



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Bioquímica y Farmacia

Evaluación del potencial de los aceites esenciales de Albahaca (*Ocimum basilicum*), Caléndula (*Calendula officinalis*) y Manzanilla (*Matricaria chamomilla*) y sus mezclas como fotoprotectores

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Bioquímico Farmacéutico

Autora:

Mayra Johanna Tacuri Lucero

C.I. 0106513393

Directora:

Dra. María Elena Cazar Ramírez, Ph.D

C.I. 0602243800

Cuenca - Ecuador

11 de marzo de 2019



RESUMEN

El aumento de la incidencia de radiación solar ultravioleta en la biósfera, debido al debilitamiento de la capa de ozono en décadas recientes genera la necesidad de proteger la piel contra los efectos adversos de la radiación UV, eritema, hiperpigmentación, fotoenvejecimiento y cáncer a la piel.

En este trabajo de titulación se evaluó la capacidad de absorción ultravioleta de aceites esenciales obtenidos de las partes aéreas de hojas de albahaca (*Ocimum basilicum*), flores de caléndula (*Calendula officinalis*) y flores manzanilla (*Matricaria chamomilla*). Se determinó el Factor de Protección Solar, según el método de Mansur. Posteriormente se formularon mezclas de los aceites en estudio, con la finalidad de evaluar posibles efectos sinérgicos en el Factor de Protección Solar.

Se determinaron los siguientes Factores de Protección Solar en los aceites esenciales puros: 3.14 para *O. basilicum*, 2.55 para *M. chamomilla* y 5.02 para *C. officinalis*. Las mezclas 50:50 *O. basilicum*: *M. chamomilla*, *M. chamomilla*: *C. officinalis*, y *O. basilicum*: *C. officinalis* presentaron valores de protección solar de 4.02, 4.4 y 5.7, respectivamente. La mezcla ternaria 33% *O. basilicum*: *M. chamomilla*: *C. officinalis* generó un FPS de 7.2. Este resultado permitió señalar a esta mezcla como promisoría para el desarrollo de filtros solares, ya que mejora el Factor de Protección Solar generado por los aceites puros.

La metodología de este estudio puede aplicarse para seleccionar sustancias de origen natural en el desarrollo de nuevas fórmulas de filtros solares con el beneficio de principios bioactivos.

PALABRA CLAVE: Factor de protección solar (FPS). Fotoprotección. Aceites esenciales.



ABSTRACT

The increase of the incidence of radiation solar in the biosphere due to the weakening of the ozone layer in decades recent generates the need of protect the skin against the negative effects of the radiation UV:, erythema, hiperpigmentación, photo greening and skin cancer.

In this project is evaluated the ability of absorption ultraviolet of essential oils obtained of the parts of the leaves of basil (*Ocimum basilicum*), flowers of calendula (*Calendula officinalis*) and flowers of chamomile (*Matricaria chamomilla*). The factor of protection is determined according to the method of Mansur. After that, I did mixtures of the oils in study, with the purpose of evaluate possible effects synergy in the factor of protection solar.

The factors of protection solar in the pure essential oils is determined in this manner: 3.14 for *O. basilicum*, 2.55 for *M. chamomilla* and 5.02 for *C. officinalis*. The mixtures 50:50 *O. basilicum*: *M. chamomilla*, *M. chamomilla*: *C. officinalis*, y *O. basilicum*: *M. chamomilla* present values of protection solar of 4.02, 4.4 y 5.7, respectively. The ternary mixture 33% *O. basilicum*: *M. chamomilla*: *C. officinalis* generates FPS of 7.2.

The methodology of this study can be applied to select substances of natural origin in the development of new formulas of sunscreens with the bioactive principles.

KEYWORDS: Sun protection factor (SPF). Photoprotection. Essential oils.



ABSTRACT	3
INDICE DE TABLAS.....	5
DEDICATORIA	8
AGRADECIMIENTO	9
INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVOS.....	12
Objetivo general:	12
Objetivos específicos:.....	12
1.1 RADIACION ULTRAVIOLETA	13
1.1.1 Efectos para los seres vivos causados por las radiaciones UV.....	14
1.1.2 Patologías de la piel asociadas con la radiación UV	14
1.2 FOTOPROTECCIÓN	16
1.2.1 CLASES DE PROTECTORES O FILTRO SOLARES	17
1.2 FACTOR DE PROTECCION SOLAR (FPS).....	18
1.3 ACEITES ESENCIALES COMO FACTORES DE PROTECCIÓN SOLAR.....	20
1.3.1 ESPECIES VEGETALES INCLUIDAS EN EL ESTUDIO	20
1.3.2 ALBAHACA (<i>Ocimum basilicum</i>).....	21
1.5.3 CALÉNDULA (<i>Caléndula officinalis</i>).....	22
1.5.4 MANZANILLA (<i>Matricaria chamomilla</i>).....	23
2 METODOLOGIA	26
2.1. Área de estudio	26
2.2. Recolección del material vegetal	26
2.4. Determinación <i>in vitro</i> del factor de protección solar (FPS) de los aceites puros.	27
2.5. Diseño de mezclas Simplex-Lattice	28
2.5.1. Determinación del factor de protección solar (FPS) <i>in vitro</i> , mezclas terciaria	29
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
3.1 Extracción y evaluación sensorial de los aceites esenciales de las especies en estudio.....	30
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
4.1. CONCLUSIONES.....	35
4.2. RECOMENDACIONES.....	36



BIBLIOGRAFIA 37

INDICE DE TABLAS

Constante determinada EE (λ) X I (λ). (malsawmtluangi et al., 2013) 28
Proporciones aplicadas en la formulación de las mezclas de aceites esenciales 29
Determinación del FPS de los aceites puros, mezclas binarias y mezcla ternaria. 31

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Longitud de onda de los rayos UV. (Sordo & Gutiérrez, 2013)..... 13
Figura 2. Relacion entre absorbancia y FPS. (Kaur & Saraf, 2010) 19
Figura 3. Albahaca 21
Figura 4. Calendula..... 22
Figura 5. Manzanilla..... 24
Figura 7. Hidrodestilador. Cuenca, Ecuador..... 27



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Mayra Johanna Tacuri Lucero en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación del potencial de los aceites esenciales de Albahaca (*Ocimum basilicum*), Caléndula (*Calendula officinalis*) y Manzanilla (*Matricaria chamomilla*) y sus mezclas como fotoprotectores", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 11 de marzo de 2019

Mayra Johanna Tacuri Lucero

C.I. 0106513393



Cláusula de Propiedad Intelectual

Mayra Johanna Tacuri Lucero, autor/a del trabajo de titulación “Evaluación del potencial de los aceites esenciales de Albahaca (*Ocimum basilicum*), Caléndula (*Calendula officinalis*) y Manzanilla (*Matricaria chamomilla*) y sus mezclas como fotoprotectores”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 11 de marzo de 2019

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Mayra Tacuri', written over a horizontal line.

Mayra Johanna Tacuri Lucero

C.I. 0106513393



DEDICATORIA

Principalmente a Dios por haberme dado la vida y la oportunidad de cumplir cada una de mis metas.

A mis padres Ángel y Lucia, que son mi mejor ejemplo de superación, de sacrificio, gracias por sus palabras de aliento, sus consejos, quienes con sus experiencias me han inculcado el valor de la vida, del esfuerzo, de la vocación y el amor a lo que se hace, gracias por su apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

A mis hermanos Geova, Maggy y Jorgito que con una voz de aliento me impulsaron a llegar a esta meta.

Y a mi pequeña familia; Mauricio y a mis adorados hijos Johannita; Matías David y a ti pequeño que estás en el cielo, que llegaron a ser ángeles en mi vida y una luz en mi camino, todo este logro es de ustedes mis pequeños.

AGRADECIMIENTO

Muy agradecida con Dios por darme la fuerza para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

Con todas las personas que hicieron posible la culminación de este trabajo, de una manera especial a mi Directora de tesis, la Dra. María Elena Cazar quien de primera instancia acepto ayudarme con este proyecto, gracias por su apoyo, paciencia y dedicación en la realización de este trabajo.

A la Dra. Mirian Rodríguez gracias por su valiosa amistad, por sus consejos y quien hizo que me involucre sobre el tema.

A mi familia en especial a mi madre por todo el apoyo brindado en cada paso que fui dando.



INTRODUCCIÓN

La exposición a la radiación ultravioleta se ha asociado con varios problemas de salud en los seres humanos, como efectos dañinos sobre la piel, quemaduras, envejecimiento prematuro, cataratas, inmunosupresión y cáncer a la piel. (Olarte et al., 2016)

En el Ecuador el número de enfermos de cáncer de piel ha ido incrementando en los últimos años, según datos levantados por la Sociedad de Lucha Contra el Cáncer (SOLCA), siendo las ciudades de la sierra de mayor incidencia de estas enfermedades por una mayor altitud sobre el nivel del mar haciendo que la exposición a la radiación ultravioleta también aumenta. (Comercio, 2014) (Martínez, 2009)

El Factor de Protección Solar (FPS) es una medida de laboratorio de la eficacia de la protección solar; cuanto más alto es el FPS, mas protección ofrece contra las radiaciones ultravioletas que causan las quemaduras solares. (Cázares, 2013). Por esto es importante indicar que el factor preventivo de afecciones en la piel está en la utilización de fotoprotectores inorgánicos como orgánicos. Los protectores inorgánicos son capaces de reflejar y dispersar la radiación UV y visible, mientras que los fotoprotectores orgánicos absorben la radiación UV y luego re-emiten la energía como calor o luz.

Estudios realizados por Mejía, (2014) y Troullier, (2009) demuestran efectos perjudiciales causados por fotoprotectores con compuestos químicos como PABA (Ácido paraaminobenzoico), óxido de zinc, dióxido de titanio. Estos compuestos puede producir alergias, dermatitis, y se relacionarían con efectos cancerígenos. Los autores y sugieren disminuir su uso o buscar alternativas provenientes de fuentes naturales. (Sordo & Gutiérrez, 2013) (Giraldo, Atehortúa, & Mejía, 2014).

Los productos naturales exhiben varias actividades biológicas favorables para su uso cosmético, como antioxidante, anti-inflamatoria e inmunomoduladora. Se ha reportado que varias lociones de protección solar, de base natural, como los aceites de almendra, aguacate, coco, semilla de algodón, oliva, cacahuete, sésamo y soja contienen filtros UV. Los aceites vegetales aplicados en la piel se absorben fácilmente y muestran una gran



capacidad de extensión. Los aceites volátiles incluyen principios aromáticos, y se utilizan como una fragancia, evaporándose a temperatura ambiente. (Kaur & Saraf, 2010)

Se ha reportado que los principios activos que pueden absorber hasta el 90% de la radiación UV fueron aceites esenciales, compuestos fenólicos y flavonoides totales. (Tapia, 2016). Por otro lado *P. manicata* mostró una actividad fotoprotectora, con capacidad de absorber las radiaciones UV, equivalente a un SPF 6. (Tapia, 2016)

Los antecedentes bibliográficos presentados motivaron el desarrollo de una investigación orientada a evaluar la capacidad fotoprotectora de los aceites esenciales de albahaca (*Ocimum basilicum*), caléndula (*Calendula officinalis*) y manzanilla (*Matricaria chamomila*). En estas plantas se ha reportado un alto contenido en flavonoides, tocoferol, carotenoides, ácidos grasos. Dado el uso empírico de estas especies en cosméticos, se planteó evaluar su actividad fotoprotectora como FPS. Además de evaluar el potencial fotoprotector de estas especies, se presenta una metodología que permite seleccionar aceites y fragancias para desarrollar filtros solares con mayor seguridad y alto FPS.

HIPOTESIS

Los aceites esenciales de albahaca (*Ocimum basilicum*), caléndula (*Calendula officinalis*) y manzanilla (*Matricaria chamomilla*) y sus mezclas exhibirán una actividad de fotoprotección solar en ensayos “in vitro”.

OBJETIVOS

Objetivo general:

- Investigar el potencial de los aceites esenciales de Albahaca (*Ocimum basilicum*), Caléndula (*Calendula officinalis*) y Manzanilla (*Matricaria chamomilla*) y sus mezclas como Factor de Protección Solar.

Objetivos específicos:

- Evaluar los aceites esenciales de albahaca (*Ocimum basilicum*), caléndula (*Calendula officinalis*) y manzanilla (*Matricaria chamomilla*) puros como Factor de Protección Solar.
- Diseñar un ensayo de sinergismo para mezcla de los aceites esenciales en estudio.
- Probar si la efectividad de las mezclas es mayor que los aceites esenciales puros en función del Factor de Protección Solar.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 RADIACION ULTRAVIOLETA

Una parte de la energía del sol es la radiación solar ultravioleta, transmitida en forma de ondas electromagnéticas con una longitud de onda que fluctúa entre 100 y 400 nm. Se divide en tres categorías: UV-C (100-280 nm), UV-B (280-320 nm) y UV-A (320-400 nm) considerándose la parte más energética del espectro electromagnético. (Sordo & Gutiérrez, 2013)

Los rayos ultravioletas recibidos en la tierra son alrededor del 95% UVA y un 5% UVB, mientras que los rayos ultravioletas UVC no alcanzan la superficie terrestre debido a que son bloqueados por la capa de ozono. La UVB es más responsable de producir daño biológico que la UVA, contribuyendo cerca de un 80% de efectos dañinos asociados a la exposición solar y este daño dependerá de la intensidad de la radiación, el tipo de piel de cada persona y su tiempo de exposición. (Cajamarca, 2016)

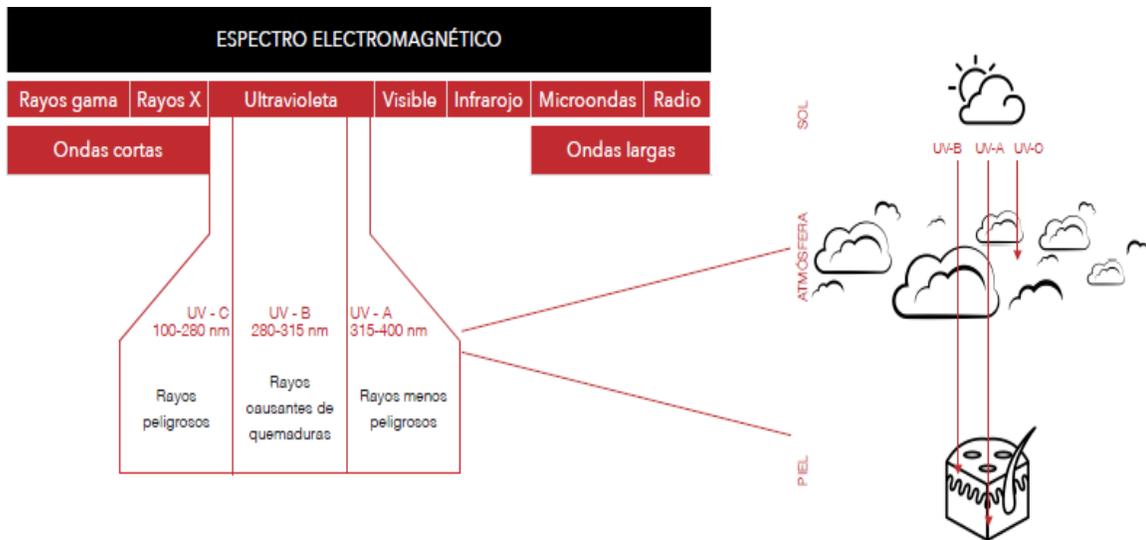


Figura 1. Longitud de onda de los rayos UV. (Sordo & Gutiérrez, 2013)



1.1.1 Efectos para los seres vivos causados por las radiaciones UV.

Efectos positivos de la luz solar.

- ✚ Ayuda en la síntesis de la vitamina D, la misma que tiene acción antirraquítica y previene la osteoporosis. (Giraldo et al., 2014)
- ✚ Actúa en el tratamiento de algunas dermatosis.
- ✚ Favorece a la circulación sanguínea
- ✚ Estimula la síntesis de neurotransmisores cerebrales, responsables del estado de ánimo del hombre. (Trujillo, 2014)

Efectos negativos de la luz solar.

La exposición a la luz solar natural o artificial, voluntaria o involuntaria, puede llegar ser muy dañina, causando un efecto negativo para la salud, principalmente vinculadas a diversas afecciones como:

- ✚ Daños genéticos
- ✚ Daño del tejido ocular
- ✚ Cáncer a la piel(Cazorla Martínez, 2013)

Debido a la escasa información sobre la RUV y los efectos dañinos, se crea internacionalmente el índice ultravioleta (IUV) que mide la intensidad de radiación ultravioleta proveniente del sol en la superficie terrestre, expresada en una escala de 1 a 15, siendo un riesgo bajo del 1 a 4, riesgo medio 5 a 6, riesgo alto 7 a 9 y como un riesgo peligroso de 10 a 15. (Ferrándiz, 2006)(EXA, 2013)

1.1.2 Patologías de la piel asociadas con la radiación UV

La piel expuesta a prolongadas dosis de radiación UVB genera especies reactivas de oxígeno (ERO's), que induce al estrés oxidativo en la zona irradiada, así como la disminución de los niveles de enzimas antioxidantes, alterando su capacidad de defensa frente a procesos oxidativos generados por las radiaciones, esto provoca modificaciones oxidativas en sus macromoléculas (ADN, lípidos y proteínas) y a su vez produce daños



biológicos como el envejecimiento celular, quemaduras, eritema, edema, hiperplasia, inmunosupresión, daño del ADN y el inicio de la apoptosis. (Olarte et al., 2016)

Entre las patologías asociadas a la radiación UV están:

- ✚ **Insolación:** trastorno cerebral, provocado por una exposición prolongada de los rayos del sol. Sin embargo, no es necesaria una exposición directa al sol, para que sea nocivo al sistema nervioso central. estas reacciones se observan los primeros días después de una ola de calor y se caracteriza por una fiebre a 40°C, calambres musculares, dolores de cabeza, mareos, fatiga, puede llegar a producirse un coma y es posible una muerte rápida si no se aplica un tratamiento adecuado. (Sordo & Gutiérrez, 2013)
- ✚ **Melanoma:** es un cáncer que surge por la proliferación incontrolada de melanocitos asociada con la exposición a radiación UV, inducido por daño genético y resulta la formación de tumores. Sin embargo, no están común como el cáncer de tipo no melanoma, que abarca tanto carcinoma de células basales, así como carcinoma de células escamosas.(Tapia, 2016)
- ✚ **Queratosis actínicas:** son lesiones pre malignas y con exposición a la luz UV puede transformarse en un tipo de cáncer de piel. El fotodaño ocurre genéticamente en la expresión de las proteínas que están involucradas en la reparación de ADN o lípidos involucrados en las señales celulares que interfieren con el proceso de reparación. (Proaño, 2017)
- ✚ **Envejecimiento prematuro de la piel:** la exposición crónica al sol causa cambios en la piel dependiendo del grupo étnico. La radiación UVB absorbidas en las bases de ADN y ARN, conlleva a mutaciones donde afecta la síntesis de proteínas, causando arresto del ciclo celular y/o activando apoptosis. (Proaño, 2017)
- ✚ **Inhibición del sistema inmunitario:** la luz UV puede alterar el sistema inmune cuando el daño producido al ADN induce modificaciones genéticas en células dendríticas que dispara una respuesta alterada de los mastocitos, que activa las células B y T, suprimiendo la respuesta inmune de proteínas que están alteradas genéticamente por la luz UV. Esta protección inmune a células mutadas puede desarrollar cáncer de piel. (Proaño, 2017)



- + **Quemadura solar:** la exposición solar sin protección induce alteraciones a nivel celular y molecular, lo que origina el eritema o quemadura. Lo más frecuente es el enrojecimiento de la piel, en quemaduras más severas pueden aparecer ampollas, y en casos extremos fiebre y afectación del estado general. También denominado eritema solar. (Tapia, 2016)
- + **Reacciones de fotosensibilidad:** existen dos tipos de reacciones: fototóxicas y fotoalérgicas. Las primeras están mediadas por un mecanismo inmunológico y son el resultado de la suma de la exposición al sol. Las segundas son más raras y en ellas subyace un mecanismo inmunológico, donde las lesiones producidas en la piel pueden ir más allá de la zona expuesta al sol. (Proaño, 2017)

1.2 FOTOPROTECCIÓN

Se define a las diversas medidas preventivas y la utilización de productos destinados a la protección, denominándose protectores o foto protectores a todos aquellos productos (cremas, lociones, leches, etc.) que se aplican sobre la piel con el fin de protegerla de los efectos perjudiciales de las radiaciones solares UVA y/o UVB.(Trujillo, 2011)

+ **Fotoprotección natural**

Esta fotoprotección la determina el tipo de piel en su capacidad de bronceado, clasificándola en 6 tipos según Fitzpatrick. (Carranza & Gajardo, 2009).

+ **Fotoprotección intrínseca de la piel.**

Basado en mecanismos de defensa como el engrosamiento de sus capas más superficiales (epidermis y dermis) y la síntesis de la melanina (pigmento que origina el bronceado). Estos mecanismos van a variar según el fototipo, resultando insuficientes para prevenir foto envejecimiento y la foto carcinogénesis.(Ozáez, 2014)

+ **Fotoprotección exógena.**

Está enfocada en las aquellas maneras de reducir los efectos adversos en la radiación solar, como es el uso de sombrillas, ropa, gafas de sol, filtros solares, evitar la exposición, etc.(Ozáez, 2014)



1.2.1 CLASES DE PROTECTORES O FILTRO SOLARES

a) Filtros inorgánicos o físicos

Actúan como una barrera física, absorben y dispersan en todo su espectro la radiación ultravioleta, en este grupo está el óxido de zinc, dióxido de titanio, mica, óxido de hierro, talco, óxido de magnesio, actúan siendo polvos inertes, no sensibilizantes que al ser aplicados sobre la piel presenta una coloración o capa blanquecina según el filtro. Como una manera de disminuir estos efectos se ha desarrollado formulaciones micronizadas, pero las cuales producen especies reactivas de oxígeno. (Panimboza, 2015)

b) Filtros orgánicos

Tienen un mecanismo de acción por medio de anillos aromáticos conjugados que hacen parte de su estructura, de la excitación y posterior estabilización de electrones, convirtiendo la radiación en calor. (Skotarczak, et al., 2015)

Están divididos en filtros contra UVB, UVA y filtros duales UVB-UVA. En este grupo encontramos el ácido para-aminobenzoico (PABA), avobenzona (Butil metoxidibenzoil metano), metoxicinamatos, salicilatos, benzofenona 3 y benzofenona 4. (Tobar, 2016)

c) Filtros biológicos.

Son sustancias con propiedad antioxidante, como la vitamina A, E empleados en forma de palmitato, acetato, carotenoides y extractos de plantas. Los betacarotenos aumentan ligeramente la tolerancia al sol en determinadas enfermedades fotoagravadas, como la porfiria eritropoyética, presenta acción frente a radicales libres generados durante el proceso fotooxidativo. También presenta un moderado efecto protector del eritema actínico. No se ha establecido acción inmunoprotectora, ni acción preventiva en el fotoenvejecimiento o fotocarcinogénesis. (López, 2012)

El té verde (*Camelia sinensis*), es rico en polifenoles como catequinas y ácido fenólico, presenta importantes propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. El efecto fotoprotector del té verde se pone en evidencia por provocar una disminución dosis dependiente del eritema inducido por radiación ultravioleta e histológicamente en la piel tratada se observa disminución del número de "células quemadas" y protección de las células de Langerhans.



El *Polypodium leucotomos* administrado oral o tópica posee importantes acciones antioxidantes, antiinflamatorias, inmunoprotectoras y fotoprotectoras. El extracto de PL (EPL) está compuesto de dos fracciones, una lipofílica y otra hidrofílica rica en compuestos fenólicos, sus propiedades antioxidantes con capacidad antiradical como también la capacidad de inactivar el estado singlet del oxígeno, disminuye el número de células de quemadura solar, la lesión del ADN y mantiene la arquitectura epidérmica. Otro agente antioxidante involucrado actualmente en fotoprotección y prevención de la fotocarcinogénesis, son las isoflavonas de soja. (Skotarczak, et al., 2015)

1.2 FACTOR DE PROTECCION SOLAR (FPS)

Es el número que indica la capacidad de protección que tiene el fotoprotector ante los rayos UVB, que se define como la energía UV requerida para producir una dosis mínima de eritema (MED) en la piel protegida, dividida por la energía UV requerida para producir una MED en la piel desprotegida. Cuanto mayor sea el FPS, más eficaz es el producto en la prevención del bronceado. (Jiménez, 2011)

$$\text{FPS} = \frac{\text{Dosis mínima de eritema en piel protegida}}{\text{Dosis mínima de eritema en piel desprotegida}}$$

(Malsawmtluangi et al., 2013)

La determinación del FPS se realiza empleando una técnica “*in vivo*” basado en la capacidad que tiene el fotoprotector de evitar el enrojecimiento o quemadura de la piel cuando nos exponemos al sol o una fuente de luz. (Sordo, 2010)

Los procedimientos *in vitro* reducen los riesgos relacionados con la exposición UV de los humanos, son en general de dos tipos: métodos que implican la medición de la absorción o la transmisión de radiación UV a través de películas de productos de protección solar en placas de cuarzo o biomembranas y métodos en los que las características de absorción de los agentes de filtro solar se determinan basándose en el análisis espectrofotométrico de las disoluciones diluidas. Los FPS *in vitro* se determinan por el método descrito de Mansur. (Malsawmtluangi et al., 2013)

Si observamos la Figura 2, el porcentaje de reducción de la radiación no se incrementa en forma significativa con FPS mayores de 20, es por ello que se considera que un protector



solar con un FPS 15 ó 20 es suficiente ya que proporciona entre un 90% a 95% de filtrado, un FPS de 50 bloquea el 98%. No obstante el FPS solo se relaciona al eritema por UVB y se conoce que protectores con FPS altos permiten bloquear otras acciones inducidas por las radiaciones, además del eritema. (Kaur & Saraf, 2010)

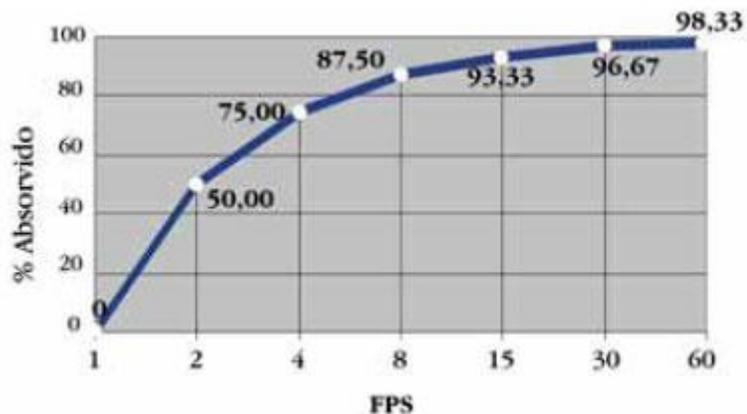


Figura 2. Relación entre absorbancia y FPS. (Kaur & Saraf, 2010)

Dependiendo del origen de los cosméticos, la industria cosmética maneja metodologías diferentes que determinan el FPS, entre los organismos encargados de estandarizar estas pruebas esta: COLIPA aunque no es de aplicación obligatoria es el más utilizado en la cosmeceútica europea, DIN o alemán, FDA o americano, vigente en Estados Unidos (Proaño, 2017)

En 2006 la Asociación Europea de Cosmética e Higiene y Perfumería desarrolló una propuesta de categorías de protección (Tabla 1).

TIPO DE FOTOPROTECTOR	FPS
Bajo	2-4-6
Medio	8-10-12
Alto	15-20-25
Muy alto	30-40-50
Ultra	50+

Tabla 1. Clasificación FPS COLIPA 2006



1.3 ACEITES ESENCIALES COMO FACTORES DE PROTECCIÓN SOLAR

En la búsqueda para encontrar agentes fotoprotectores eficaces, los productos derivados del metabolismo secundario vegetal han sido probados debido a sus diversas actividades biológicas. En cosmecéutica, se utilizan proteínas, sustancias lipídicas, péptidos vegetales como protectoras solares. (Korać & Khambholja, 2011)

Entre los productos naturales más promisorios para su uso como fotoprotectores se encuentran los aceites esenciales. (Acevedo, 2013). Estas sustancias se obtienen de diferentes partes como yemas, flores, semillas, hojas, corteza, ramas, hierbas, frutos, madera, raíces y se producen en el momento que se activan los mecanismos de defensa para la protección de la planta debido a factores ambientales y ecológicos (ataques de insectos), estos presentan roles de defensa, atracción de polinizadores, entre otros. (Sarmiento Olga, 2016)

En la actualidad se reporta el potencial de ciertos aceites esenciales como protectores solares. Por ejemplo, el aceite de sésamo absorbe el 30% de los rayos solares, mientras los aceites de coco, maní, oliva y algodón logran bloquear aproximadamente el 20% de la radiación solar. El aceite de borraja (*Borago officinalis*) estimula la actividad celular, estimulando la regeneración de la piel. Este aceite contiene altos niveles de ácido gamma-linoléico, activo en el tratamiento de alergias, dermatitis, inflamaciones e irritaciones de la piel. Los aceites de onagra (*Oenothera biennis*), aguacate (*Persea americana*) y árbol de té (*Melaleuca alternifolia*) se encuentran en formulaciones de protectores solares, por su significativo contenido en Vitamina E, B-caroteno, lecitina y aminoácidos libres. (Korać & Khambholja, 2011)

1.3.1 ESPECIES VEGETALES INCLUIDAS EN EL ESTUDIO

Se ha considerado a Ecuador como uno de los países biológicamente más ricos del planeta debido al gran pluralismo de sus zonas climáticas, lo que se debe a la ubicación en la zona ecuatorial del planeta, permitiéndole recibir una mayor energía solar.



El interés de conocer las bondades de las plantas es un tema tratado desde la humanidad existente, siendo el uso de las aromas y los aceites esenciales desde 3500 A.C., utilizados como elementos curativos, cicatrizantes, fotoprotectores, etc.(De la Torre, 2008)

1.3.2 ALBAHACA (*Ocimum basilicum*)



Figura 3. Fuente: la autora

Clasificación taxonómica

Especie: *Ocimum Sp*

Familia: Lamiaceae

Orden: Lamiales

Nombre común: Albahaca

Descripción

La especie *Ocimum basilicum* es una planta herbácea, rustica, arbustiva, vivaz; de tallo erecto, cuadrangular y ramoso que crece de 30 a 90 cm de altura, posee hojas jugosas, opuestas, largamente pecioladas, ovales, enteras o ligeramente dentadas y flores dispuestas en la parte superior del tallo o en el extremo de las ramas, son de color blancas o rosadas, es una planta muy aromática que despidе una fragancia suave a clavo o limón. (Orozco, 2013)

Composición química



Contiene una amplia variedad de aceites esenciales con compuestos aromáticos muy volátiles, los cuales son los responsables de los olores y sabores característicos de las plantas. (Juárez-Rosete et al., 2013)

En la albahaca, el carácter aromático de cada variedad se origina principalmente por una mezcla compleja de monoterpenos, sesquiterpenos, fenilpropanoides y contiene de 0,2 a 1% de aceite esencial, entre sus componentes químicos se han encontrado sustancias como el alfa-pineno, beta-pineno, 1.8-cineol, linalol, alcanfor, metil chavicol (estragol), metil cinamato, eugenol, beta-elemeno que han sido reportados como los mayores componentes de los aceites esenciales de *O. basilicum*. (González, 2011). Entre los ácidos fenólicos derivados del ácido cinámico como beta-cariofileno, beta-cubebeno, beta-bisaboleno, y alfa-murolol. (Juárez-Rosete et al., 2013). Flavonoides como quercetosido, kenferol, esculosido, ácido caféico y los compuestos fenólicos de la albahaca son potentes antioxidantes. (González, 2011)

Usos

Protegen a nuestras células del proceso de envejecimiento, cáncer, enfermedad del corazón, cicatrizante de las heridas regenerando el tejido de la piel, propiedades antibacteriales, es fuente de beta-carotenos, vitamina C y magnesio, todos los cuales favorecen la salud cardiovascular. ("TSIA, 2012) (Quipuzco & Alberth, 2016)

1.5.3 CALÉNDULA (*Caléndula officinalis*)



Figura 4. Fuente: la autora

Clasificación taxonómica



Especie: *Caléndula officinalis*

Familia: Compositae (Asteraceae)

Orden: Campanulales

Nombre común: Caléndula, Flor maravilla (Claros Paz, 2013)

Descripción

Es una planta herbácea, glandular de 30 a 60 cm de altura, sus hojas simples alternas, oblongas a obovado-oblongas enteras o diminutas, cabezuelas solitarias en pedúnculos robustos. (Gordo, 2015). Las flores son de color amarillo o anaranjado que se cierran por la noche y porta varias cabezuelas pedunculadas en el círculo.(Claros, 2013)

Composición química

El aceite esencial (0,1-0,4%) abundante en mono y sesquiterpenos oxigenados como carvona, gerinilacetona, mentona, isomentona, cariofileno, α y β -iononas, pedunculatina, dihidroactinidiólido, γ -terpireno, α -muuroleno, y δ -cadineno, cariofilenocetona. Presenta saponósidos como calendulósidos A, D, D2, F. (derivados del ácido oleanólico). (Fonseca et al., 2010). Flavonoides derivados del quercetol (quercetin-3-O-glicósido) y del isoramnetol, rutósido. Los alcaloides triterpenicos pentacíclicos: armidio, faradiol, ácido faradiol-3- mirístico, lupol, taraxasterol, ácido faradiol-3-palmítico, etc. Y polisacáridosvramno-arabino-galactano y dos arabinogalactanos. (Russo, Rodríguez, & Apóstolo, 2015). Carotenoides como calendulina, violaxantina, rubixantina, citroxantina, flavocromo, flavoxantina, galenina, luteína, licopeno, valentiaxantina, auroxantina, microxantina, 5,6 epoxicaroteno, mutatoxantina y lutein epóxido. (Claros, 2013)

Usos

La caléndula como su aceite, han sido empleados en la terapia popular como remedios para quemaduras, incluyendo quemaduras de sol, hematomas, por su función emoliente se emplea en productos de higiene corporal y cosméticos. (Regalado, 2013)

1.5.4 MANZANILLA (*Matricaria chamomilla*)



Figura 5. Fuente: la autora

Clasificación taxonómica

Especie: *Matricaria chamomilla*

Orden: Synandreae

Familia: Asteraceae

Nombre común: Manzanilla

Descripción

Se trata de una planta herbácea anual caracterizada por presentar una altura de 30 cm aproximadamente, tallo cilíndrico, erguido, ramoso de color verde blanquecino, hojas alternas divididas en pequeños lineales muy finos. Cada rama presenta en su extremo el botón floral dorado y lígulas de color blanco que corresponden a la parte unisexuada de la flor, mientras que la amarilla ubicada en la zona central es la hermafrodita. Los frutos son pequeños, elipsoidales y de color pardo. (Quintero, 2015)

COMPOSICIÓN QUÍMICA.

Las hojas y las flores contienen aceite esencial (0.2-0.6%) compuesto por azuleno (26-46%), camazuleno (1-15%), guajazuleno, bisabol, bisabolo, cadineno, colina, cumarinas (hemiarina, umbeliferona), farneseno y furfural, sesquiterpenoides, además glucósidos flavonoides (apigenina, apina, patuletrina, rutina, luteol, luteolina, quercetol, quercetina, quercimeritrina), triacontano, antemidina, ácido antémico, taninos, mucílago urónico (10%), ácidos grasos, principio amargo, azúcar y sales minerales,



La parte de principal de la manzanilla son las flores donde encontramos compuestos como cumarinas (umbileferona, herniarina). Ácidos fenólicos y lactonas sesquiterpénicas, flavonoides. También se observa la presencia de glucósidos de luteolol, así como heterosidos del quercetol y del isorramnetol. (Gómez, 2015)

Usos

Utilizado para molestias estomacales, caída de cabello, dolor menstrual, reacciones alérgicas, cicatrices, estrés, gases, dolores articulares, dolores de cabeza, relajante muscular, tranquilizante, también es utilizado en inflamaciones e irritaciones de piel y mucosas.(Quintero et al., 2015) (Calderón & Guerrero, 2013)

2 METODOLOGIA

2.1. Área de estudio

El presente estudio se realizó en la Ciudad de Cuenca, provincia del Azuay.

2.2. Recolección del material vegetal

La recolección de albahaca (*Ocimum basilicum*) se realizó en el mes de diciembre 2017, manzanilla (*Matricaria chamomilla*) en enero y caléndula (*Calendula officinalis*) febrero de 2018, adquiriéndolas en el mercado Feria libre el Arenal.

El material vegetal fue trasladado al Laboratorio de Biotecnología, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Cuenca. Se seleccionaron partes aéreas, eliminando aquellas que presentaban síntomas de marchitez o enfermedades foliares. Este proceso se realizó en un tiempo máximo de 24 horas después de su adquisición. (Mendoza Alvarado, 2016)

2.3. Obtención de aceites esenciales por hidrodestilación.

Los aceites esenciales de las especies en estudio se obtuvieron en un aparato de Clevenger, utilizando un manto calefactor de laboratorio PCE-HM 5000. El material vegetal, previamente seleccionado, fue colocado en un balón de destilación de 3 L. Aproximadamente se utilizaron 200 g de partes aéreas de las plantas en estudio. Para evitar ebullición tumultuosa se adicionaron núcleos de ebullición (Torres, 2011).

Se agregó agua destilada hasta cubrir el material vegetal, desarrollando la extracción del aceite esencial en periodo de tiempo de 1 hora. El aceite esencial obtenido fue recolectado en tubos eppendorf debidamente identificados y almacenados en refrigeración, hasta el desarrollo de las pruebas "in vitro".

La cantidad de aceite que se obtuvo por hidrodestilación fue de 1.8 ml de albahaca, 1 ml de caléndula y 0,9 ml de manzanilla.



Figura 6. Fuente: autora

2.4. Determinación *in vitro* del factor de protección solar (FPS) de los aceites puros.

Se determinó siguiendo el método espectrofotométrico descrito por Mansur.

Se preparó una solución madre 1% de aceite en etanol, preparándose 0,5 ml de aceite esencial en 50 ml de etanol absoluto, de esta solución madre se realizó una dilución de trabajo, de concentración 0,1 % v/v.

Se utilizó 500 μ l de aceite y 4,5 ml de etanol, se homogenizó, y tomó una alícuota de 1ml, la dilución de trabajo de los aceites puros fue sometida a lecturas de absorbancia en rangos de longitud de onda de 290 a 320 nm, con intervalos de 5 nm utilizando cubetas de cuarzo de 1 ml de espesor.

Se utilizó como blanco una solución de agua destilada: etanol, en una proporción 6:4

Una vez medidas las absorbancias en las diferentes longitudes de onda, el FPS *in vitro* calculamos con la ecuación siguiente (Kaur & Saraf, 2010)



$$\text{FPS: } \mathbf{CF} \times \sum_{290}^{320} \mathbf{EE}(\lambda) \times \mathbf{I}(\lambda) \times \mathbf{Abs}(\lambda)$$

En donde:

CF = factor de corrección (10)

EE (λ) = efecto radiación con longitud de onda λ (está determinado por el estándar de las formulaciones de fotoprotección que contienen el 8% determinado por espectrofotometría UV). Mansur, et. at.1986

I (λ) = espectro de intensidad solar

Abs. (λ) = valores fotométricos de espectro de absorbancia a la longitud de onda λ.

Los valores de EE x I son constantes. (Malsawmtluangi et al., 2013)

Longitud de onda (nm)	Constante determinada (EE(λ) x I(λ))
290	0,015
295	0,0817
300	0.2874
305	0,3278
310	0,1864
315	0,0839
320	0,018
Total	1

Tabla 2. Constante determinada EE (λ) X I (λ). (Malsawmtluangi et al., 2013)

Aplicada la formula se conoce si los aceites en estudio poseen actividad fotoprotectora.

2.5. Diseño de mezclas Simplex-Lattice

Las proporciones de las mezclas se formularon con el fin de evaluar el efecto sinérgico con el mínimo de experimentos posibles. Se formularon tres mezclas binarias y una mezcla ternaria (Lundstedt et al., 1998).

		Aceite Esencial de Albahaca	Aceite Esencial Manzanilla	Aceite Esencial Caléndula
ACEITES	1	100 %	0	0



PUROS	2	0	100%	0
	3	0	0	100%
MEZCLAS BINARIAS	4	50%	50%	
	5		50%	50%
	6	50%		50%
MEZCLA TERCIARIA	7	33%	33%	33%

Tabla 3. Proporciones aplicadas en la formulación de las mezclas de aceites esenciales

Determinación del factor de protección solar (FPS) *in vitro*, mezclas binarias

Se realizaron tres mezclas binarias

La primera mezcla se toma una alícuota de 2 ml de la solución al 0.1% V/V de aceite de (*Ocimum basilicum*) y 2 ml de la solución al 0.1% V/V de (*Matricaria chamomilla*).

La segunda mezcla se tomó 2 ml de la solución 0.1% V/V de (*Matricaria chamomilla*) y 2 ml de solución 0.1% V/V de (*Calendula officinalis*).

La tercera mezcla 2 ml de solución al 0.1% v/v (*Ocimum basilicum*) y 2 ml de solución al 0.1% v/v de (*Calendula officinalis*).

Se homogenizó y se tomó una alícuota de 1 ml se leyó la absorbancia a sus diferentes longitudes de onda y se utilizó la fórmula dada para cálculo del FPS.

2.5.1. Determinación del factor de protección solar (FPS) *in vitro*, mezclas terciaria

Se realizó una mezcla terciaria con 1,3 ml de solución 0.1% de aceite de (*Ocimum basilicum*), 1,3 ml de la solución al 0,1% de (*Matricaria chamomilla*) y 1,3 ml de solución 0.1% de (*Calendula officinalis*), tomando de esta mezcla 1 ml para la lectura de la absorbancia a diferentes longitudes de onda, una vez realizada utilizamos la fórmula planteada.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Extracción y evaluación sensorial de los aceites esenciales de las especies en estudio

En la tabla 4 se reporta el rendimiento de extracción de los aceites esenciales de albahaca, manzanilla y caléndula. Además se realizó una evaluación sensorial de los aceites antes de someterlos a la evaluación de FPS.

Planta	Parte utilizada	Rendimiento (ml/100g)	Color	Olor	Apariencia
Albahaca	Hojas	0.41	Verde claro	Agradable Dulce Propio de la planta	Líquido Oleoso
Calendula	Flores	0,17	Incoloro	Característico de la planta	Líquido oleoso
Manzanilla	Flores	0,09	Azul-Amarillo Pálido	Agradable, propio de la planta.	Líquido Oleoso

Tabla 4. Reporte de rendimiento de extracción y evaluación sensorial de los aceites esenciales.

La extracción por hidrodestilación generalmente muestra un rendimiento bajo, que oscila entre 0,1 y 3% dependiendo de muchos factores como tipo de planta, partes que se utilizan, cantidad de la planta, el estado fisiológico y elementos del procedimiento. (Quinatoa, 2010). El aceite esencial de albahaca presentó un rendimiento mayor de 0,41 seguido del aceite de caléndula con un rendimiento de 0,17 mientras que el aceite de manzanilla presenta un rendimiento muy bajo de 0,08 como se observa en la tabla 4.

Se plantea que los aceites esenciales recién destilados presentan una tonalidad ligeramente amarilla o incolora, y en su posterioridad pueden oxidarse y tomar tonalidades como café, amarillo fuerte, verde o marrón, en dependencia de sus componentes que a su vez se relacionan con el metabolismo secundario de las plantas de las que se obtiene. (Quinatoa, 2010). En este estudio se pudo observar que la manzanilla recién destilada presenta una coloración azul, esto se debe a la presencia de sesquiterpenos conocidos como azuleno, principalmente camazuleno que se trata de un aceite volátil que le brinda



el color azulado a la esencia y que aparece por acción del calor durante el proceso de destilación. (Cosco, 2010)

3.2 Determinación del FPS de los aceites puros, mezclas binarias y mezcla ternaria

A continuación se presentan los resultados del factor protección solar de los aceites puros, mezclas binarias y mezcla ternaria.

ACEITES PUROS	FPS	
Albahaca	3,1	Bajo
Manzanilla	2,55	Bajo
Calendula	5,0	Bajo
MEZCLAS BINARIAS		
Albahaca + Manzanilla	4,02	Bajo
Manzanilla + Calendula	4,4	Bajo
Albahaca + Calendula	5,7	Bajo
MEZCLA TERNARIA		
Albahaca + Manzanilla + Calendula	7,2	Medio

Tabla 5. Determinación del FPS de los aceites puros, mezclas binarias y mezcla ternaria.

El FPS por espectrofotometría es un número que evalúa el filtro del producto en estudio. Los resultados obtenidos de los aceites puros y las mezclas binarias lo clasifican como un producto que posee una protección baja, mientras que la mezcla ternaria posee una protección media, no obstante los aceites y sus mezclas tiene una limitada absorción en la región UVB por lo que no se considera un protector de amplio espectro.

Con el diseño de mezclas se investiga el efecto sinérgico de las mezclas binarias y terciarias de los aceites esenciales, realizándose un mínimo de experimentos. Estos ensayos sinérgicos ayudan a evaluar el potencial en un producto con capacidad fotoprotectora. La mezcla binaria se formuló con la mezcla de aceites al 50% y la ternaria con la mezcla de los tres aceites al 33%. Observándose que la mezcla ternaria presentaba mayor valor de FPS 7.



El aceite de albahaca (*Ocimum basilicum*) presentaba un valor de FPS de 3 por lo cual es un valor muy bajo en comparación con un estudio realizado (Saraf S, 2010) en el que observó valores de SPF de aceite oliva de 8, aceite de menta y albahaca alrededor de 7, aceite de coco y lavanda alrededor de 6, aceite de eucalipto alrededor de 3.

En un estudio sobre la actividad fotoprotectora del taxo (*Passiflora tripartita*) y albahaca (*Ocimum basilicum*) en fototipos III (Homo sapiens) para la elaboración de un protector solar” (Orozco V., 2013) se evidencio que la crema con extracto de taxo presentó un FPS 3 lo cual demuestra que existe actividad fotoprotectora siendo esta un nivel de protección baja frente a la radiación ultravioleta es decir que su eficacia como fotoprotector solo tiene una duración limitada. En cuanto a la crema con extracto de albahaca el FPS fue de 5 el cual es un nivel de protección media frente a la radiación ultravioleta que puede atribuirse a que los cinamatos poseen mayor estabilidad frente a la radiación UV obteniendo así un tiempo mayor de protección que el que se obtuvo con la crema de taxo. La crema con la combinación de los extractos de taxo y albahaca demostró tener mayor efecto fotoprotector en personas fototipos III que los extractos individuales puesto que su FPS fue 7, por lo tanto se puede decir que la función antioxidante de los flavonoides muestra efectos sinérgicos con los cinamatos. Los cinamatos reducen la oxidación de los flavonoides, de manera tal que combinado con ella permite al flavonoide mantener su funciones antioxidantes durante más tiempo potenciando su actividad y evidenciándose su incremento de FPS, lo que se conoce como efecto sinérgico.

Khaezaeli & Mehraban (2011) en su estudio sobre la detección de la actividad fotoprotectora de extractos de acetato de etilo de plantas medicinales, utilizo materia prima fresca y seca, y se destaca las flores de pensamientos (*Viola tricolor var. hortensis*) con un SPF 25,69 y la caléndula (*C. officinalis*) 12,01 de los cuales la caléndula es utilizada en fotoprotectores.

Buenaño Y. en el 2012 demostró la actividad fotoprotectora in vitro de extractos de aliso (*Alnus acuminata*) con distinta polaridad. El factor de protección solar (FSP) fue de $13,27 \pm 1.74$ en el UVB, comparado con el control positivo (PABA) que tiene un FPS de 12.37 ± 1 , valores que son más elevados que del presente trabajo.(Suárez, 2015)



Por otro lado se ha demostrado que extractos con bajo nivel de protección a mayor concentración el valor de FPS aumentaría clasificándolo un nivel mayor de filtro UV.(Proaño, 2017)

Los procedimientos *in vitro* presentan una buena analogía con lo referente al método *in vivo*, porque relaciona la absorbancia del fotoprotector con el efecto eritematogeno de la radiación solar ultravioleta en una longitud de onda de 290-320 nm, siendo estos procedimientos *in vitro* una herramienta rápida debido a que reduce un numero de experimentos *in vivo* y los riesgos que se relacionan con la exposición de los seres humanos en estudio.(Proaño Rodríguez, 2017)

En la determinación del FPS *in vitro* intervienen factores como concentración, solubilidad de la muestra, diluyente empleado para disolver los aceites esenciales y la interacción entre los componentes del vehículo. Esto se ha propuesto analizar no solo la absorbancia UV sino también el principio físico-químico de los componentes tales como esterres, emolientes, emulsionantes, fragancias utilizadas en una formulación y diferentes factores que se deben tener en cuenta para estandarizar un método y obtener resultados reproducibles, ya que los filtros solares pueden interactuar y afectar a la eficacia de los filtros solares.(Cazorla, 2013)

El punto central de la fotoprotección es establecer una barrera física entre el sol y la piel, de ahí la necesidad de usar compuestos de diferentes formas, las formulaciones de filtros solares utilizan componentes químicos que resultan agresivos a la piel, además de proporcionar el efecto fotoprotector, en busca de una manera de atenuar estos efectos se desarrolla una nueva tendencia que consiste en aumentar el umbral antioxidante basal del cuerpo para mejorar la respuesta al daño oxidativo de la exposición al sol (Saewan & Jimtaisong, 2015). Esta nueva línea en la actualidad ha generado en la industria cosmética el uso de muy pocos extractos, aceites naturales de plantas en foto-protección, contraponiéndose con los múltiples estudios de extractos de plantas realizadas en el área, con efectos verificados *in vitro* e *in vivo*.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Se obtuvo el Factor de Protección Solar (SPF) in vitro de los diferentes aceites esenciales puros y sus mezclas por el método de espectrofotometría UV propuesto, el cual es sencillo, rápido, de bajo costo y puede ser utilizado en diferentes formulaciones cosméticas, farmacéuticas para conocer y mejorar las propiedades fotoprotectores.

La actividad fotoprotectora los aceites esenciales puros presentaron valores de FPS Manzanilla 2, Albahaca 3 y Calendula 5 lo cual se clasifica en una categoría de protección baja según la nomenclatura COLIPA o FDA.

Se realizó un ensayo de sinergismo a los aceites esenciales realizando tres mezclas binarias y una mezcla terciaria. Se probó que al realizar las mezclas binarias presentaron valores entre 4 y 5, mientras que la mezcla terciaria albahaca, manzanilla, caléndula presenta una actividad fotoprotectora mayor frente a la radiación UVB de un valor de 7 equivalente a un valor medio de fotoprotección, siendo el mejor valor de SPF. Este hallazgo resulta útil en la selección para la realización de una formulación de protector solar.

Ecuador al ser un país con una amplia variedad de flora, dispone de un amplio campo de estudio, es importante aprovechar las propiedades particulares de las plantas, desarrollando alternativas sustentables que sustituyan el uso de compuestos sintéticos y disminuyendo el impacto negativo al medio ambiente.



4.2. RECOMENDACIONES

Se deben realizar estudios in vivo para comprobar la actividad fotoprotectora y verificar el FPS determinado en estudios in vitro.

Se recomienda establecer la composición de los aceites esenciales y compararla con las reportadas en literatura, para establecer posibles diferencias en relación al ecotipo o a las condiciones ambientales donde crecen las plantas en estudio.



BIBLIOGRAFIA

- Acevedo, D., Navarro, M., & Monroy, L. (2013). Composición Química del Aceite Escencial de Hojas de Orégano (*Origanum vulgare*). *Información Tecnológica*, 24(4), 43–48. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000400005>
- Aydelin Trujillo Alfonso, Efreín Lauzán Álvarez, Yadira González Herrera. (n.d.). Determinación in vitro del Factor de Protección Solar del Gel Fotoprotector Epidérmico mediante la espectrofotometría. Retrieved April 12, 2018, from http://bvs.sld.cu/revistas/fdc/vol8_3_14/fdc01314.htm
- Cajamarca Guamán, D. S. (2016). Determinación de la actividad fotoprotectora in vitro de los extractos de *Oreocallis grandiflora*. (B.S. thesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6331>
- Calderón Cevallos, D. E., & Guerrero Ricaurte, A. I. (2013). Análisis del efecto antibacterial de aceites esenciales de *Lepechinia rufocampii* y *Mintostachys tomentosa* sobre cepas de *Escherichia coli* y *Salmonella thyphimurium* (B.S. thesis).
- Carranza, E. E., & Gajardo, E. A. C. (2009). Anatomía De La Piel. *Cilad. Org*, 1–23.
- Cázares, J. P. C. (2013). GMM_149_2013_3_292-298.pdf. Retrieved July 4, 2017, from http://www.anmm.org.mx/GMM/2013/n3/GMM_149_2013_3_292-298.pdf
- Cazorla Martínez, M. P. (2013). Actividad Fotoprotectora de Maracuyá (*Passiflora edulis*), Ishpingo (*Ocete quixos*) en Fototipos III para Elaboración de un Protector Solar.
- Claros Paz, M. R. (2013). Determinación de la actividad anti-helicobacter pylori de *Plantago major* (Llantén), *Verbena officinalis* (Verbena), *Clinopodium bolivianum* (Khoa), *Caléndula officinalis* (Caléndula), *Piper angustifolium* (Matico) y *Rubus*



boliviensis (Khari khari) por el método de difusión de *disco*. Retrieved from <http://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/3537>

Cosco Robles, D. A. (2010). Actividad inhibitoria del crecimiento de *Streptococcus mutans* y de flora mixta salival por acción de aceite esencial de la *Matricaria chamomilla* manzanilla.

De la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, P., Macía, M. J., & Balslev, H. (2008). Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador (con extracto de datos). Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador & Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus.

Ferrándiz Foraster, C. (2006). Dermatología clínica. Madrid.: Elsevier.

Fonseca, Y. M., Catini, C. D., Vicentini, F. T. M. C., Nomizo, A., Gerlach, R. F., & Fonseca, M. J. V. (2010). Protective effect of *Calendula officinalis* extract against UVB-induced oxidative stress in skin: Evaluation of reduced glutathione levels and matrix metalloproteinase secretion. *Journal of Ethnopharmacology*, 127(3), 596–601. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.12.019>

Giraldo, J. C. M., Atehortúa, L., & Mejía, M. Á. P. (2014). Foto-protección: mecanismos bioquímicos, punto de partida hacia mejores filtros solares. *Dermatología Cosmética, Médica Y Quirúrgica*, 12(4), 272–281.

Gómez Ugarte, M., Reyes Rojas, S., & Paredes Choque, L. (2015). La manzanilla y sus propiedades medicinales. *Revista de Investigación E Información En Salud*, 54.

González-Zúñiga, J. A., González-Sánchez, H. M., González-Palomares, S., Rosales-Reyes, T., & Andrade-González, I. (2011). Microextracción en fase sólida de compuestos volátiles en albahaca (*Ocimum basilicum* L.). *Acta Universitaria*, 21(1). Retrieved from <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=41618395001>



- Jiménez, J. S.-J. (2011). Cómo prevenir los efectos nocivos del sol. Retrieved from <http://www.cfc-asturias.es/UserFiles/1/File/Noticias/pdf%20guia%20final.pdf>
- Juárez-Rosete, C. R., Aguilar-Castillo, J. A., Juárez-Rosete, M. E., Bugarín-Montoya, R., Juárez-Lopez, P., & Cruz-Crespo, E. (2013). Hierbas aromáticas y medicinales en México: Tradición e innovación. *Revista Bio Ciencias*, 2(3). <https://doi.org/10.15741/rev bio ciencias.v2i3.42>
- Kaur, C. D., & Saraf, S. (2010). In vitro sun protection factor determination of herbal oils used in cosmetics. *Pharmacognosy Research*, 2(1), 22. <https://doi.org/10.4103/0974-8490.60586>
- Korać, R. R., & Khambholja, K. M. (2011). Potential of herbs in skin protection from ultraviolet radiation. *Pharmacognosy Reviews*, 5(10), 164–173. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.91114>
- Lopez R, L. (2012). Guía para el uso y elección de protectores solares y componentes para la industria cosmética y consumidores finales. Retrieved April 13, 2018, from https://www.zaragoza.unam.mx/portal/wpcontent/Portal2015/Licenciaturas/qfb/tesis/tesis_lopez_valdes.pdf
- Lundstedt, T., Seifert, E., Abramo, L., Thelin, B., Nyström, Å., Pettersen, J., & Bergman, R. (1998). Experimental design and optimization. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 42(1), 3–40. [https://doi.org/10.1016/S0169-7439\(98\)00065-3](https://doi.org/10.1016/S0169-7439(98)00065-3)
- Malsawmtluangi, C., Nath, D. K., Jamatia, I., Zanzoliana, E., Pachuau, L., & others. (2013). Determination of Sun Protection Factor (SPF) number of some aqueous herbal extracts. Retrieved from <http://imsear.li.mahidol.ac.th/handle/123456789/151875>
- Martinez Fray. (2009). Publicacion-CU-2005-2009.pdf. Retrieved July 7, 2017, from <http://www.estadisticas.med.ec/Publicaciones/Publicacion-cu-2005-2009.pdf>



- Mendoza Alvarado, F. S. (2016). Formulación bioinsecticida a partir del aceite esencial de *Ambrosia arborescens mill* (altamisa) de aplicación canina (B.S. thesis). Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25130>
- Olarte, M., 1, , Sergio Hugo Sánchez R., 2, , Carlos Fernando Aréchiga F., 3, ... Argelia López. (2016). Revista ANACEM 9(1).pdf - 10.-2015-9-1-AR1.pdf. Retrieved July 4, 2017, from <http://www.revistaanacem.cl/wp-content/uploads/2016/11/10.-2015-9-1-AR1.pdf>
- Ozáez Martínez, I. (2014). Tesis doctorales: Evaluación ecotoxicológica de filtros ultravioleta en invertebrados. Análisis de los efectos celulares en el insecto acuático *chironomus riparius*." Revista 100cias@ Uned, 7, 36–38.
- Proaño Rodríguez, D. M. (2017). Determinación de la actividad fotoprotectora in vitro de los extractos de *Chusquea sp.* (B.S. thesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Quintero, S. E. G., Lizarazú, M. C. B., Robayo, A. M., Lobo, A. Z. P., & Molano, L. G. (2015). Descripción del uso tradicional de plantas medicinales en mercados populares de Bogotá, DC. NOVA publicación en ciencias biomédicas, 13(23), 73.
- Quipuzco, E., & Alberth, F. (2016). Efecto del infuso de hojas de *Foeniculum vulgare* "hinojo" y *Ocimum basilicum* "albahaca" sobre ileon aislado de cavia porcellus. *Universidad Nacional de Trujillo*. Retrieved from <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/1433>
- Regalado, I., & María, I. (2013). Revisión química y homeopática de la *Calendula officinalis*. *Homeopatía M,x*, 82(687), 31–37.
- Russo, F., Rodríguez, M. I., & Apóstolo, N. M. (2015). Flavonoides de *Calendula officinalis* L. bajo cultivo. Efecto de diferentes fechas de siembra y fertilización. *Dominguezia*, 31(1), 23–29.



- Saewan, N., & Jimtaisong, A. (2015). Natural products as photoprotection. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 14(1), 47–63. <https://doi.org/10.1111/jocd.12123>
- Sarmiento Olga. (2016). Evaluacion de la cinetica de extraccion del aceite de *Calendula officinalis* L. Retrieved May 4, 2018, from <http://repository.unad.edu.co:8080/bitstream/10596/11836/1/1026569480.pdf>
- Skotarczak, K., Osmola-Mankowska, A., Lodyga, M., Polanska, A., Mazur, M., & Adamski, Z. (2015). Photoprotection: facts and controversies. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 19(1), 98–112.
- Sordo, C., & Gutiérrez, C. (2013). Cáncer de piel y radiación solar: experiencia peruana en la prevención y detección temprana del cáncer de piel y melanoma. *Revista Peruana de Medicina Experimental Y Salud Publica*, 30(1), 113–117.
- Sordo Veramatuz. (2010). Métodos empleados para determinar el grado de protección de los fotoprotectores frente a la radiación ultravioleta. Médico Dermatólogo. Profesor Invitado de Dermatología. Facultad de Medicina Humana. Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH). Lima, Perú.
- Suárez, B. (2015). Estudio de la actividad fotoprotectora in Vitro de extractos de Aliso (*Alnus acuminata*) con distinta polaridad (B.S. thesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Tapia, S., & Armando, S. (2016). Evaluación de la actividad Fotoprotectora In Vitro de extractos de *Passiflora manicata* (Juss.) Pers. (B.S. thesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4873>
- Tobar Medina, Á. P. (2016). Determinación de la actividad fotoprotectora in vitro de los extractos de *Chenopodium murale*. (B.S. thesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

TSIA-6(1)-Cardoso-Ugarte-et-al-2012 albahaca.pdf. (n.d.).