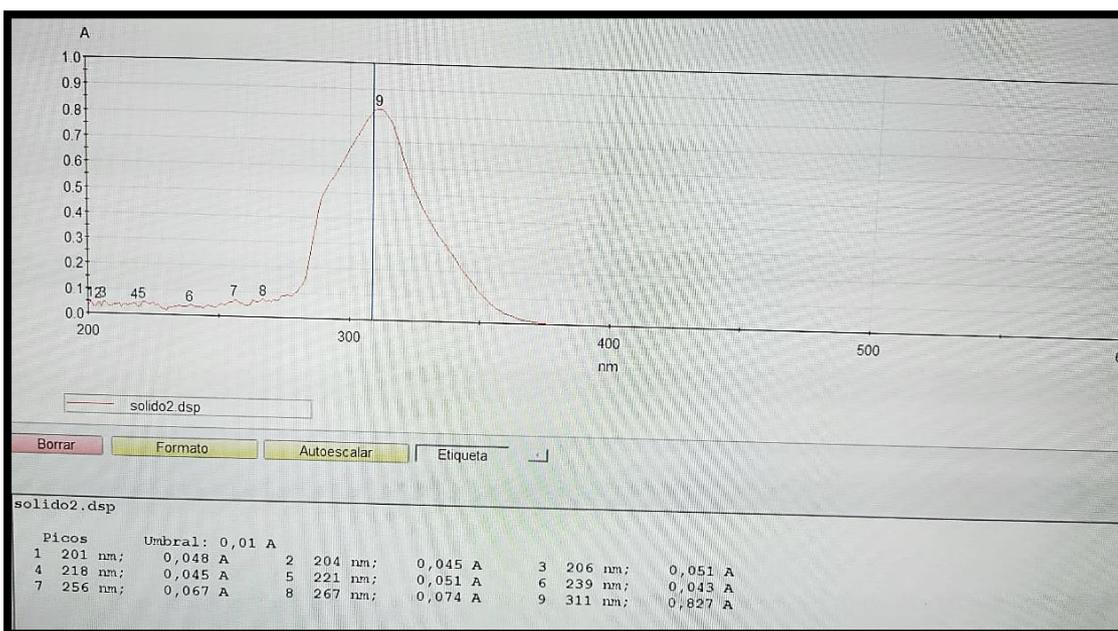


Figura 21.-Banda de absorción Sólido II

Tabla 18.-Cuadro comparativo de las bandas en el UV VIS del ácido úsnico.

Bandas de absorción reportadas (UV VIS)	Siqueira Moura (2008)	Castro (2011)	Sólido I (ácido úsnico)	Sólido II (ácido úsnico)
Longitud de onda	280 nm	282 nm	292 nm	311 nm

De acuerdo a las literaturas revisadas, se comprueba que los sólidos obtenidos del aislamiento del ácido úsnico corresponden al ácido úsnico.

6.4. Análisis de la crema fotoprotectora:

6.4.1. Crema:

Se obtuvo 150 g de crema preparada con el extracto alcohólico.



Figura 22.-Crema fotoprotectora con el extracto de alcohol

6.4.2. Análisis de pH:

Este análisis se desarrolló con un pHmetro. En donde el pH resultante con el extracto de alcohol fue de 6.5.



Figura 23.-Análisis del pH de la crema fotoprotectora.

6.4.3. Influencia de la Temperatura:

Se realizó el análisis de la estabilidad frente a la temperatura a 40°. Se observó que hubo un cambio de color recién a partir del día 2(24h). De acuerdo a este cambio y tomando en cuenta la literatura se afirma que la crema es estable al sol, ya que un día estable es equivalente a un mes estable al sol.

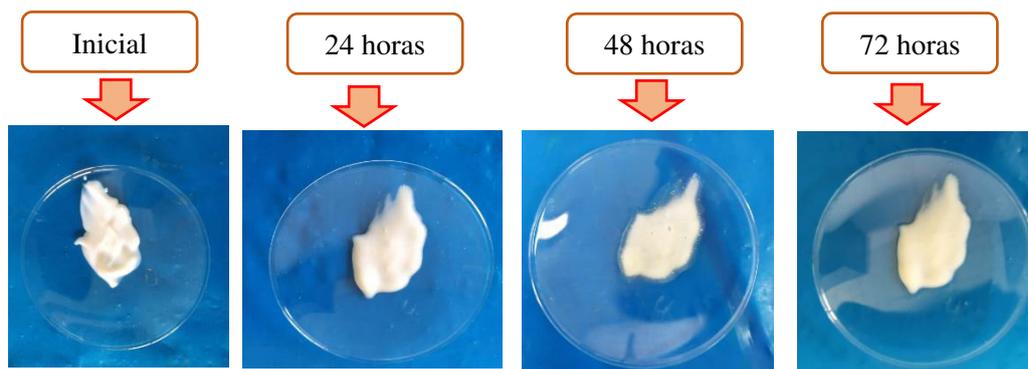


Figura 24.-Influencia de la temperatura en la crema fotoprotectora.

6.4.4. Análisis del residuo seco:



Figura 25.-Análisis del residuo seco

6.4.5. Determinación del residuo seco:

Tabla 19.-Datos para la determinación del residuo seco

Masas	Crema (Ext.Alcohol)
Wo=masa inicial de la luna de reloj vacío	18,94g
W1=Masa inicial vacío+ masa de la muestra	19,97g
W2=Masa inicial vacío +masa de la muestra seca	19,16g

La ecuación para calcular el % de residuo seco es el siguiente:

$$\% \text{ Residuo seco} = \frac{\text{Peso final de la muestra}}{\text{Peso inicial}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Residuo seco} = \frac{(19,16g - 18,94g)}{(19,97g - 18,94g)} \times 100\% = 21,35\%$$

Se pesó 1g de la crema y se dejó en la estufa a 105°C por 2 horas. Después se determinó el residuo seco, tomando el cuenta la masa inicial y la masa final. El % del residuo seco fue de 21,35%.

6.4.6. Prueba de dilución:

Se pesó 1g de la crema y se agregó 50mL de agua destilada. Después de agitar con la bagueta se obtuvo una emulsión lechosa contrastando que se trata de una solución aceite /agua. Si se trataría de una solución agua /aceite no habría dilución.



Figura 26.-Prueba de dilución

6.4.7. Prueba de lavado:

Se puso 1g de la muestra sobre la palma de la mano y se dejó correr la corriente de agua con ayuda del dedo índice. De esta manera se pudo determinar que se trataba de emulsión aceite/agua ya que se pudo lavar por completo.



Figura 27.-Prueba de lavado

6.5. Características organolépticas de la crema preparada:

Tabla 20.-Características Organolépticas de la crema

PARÁMETROS	MUESTRA CON EL EXTRACTO DEL ALCOHOL
Color	Beige
Olor	Ligeramente a liquen
Aspecto	Homogéneo
Consistencia	Suave al tacto
Humectante	Bueno
pH	6,5
Textura	Suave

6.6. Características del análisis sensorial

Tabla 21.-Análisis Sensorial de la crema

Parámetro	Observaciones de la crema
Integridad de forma	La crema mantiene su forma, es homogénea
Brillo	La crema es medianamente brillante
Firmeza	La crema se desliza fácilmente, no requiere de fuerza para frotar.
Pegajosidad	La crema no es pegajosa
Cohesión	No se forman hebras cuando se separan los dedos
Formación de pico	No se forman picos al separar los dedos
Humedad	Se tiene muy baja sensación de humedad
Deslizamiento	Se desliza rápidamente al frotar.
Espesor	No se percibe espesor en los dedos al echar la crema.
Cantidad de residuo	En la piel queda ligeramente aceitoso.
Absorción	En 20 frotaciones desaparece la crema
Lubricación	Tiene buena lubricación, al momento de deslizar los dedos
Frescor	No se percibe sensación de frescura al usar la crema
Calor	No se percibe sensación de calor
El color	El color es agradable
El aroma u olor	El aroma no es desagradable

6.7. Determinación del factor de protección solar mediante el método de Mansur:

Datos obtenidos de la medición de las absorbancias con el espectrofotómetro UV- VIS.

Tabla 22.-Absorbancias de la crema fotoprotectora a distintas longitudes de onda

nm	290	295	300	305	310	315	320
Absorbancias(A)	0.659	0.511	0.413	0.323	0.244	0.183	0.143

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

Donde:

FPS = Factor de Protección Solar

EE(λ) = Efecto eritemogénico de la radiación de longitud de onda λ

FC = 10(Factor de corrección)

Abs(λ) = Absorbancia de la solución en la longitud de onda λ

I(λ) =Intensidad del sol en la longitud de onda λ

La constante determinada por Sayre et.al, nos muestra la relación entre el efecto eritemogénico y la intensidad de la radiación de cada longitud de onda.

$$Cte \text{ de Sayre: } (EE(\lambda) \times I(\lambda))$$

Tabla 23.-Constantes determinadas por Sayre

Longitud de onda (nm)	290	295	300	305	310	315	320	TOTAL
EE (λ) x I (λ)	0,0150	0,0817	0,2874	0,3278	0,1864	0,0839	0,0180	1,000

Tabla 24.-Rango de factor de protección solar

PROTECCIÓN SOLAR	FPS
Mínimo	2- 12
Moderado	12 -30
Alto	≥ 30

Se realizó los cálculos correspondientes para cada absorbancia mediante la ecuación FPS tomando en cuenta las constantes determinadas por Sayre, y se determinó que el factor de protección solar para la crema preparada con el extracto de alcohol fue del 3%, de acuerdo al rango de factor de protección solar (Tabla 11) se concluye que la crema tiene un factor de protección mínima.

7. CAPÍTULO VII.-CONCLUSIONES

Se determinó la capacidad antioxidante del líquen *psiloparmelia sp.* con el extracto etanólico mediante el reactivo DPPH. La concentración del ácido ascórbico fue de 16,60mg/L y la concentración en mg/L del ácido ascórbico en el extracto fue 2,3 mg AA/g.

Se realizó el análisis de fenoles con el reactivo Folin, donde la concentración del ácido gálico fue 3,57mg/L y la concentración en mg/L del ácido gálico en el extracto fue de 12,6 mg AG/g. A través de esta mezcla de fosfomolibdato y fosfowolframato se pudo determinar los antioxidantes fenólicos presentes en el extracto del líquen *psiloparmelia sp.*

Se realizó la cuantificación del ácido úsnico, en donde la concentración fue de 3,92 mg/L y la concentración en mg/L del ácido úsnico en el extracto fue 13,85 mg AU/g. El % equivalente del ácido úsnico en el extracto fue de 1,4%, de acuerdo a la literatura se encuentra dentro del rango deseado, dado que, el ácido úsnico presente en los líquenes se encuentra en el rango de 0,1% a 15%.

Se realizó el aislamiento del ácido úsnico, y de acuerdo al análisis FT-IR se pudo precisar mediante las señales, las moléculas presentes en la muestra. Se comprobó la presencia del OH, C-H aromático, se visualizó un alargamiento del C=O, grupo C=C conjugado, además de un alargamiento del C-O-C, que son los compuestos principales presentes en el ácido úsnico.

Se realizó el análisis UV VIS de los dos sólidos obtenidos a partir del análisis del ácido úsnico, las bandas se ubicaron en 292nm y 311nm, contrastando con la literatura(282nm), ambas bandas se encontraron cerca del valor esperado.

La crema fotoprotectora preparada presentó un color beige, olor a líquen, el aspecto fue bastante homogéneo, el pH fue de 6,5; de humectación buena y consistencia suave al tacto, medianamente brillante y se deslizó fácilmente (no requiere de fuerza para frotar). Tiene baja sensación de humedad y en 20 frotaciones la crema desaparece para dar paso a la acción protectora en la piel. No se percibió sensación de frescura ni calor. Se concluye de acuerdo a estos análisis sensoriales que la formulación fue la correcta.

El Factor de Protección Solar (FPS) de la crema preparada con el extracto de alcohol fue de 3% y de acuerdo al rango de factor de protección solar tiene una protección mínima. (Tabla 22). A pesar de la escasa fotoprotección, según (Legouin et.al, 2017) con este valor se confirma la característica típica del líquen de ser resistente a condiciones climáticas extremas. También, se pudo comprobar la influencia de la temperatura en la crema, poniendo 1g en la estufa a 40°C, con este análisis se pudo reafirmar la estabilidad de la crema frente al sol. Se concluye que tiene una protección mínima ante los rayos UV, por lo que se recomienda usar más volumen del extracto del líquen para poder obtener una mayor fotoprotección.

8. CAPÍTULO VIII.-RECOMENDACIONES

- Se recomienda en los próximos procedimientos experimentales usar más volumen del extracto del líquen para poder obtener una mayor fotoprotección de la crema.
- Tomando en cuenta el incremento de la radiación UV, se recomienda realizar más análisis de líquenes para la elaboración de cremas fotoprotectoras.
- Los instrumentos de laboratorio y espectrofotómetros deben encontrarse correctamente calibrados para poder obtener resultados válidos.

9. CAPÍTULO IX.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alayo Mendoza, W. E., Fiestas Jacinto, R., Ayala Jara, C. I., & Castillo Saavedra, E. F. (2018). Desarrollo de una crema de hojas de *Piper aduncum* L. (Piperaceae) con actividad fotoprotectora in vitro. *Arnaldoa*, 25(1), 115–126. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992018000100007

Alfonso, A. T. (2016). Líquenes y rocas como ejemplo de interacción entre subsistemas terrestres. *Enseñanza de las ciencias de la tierra: Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 24(2), 143–152. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5779647>

Alors, D., Divakar, P. K., Calchera, A., Schmitt, I., Crespo, A., & Molina, M. C. (2023). The Temporal Variation of Secondary Metabolites in the Mycobiont Culture and Thallus of *Parmelina carporrhizans* and *Parmelina quercina* Analyzed using High-Performance Liquid Chromatography. *Separations*, 10(7), 399. <https://doi.org/10.3390/separations10070399>

Alvarez J, Castro O. (2019). el quitosano en la cosmética, editorial académica española.

Aquino Hanco, R., & Paredes Olivera, K. E. (2018). Evaluación de la capacidad fotoprotectora de una crema elaborada a base del extracto antociánico obtenido de los frutos de la *Muehlenbeckia volcanica* (Mullaq'a) en ratones de la raza *Mus musculus*.

Ariyanta, H. A., Santoso, E. B., Suryanegara, L., Arung, E. T., Kusuma, I. W., Azman Mohammad Taib, M. N., Hussin, M. H., Yanuar, Y., Batubara, I., & Fatriasari, W. (2023).

Avila-Zamora, S. J., Pinzón-Pérez, Y. D., & Acero-Godoy, J. (2023). Artículo de revisión. Ácido úsnico: alternativa potencial contra la resistencia bacteriana actual. *Revista Tecnología en Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i3.6183>

Biología de los líquenes. [Www.uv.es](http://www.uv.es). Recuperado el 12 de septiembre de 2023, de https://www.uv.es/barreno/Biologia_de_los_liquenes.pdf

Cabrera Morales, C. M., & López-Nevot, M. A. (2006). Efectos de la radiación ultravioleta (UV) en la inducción de mutaciones de p53 en tumores de piel. *Oncología (Barcelona)*, 29(7), 25–32. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-48352006000700003

Canton, N., Rodríguez, J. M., & Estrabou, C. (2020). La familia Parmeliaceae (Ascomycota liquenizados) en la provincia de La Rioja, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. Sociedad Argentina de Botánica*, 55(2), 195–213. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v55.n2.26451>

Castro Mandujano ON. Contribución al estudio fitoquímico del líquen *Thamnolia vermicularis* subsp. *Vermicularis* S. STR. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 2010;(4):1–8

Castro Mandujano, O., de Abram, A. P., & Collantes Díaz, I. E. (s/f). AISLAMIENTO DE ÁCIDO ÚSNICO Y PARIETINA DE *Cloplaca saxicola* HOFFM. *Org.pe*. Recuperado el 23 de noviembre de 2023, de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v77n2/a08v77n2.pdf>

Castro O. (2016). *Investigación fito: Química de los líquenes*. Editorial Académica Española.

Castro ON, Chávez F J, Santiago J, López M. preparación y caracterización de una crema fotoprotectora solar a base de nanopartículas quitosano con ácido úsnico. vol. 18. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea; 2017.

Chavda, V. P., Acharya, D., Hala, V., Daware, S., & Vora, L. K. (2023). Sunscreens: A comprehensive review with the application of nanotechnology. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 86(104720), 104720. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2023.104720>

Cometa, L. K. T., Galindez, P. A. R., Delgado, A. C. L., & Guancha, M. A. (2020). Caracterización de la actividad antimicrobiana y antioxidante de extractos liquénicos obtenidos del género *usnea* sp. *Conciencia y técnica*, 4(1), 78–85. <https://revistas.sena.edu.co/index.php/conciencia/article/view/4585>

Cordero A, Estructura y funciones de la piel. Woscoff A, Kamisnky A, Marini M, Allevato M. *Dermatología en medicina interna*. 2nd ed. Buenos Aires: Artes Gráficas El Fe-nix S.R.L; 2006. 1-10.

Cravo M, Moreno A, Tellechea O, Cordeiro, R. Figueiredo A. Fotoproteção na Criança. *Acta Pediátrica Portuguesa*. 2008; 39(4): 158-162

Crespo, A., Lumbsch, H. T., Mattsson, J.-E., Blanco, O., Divakar, P. K., Articus, K., Wiklund, E., Bawingan, P. A., & Wedin, M. (2007).

CRESPO, A., P. K. DIVAKAR & D. L. HAWKSWORTH. 2011. Generic concepts in parmelioid lichens, and the phylogenetic value of characters used in their circumscription. *Lichenologist* 43: 511-535. <https://doi.org/10.1017/S0024282911000570>.

De, H., Duro Mota, E., Campillos Páez, M. T., & Causín Serrano, S. (2003). El sol y los filtros solares. *Isciii.es*. <https://scielo.isciii.es/pdf/medif/v13n3/hablemos1.pdf>

Factor de protección solar. (s/f). Elsevier.es. Recuperado el 9 de septiembre de 2023, de <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13076818>

Figueroa, F. L., Arjona, J. A., De La Coba Luque, F., & Peinado, N. K. (2009). Composición para protección solar a base de extractos de algas y líquenes.

Franco, P., & Samari, L. (2011). Antioxidantes de los líquenes *Stereocaulon strictum* (Stereocaulaceae) y *Lobariella pallida* (Lobariaceae) y determinación de su potencial citotoxicidad.

Garcia, L. B., Pires, G. A., Oliveira, D. A. J., Silva, L. A. O., Gomes, A. F., Amaral, J. G., Pereira, G. R., & Ruela, A. L. M. (2021). Incorporation of glycolic extract of cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) into microemulsions and emulgels for skincare. *Industrial Crops and Products*, 161(113181), 113181. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113181>

Garrote, A., & Bonet, R. (2008). Fotoprotección. Factores de protección y filtros solares. *Offarm*, 27(5), 63–73. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-fotoproteccion-factores-proteccion-filtros-solares-13120520>

Gob.pe. Recuperado el 16 de septiembre de 2023, de http://pees.minsa.gob.pe/pluginfile.php/1273128/mod_resource/content/1/Tema%201%20Situaci%C3%B3n%20epidemiol%C3%B3gica%20de%20C%C3%A1ncer%20de%20piel%20en%20el%20Per%C3%BA.pdf

Gómez-Serranillos Cuadrado, M. P. (2022). Actividad antioxidante de especies líquénicas. *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*, 88(Extra), 489–499. <https://medes.com/publication/174789>

González Bosquet, L. (2003). Los efectos nocivos de la radiación solar y la forma de combatirlos. *Offarm*, 22(5), 68–76. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-los-efectos-nocivos-radiacion-solar-13047747>

Grewe, F., Ametrano, C., Widhelm, T. J., Leavitt, S., Distefano, I., Polyiam, W., Pizarro, D., Wedin, M., Crespo, A., Divakar, P. K., & Lumbsch, H. T. (2020). Using target enrichment sequencing to study the higher-level phylogeny of the largest lichen-forming fungi family: Parmeliaceae (Ascomycota). *IMA Fungus*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s43008-020-00051-x>

Harugade, A., Sherje, A. P., & Pethe, A. (2023). Chitosan: A review on properties, biological activities

and recent progress in biomedical applications. *Reactive & Functional Polymers*, 191(105634), 105634.
<https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2023.105634>

Inocente Camones, M. Á., 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. 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.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=371937637008>

Jaklitsch WM, Baral HO, Lücking R, Lumbsch HT (2016) Ascomycota. In: Frey W (ed) Syllabus of plant families - Adolf Engler's syllabus der Pflanzenfamilien, vol 1/2, 13th edn. Gebr. Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, pp 1–150

Kosanić, M., Manojlović, N., Janković, S., Stanojković, T., & Ranković, B. (2013). Evernia prunastri and Pseudoevernia furfuraceae lichens and their major metabolites as antioxidant, antimicrobial and anticancer agents. *Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, 53, 112–118. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.11.034>

Latkowska E, Bober B, Chrapusta E, Adamski M, Kaminski A, Bialczyk J. Secondary metabolites of the lichen *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. and their presence in spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.) bark. *Phytochemistry* [Internet]. 2015;118:116–23. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.phytochem.2015.08.016>

Legouin, B., Lohézic-Le Dévéhat, F., Ferron, S., Rouaud, I., Le Pogam, P., Cornevin, L., Bertrand, M., & Boustie, J. (2017). Specialized metabolites of the lichen *Vulpicida pinastri* act as photoprotective agents. *Molecules* (Basel, Switzerland), 22(7), 1162. <https://doi.org/10.3390/molecules22071162>

Lock Sing de Ugaz, O. (1994). *Investigación fitoquímica: métodos en el estudio de productos naturales*.

Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://doi.org/10.18800/9788483909522>

Lohézic-Le Dévéhat, F., Legouin, B., Couteau, C., Boustie, J., & Coiffard, L. (2013). Lichenic extracts and metabolites as UV filters. *Journal of Photochemistry and Photobiology. B, Biology*, 120, 17–28. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2013.01.009>

Manojlović, N., Ranković, B., Kosanić, M., Vasiljević, P., & Stanojković, T. (2012). Chemical composition of three *Parmelia* lichens and antioxidant, antimicrobial and cytotoxic activities of some their major metabolites. *Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and Phytopharmacology*, 19(13), 1166–1172. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2012.07.012>

Marín, D., & 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>

Marmolejo Hidalgo, M. F., (2013). Tesis de pregrado, Programa de Química Farmacéutica, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad ICESI. Estandarización de una metodología para la evaluación del efecto hidratante de una matriz cosmética; Santiago de Cali-Colombia.

Martínez, G., Segovia, F., & López, F. Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. Upv.es. Recuperado el 26 de noviembre de 2023, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/52056/Garcia%20Mart%c3%adnez%20et%20al.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Maulidiyah, M., Akhmad, D., Erviana, A., Andi, M., Dwipayogo, W., La Ode Agus, S., Zul, A., Faizal, M., Ishmah Farah Adiba, N., & Muhammad, N. (2020). Antioxidant activity-guided isolation of usnic acid and diffractaic acid compounds from lichen genus *Usnea* sp. *Journal of applied pharmaceutical science*. <https://doi.org/10.7324/japs.2021.110210>

Medina, G. E., Plaza, C. M., Díaz De Torres, L. E., Lücking, R. K., Vizcaya, M., & Piso, E. (2014). Antioxidant activity, total phenols and flavonoids of lichens from Venezuelan Andes. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/pdf/4960/496050270004.pdf>

Navarro Cruz, A. R., Padilla Velazco, A. L., Dávila Márquez, R. M., Pérez Tlahuis, M. del R., & Sosa Sánchez, R. Á. (2008). Evaluación de la actividad antioxidante del berro (*Nasturtium officinale*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 74(1), 40–45. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2008000100005

Oliveira Bispo, M., Morocho-Jácome, A. L., Escudeiro, C. C., Martinez, R. M., de Oliveira Pinto, C. A. S., Rosado, C., Velasco, M. V. R., & Baby, A. R. (2023). Photoprotective efficacy of the association of rosmarinic acid 0.1% with ethylhexyl methoxycinnamate and avobenzone. *Cosmetics*, 10(1), 11. <https://doi.org/10.3390/cosmetics10010011>

Org.mx. Recuperado el 9 de septiembre de 2023, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422016000200006

Pradhan, S., Dash, S., Parida, S., Sahoo, B., & Rath, B. (2023). Antioxidant and antimicrobial activities and GC/MS-based phytochemical analysis of two traditional Lichen species *Trypethellium virens* and *Phaeographis dendritica*. *Journal, Genetic Engineering & Biotechnology*, 21(1), 41. <https://doi.org/10.1186/s43141-023-00490-0>

Publishing Ethics Resource Kit. (s/f). *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. Sciencedirect.com. Recuperado el 5 de septiembre de 2023, de <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-photochemistry-and-photobiology-b-biology>

Quintero-Rincón, P., Mesa-Arango, A. C., Flórez-Acosta, O. A., Zapata-Zapata, C., Stashenko, E. E., & Pino-Benítez, N. (2023). Exploring the Potential of Extracts from *Sloanea medusula* and *S. calva*:

Formulating Two Skincare Gels with Antioxidant, Sun Protective Factor, and Anti-Candida albicans Activities. *Pharmaceuticals* (Basel, Switzerland), 16(7), 990. <https://doi.org/10.3390/ph16070990>

Rancan, F., Rosan, S., Boehm, K., Fernández, E., Hidalgo, M. E., Quihot, W., ... & Oltmanns, U. (2002). Protection against UVB irradiation by natural filters extracted from lichens. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 68(2-3), 133-139.

Radice, M., Manfredini, S., Ziosi, P., Dissette, V., Buso, P., Fallacara, A., & Vertuani, S. (2016). Herbal extracts, lichens and biomolecules as natural photo-protection alternatives to synthetic UV filters. A systematic review. *Fitoterapia*, 114, 144–162. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2016.09.003>

Ranković, B., & Kosanić, M. (2015). Lichens as a potential source of bioactive secondary metabolites. In *Lichen Secondary Metabolites* (pp. 1–26). Springer International Publishing.

Recent Progress on the Development of lignin as future ingredient biobased cosmetics. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 32(100966), 100966. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100966>

Rodríguez, O., Díaz, F., Andrade, W., & Moncada, B. (2014). Actividad antioxidante de líquenes de la cuenca alta del río Bogotá. *Revista de Tecnología*, 13(2), 61–66. <https://doi.org/10.18270/rt.v13i2.1886>

SENAMHI - Perú. Gob.pe. Recuperado el 16 de septiembre de 2023, de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=prensa&n=783>

Shukla, V., Upreti, & Bajpai, R. (2014). *Lichens to biomonitor the environment*. Springer India

Siqueira-Moura, M. P. de, Lira, M. C. B., & Santos-Magalhães, N. S. (2008). Validação de método analítico espectrofotométrico UV para determinação de ácido úsnico em lipossomas. *Revista Brasileira de Ciências Farmacológicas*, 44(4), 621–628. <https://doi.org/10.1590/s1516-93322008000400008>

Smeds, A. I., & Kytöviita, M.-M. (2010). Determination of usnic and perlatolic acids and identification of olivetoric acids in Northern reindeer lichen (*Cladonia stellaris*) extracts. *Lichenologist* (London, England), 42(6), 739–749. <https://doi.org/10.1017/s002428291000037x>

Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., & Bray, F. (2021). Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 71(3), 209–249. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>

Testing morphology-based hypotheses of phylogenetic relationships in Parmeliaceae (Ascomycota) using three ribosomal markers and the nuclear RPB1 gene. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 44(2), 812–824. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2006.11.029>

Thakur, M., Kapoor, B., Kapoor, D., & Sharma, N. R. (2023). Lichens: A promising source of anti-cancerous activity and their molecular mechanisms. *Suid-Afrikaanse Tydskrif Vir Plantkunde [South African Journal of Botany]*, 159, 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.05.047>

Toledo F, García A, León F, Bermejoj. Ecología química en hongos y líquenes. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 2004; 28 (109): 509-528. ISSN: 0370-3908.

Vanaclocha, B. (2020, octubre 18). Estudio de la actividad antioxidante de especies de líquenes del género *Cetraria*. *Sefit.es*. <https://www.sefit.es/actividad-antioxidante-liquenes-genero-cetraria/>

Varol, M. (2019). Lichens as a promising source of unique and functional small molecules for human health and well-being. En Atta-ur-Rahman (Ed.), *Studies in Natural Products Chemistry* (Vol. 60, pp. 425–458). Elsevier.

Vender, A. E. V. (s/f). *sintesis.med.uchile.cl - Estructura y Función de la Piel*. Uchile.Cl. Recuperado

el 23 de noviembre de 2023, de <https://sintesis.med.uchile.cl/index.php/en/respecialidades/r-dermatologia/103-revision/r-dermatologia/2459-estructura-y-funcion-de-la-piel>

Yamamoto M. Fisiología de la piel. Revista Peruana de Dermatología Vol. 11 (2). 2001

10. CAPÍTULO X.-ANEXOS



Figura 28.-Recolección y clasificación del líquen psiloparmelia sp.



Figura 29.-Molienda de la psiloparmelia sp.



Figura 30.-Pesado de la psiloparmelia sp.

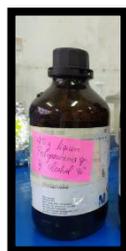


Figura 31.-Macerado de la psiloparmelia sp.



Figura 32.-Proceso de filtrado de la psiloparmelia sp.



Figura 33.-Extracto obtenido de la psiloparmelia sp.

Procedimiento experimental del análisis de antioxidantes:



Figura 34.-Preparación de las soluciones

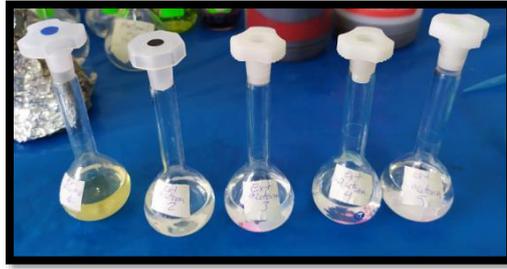


Figura 35.-Preparación de las soluciones con el extracto.

Preparación de las muestras en los viales:

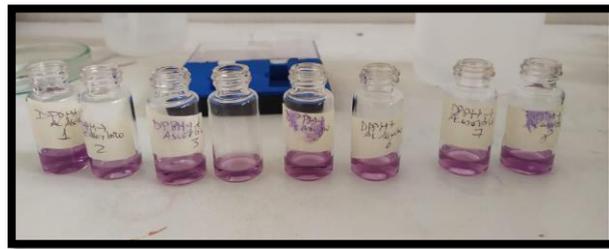


Figura 36.-Preparación de las diluciones en viales



Figura 37.-Medición de absorbancias

Procedimiento experimental para el análisis de fenoles:



Figura 38.-Preparación de soluciones para el análisis de fenoles



Figura 39.-Preparación de la curva patrón

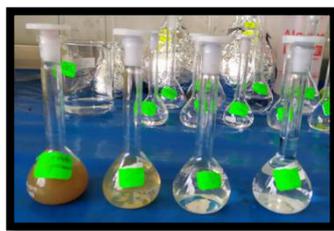


Figura 40.-Preparación de las soluciones con el extracto alcohólico

Preparación de las diluciones:

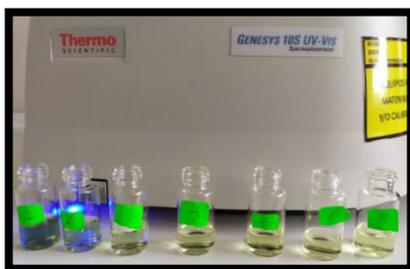


Figura 41.-Preparación de las diluciones en viales (Curva patrón y del extracto)



Figura 42.-Medición de las absorbancias

Procedimiento experimental para el análisis del ácido úsnico:



Figura 43.-Preparación de la curva patrón para el análisis del ácido úsnico



Figura 44.-Preparación de las soluciones con el extracto alcohólico



Figura 45.-Medición de las absorbancias.



Figura 46.-Medición del patrón ácido úsnico y sólidos en el FT-IR

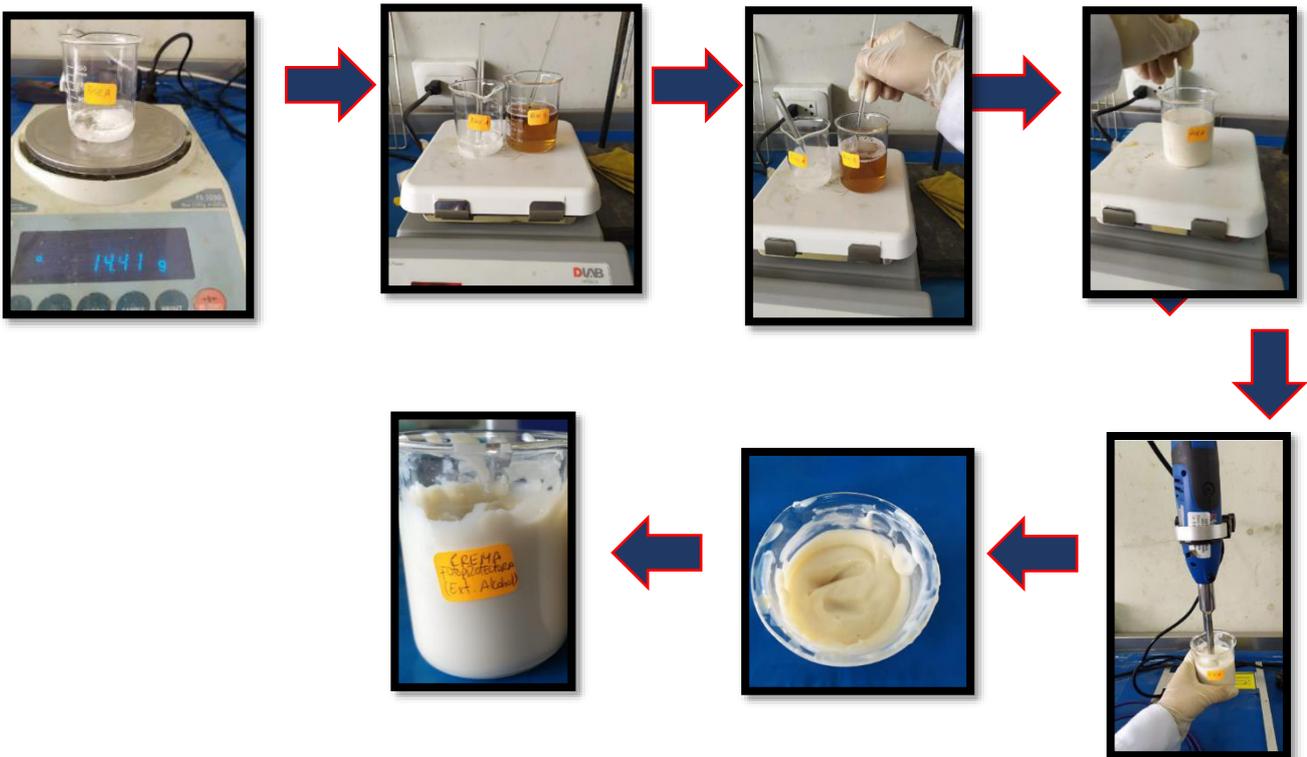


Figura 47.-Procedimiento experimental de la crema fotoprotectora.

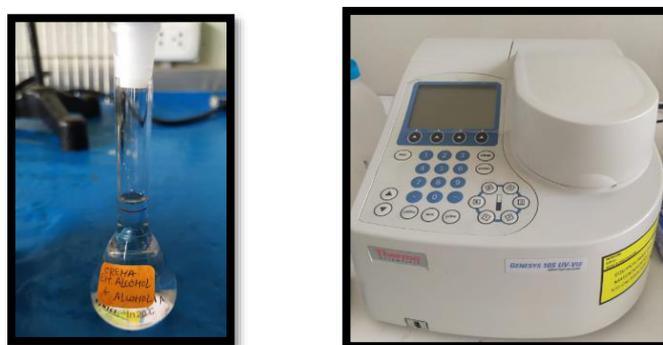


Figura 48.-Solución de la crema alcohólica para el análisis del FPS.