UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

TEMA:

Potencial fotoprotector de extractos vegetales y posibilidad de elaborar productos que actúen como filtros solares

AUTOR:

Alfredo Fabián Chavarría Sánchez

DIRECTOR DEL PROYECTO:

Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez, PhD

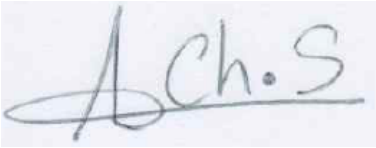
PASTAZA - ECUADOR

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo Alfredo Fabián Chavarría Sánchez, con cédula de identidad Nº 0802676593 declaro que soy responsable del trabajo de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, que tiene como tema: POTENCIAL FOTOPROTECTOR DE EXTRACTOS VEGETALES Y POSIBILIDAD DE ELABORAR PRODUCTOS QUE ACTÚEN COMO FILTROS SOLARES. Las referencias, contenidos, ideas, análisis, conclusiones y recomendaciones que están en este documento son de mi autoría. A través de esta declaración cedo los derechos de propiedad intelectual a la Universidad Estatal Amazónica, de acuerdo a lo establecido por la ley de propiedad intelectual y su reglamento.

En el cantón Pastaza, a los 11 días del mes de septiembre del 2020



ALFREDO FABIAN CHAVARRIA SÁNCHEZ

C.I: 0802676593

alfredochavarria0@gmail.com

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación de proyecto de investigación aprueba el proyecto de investigación titulado "POTENCIAL FOTOPROTECTOR DE EXTRACTOS VEGETALES Y POSIBILIDAD DE ELABORAR PRODUCTOS QUE ACTUEN COMO FILTROS SOLARES"

Dr. Yasiel Arteaga Crespo PhD

Presidente del tribunal

Dr. Yudel García Quintana PhD

Miembro del tribunal

Dr. Manuel Lázaro Pérez Quintana PhD

Miembro del tribunal

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Oficio No. 242-SAU-UEA-2020

Puyo, 10 de septiembre de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente al egresado CHAVARRÍA SÁNCHEZ ALFREDO FABIÁN con C.I. 0802676593, con el Tema: **"Potencial fotoprotector de extractos vegetales y posibilidad de elaborar productos que actúen como filtros solares"**, de la carrera, Ingeniería Agroindustrial. Director del proyecto Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez PhD., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 3%, Informe generado con fecha 10 de septiembre de 2020 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la vida, por permitirme estar aquí y por haberme dado todo lo necesario para lograr mis metas.

A la Universidad Estatal Amazónica aceptarme y ayudarme en mi formación académica.

A todos mis profesores por transferirme sus conocimientos a lo largo de mi carrera.

A mi tutor el Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez por el apoyo que me brindó, su buena vibra y por su guía en la realización de esta investigación.

DEDICATORIA

A mis padres, por ser mi motor y guiarme por el camino del bien en cada paso que doy, a mis amigos que estuvieron conmigo siendo mi soporte y compañía durante mi tiempo de estudio.

A mis hermanos que siempre estuvieron apoyándome en mi deseo de superación y mi anhelo de salir adelante en la vida.

A mis allegados y conocidos por creer en mí.

RESUMEN

La radiación UV proveniente del sol es una de las primeras causas para el desarrollo de cáncer de piel. El planeta Tierra recibe más radiaciones ultravioletas A que B, lo cual va de acuerdo a la hora del día, condiciones atmosféricas y la altura sobre el nivel del mar. Tanto las radiaciones ultravioletas tipo A como las de tipo B provocan las mismas mutaciones genéticas y de igual forma tienen la misma capacidad de provocar cáncer de piel. La eficacia que tienen los protectores solares contra los rayos UV en la piel ha servido de mucho para prevenir las distintas enfermedades que provocan los rayos solares. En el caso de los extractos vegetales han generado varios mecanismos de foto-protección los cuales se relacionan con los metabolitos secundarios como: polifenoles, carotenoides y micosporinas. En este trabajo se revisaron distintos tipos de extractos vegetales, sus compuestos químicos y sus potenciales de foto-protección en humanos. Se ha encontrado que las industrias buscan nuevas alternativas para suplantar productos químicos que ocasionan daños a la piel, por lo que están optando por la utilización de extractos vegetales, siempre que no causen ningún tipo de reacción alérgica y que sea amigable con el ambiente. Los extractos vegetales de manzanilla, caléndula y guayusa tienen un gran potencial para usarse como fotoprotectores debido a las propiedades de absorción y estabilizantes de las radiaciones UV que estas plantas poseen. Determinados extractos vegetales, además de los metabolitos mencionados, tienen un alto contenido de ceras lo que ayuda a la reflexión de la luz solar y son hipoalergénicos.

Palabras clave: foto-protección, radiación ultravioleta, protector solar, piel

ABSTRACT

UV radiation from the sun is one of the first causes for the development of skin cancer. The planet Earth receives more ultraviolet radiation A than B, which depends on the time of day, atmospheric conditions and the height above sea level. Both type A and type B ultraviolet radiation cause the same genetic mutations and in the same way have the same capacity to cause skin cancer. The effectiveness of sunscreens against UV rays on the skin has gone a long way to prevent the various diseases caused by the sun's rays. In the case of plant extracts, they have generated several photo-protection mechanisms which are related to secondary metabolites such as: polyphenols, carotenoids and mycosporins. In this work, different types of plant extracts, their chemical compounds and their photo-protection potentials in humans were reviewed. It has been found that industries are looking for new alternatives to supplant chemicals that cause skin damage, so they are opting for the use of plant extracts, provided they do not cause any type of allergic reaction and that it is friendly to the environment. The plant extracts of chamomile, calendula and guayusa have great potential to be used as photoprotectors due to the absorption and stabilizing properties of UV radiation that these plants possess. Certain plant extracts, in addition to the metabolites mentioned, have a high wax content which helps to reflect sunlight and are hypoallergenic.

Keywords: photo-protection, ultraviolet radiation, sunscreen, skin

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I 1
1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2
Formulación del problema 3
1.2. OBJETIVOS 3
1.2.1. OBJETIVO GENERAL 3
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3
1.3. JUSTIFICACIÓN 3
CAPÍTULO II 5
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 5
2.1.1. QUEMADURA SOLAR 5
2.1.2. CAUSAS DE QUEMADURA SOLAR 5
2.1.3. SIGNOS Y SÍNTOMAS 6
2.1.4. CÁNCER DE PIEL 7
2.1.5. CARCINOMA BASOCELULAR (BASALIOMA) 7
2.1.6. MELANOMA MALIGNO 8
2.1.7. CARCINOMA ESCAMOCELULAR 8
2.1.8. AGENTE FOTOPROTECTOR 8
2.1.9. FILTROS SOLARES 9
2.2. FILTROS ORGÁNICOS 11
2.2.1. PABA 11
2.2.2. MECANISMOS DE ACCIÓN DE LOS PROTECTORES SOLARES 11
2.2.3. DISPERSIÓN 11
2.2.4. ABSORCIÓN 11

2.2.5. EXTRACTOS VEGETALES 12
2.3. CLASIFICACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES 12
2.3.1. LA PIEL 12
2.3.2. MEDIDAS A USAR PARA EVITAR LOS EFECTOS NOCIVOS DEL SOL 13
2.4. ESPECIES VEGETALES 14
2.4.1. *Calendula officinalis* L. (CALÉNDULA) 14
2.4.2. *Matricaria chamomilla* L. (MANZANILLA) 15
2.4.3. *Ilex guayusa* Loes (GUAYUSA) 16
2.4.4. *Ocimum basilicum L.* (ALBAHACA) 17
2.5. MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE PROTECCIÓN SOLAR 19
CAPÍTULO III 20
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 20
3.1. LOCALIZACIÓN 20
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN 20
3.3. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN 20
CAPÍTULO IV 22
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS 22
CONCLUSIONES 28
RECOMENDACIÓN 29
REFERENCIAS 30

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 FILTROS SOLARES NIVELES DE FPS DE ACUERDO A LA PROTECCIÓN FRENTE A LA RADIACIÓN SOLAR 10
TABLA 2 RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES Y EVALUACIÓN SENSORIAL QUE FUERON USADOS EN ESTE ESTUDIO 24
TABLA 3 DETERMINACIÓN DEL FPS DE LOS ACEITES PUROS, MEZCLAS BINARIAS Y MEZCLA TERNARIA..... 26

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESPECTROS UV DEL PROTECTOR SOLAR ELABORADO JUNTO CON PROTECTORES SOLARES DE DIFERENTES MARCAS COMERCIALES. 22

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La radiación UV se ha asociado con algunos problemas de salud en los seres humanos generando múltiples efectos dañinos en la zona de la piel, como son: envejecimiento prematuro, cáncer de piel, inmunosupresión, quemaduras y cataratas. Las exigencias que el hombre enfrenta día a día y los cambios climáticos a que se encuentra expuesto durante numerosas horas en condiciones inadecuadas ayuda a la aparición de manchas cutáneas, pitiriasis, eritemas y como más crítico a la generación de cáncer de piel; por otro lado, existen tratamientos para otras enfermedades por medio de fototerapias que colateralmente someten a las personas a niveles altos de radiación. La exposición crónica a la radiación UV a la que se encuentra sometido el ser humano está netamente asociada con las apariciones de carcinomas, queratosis actina y carcinoma escamo celular. La exposición intermitente pero intensa se asocia al desarrollo de melanomas (Boehm et al., 2009).

En Ecuador los casos de cáncer de piel han ido aumentando en los últimos años, de acuerdo a los datos levantados por la Sociedad de Lucha Contra el Cáncer (SOLCA), quedando las ciudades de la sierra como las de mayor incidencia y más propensas a estas enfermedades, por estar ubicadas en las zonas más altas, lo cual hace que la exposición a los rayos solares también aumente (Cefali, Ataide, Moriel, Foglio, & Mazzola, 2016).

El factor de protección solar (FPS) es una medida de laboratorio por la cual se evalúa la eficacia los protectores solares, mientras más alto es el FPS, ofrece mayor protección contra las radiaciones UV, que son las causantes de las quemaduras por el sol. Es muy importante la utilización de fotoprotectores, ya sean estos inorgánicos como orgánicos; los fotoprotectores inorgánicos ayudan a reflejar y dispersar la radiación UV y los fotoprotectores orgánicos absorben la radiación UV (Choquenet, Couteau, Paparis, & Coiffard, 2008).

Algunos estudios realizados indican que los fotoprotectores son compuestos químicos de origen sintético, los que pueden tener efectos muy perjudiciales para la salud; entre estos compuestos están PABA (ácido p-aminobenzoico), dióxido de titanio y óxido de zinc. Estos compuestos pueden provocar alergias al ser usados cotidianamente o de forma

indiscriminada, por lo cual se recomienda la disminución de su uso o usarlos con prudencia, y también por el gran impacto negativo que estos pueden producir al ambiente; es por esto que se deberían usar fotoprotectores naturales. Científicos de la Universidad de Barcelona y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España han determinado que los flavonoides extraídos de uvas y los cinamatos provenientes de *Cinnamomum verum* J.Presl. (canela) tienen efecto fotoprotector en las células en contra de la radiación UV. En la actualidad existen varios laboratorios y consorcios farmacéuticos que están dedicados a la investigación etnomédica y quimiotaxonómica, es decir, se dedican a la clasificación y evaluación de las características y propiedades de las plantas en cuanto a lo medicinal y la actividad fotoprotectora no se escapa a su interés (Costa, Detoni, Branco, Botura, & Branco, 2015).

Los cosméticos hechos a base de extractos naturales han mostrado resultados favorables en su uso como antioxidantes, inmunomoduladores y antinflamatorios; existen varios tipos de lociones de protección solar que están hechas de productos naturales como el aceite de aguacate, coco, almendra, semilla de algodón, oliva, etc., este tipo de aceite es fácilmente absorbido por la piel. Algunos aceites que son volátiles también incluyen principios aromáticos y pueden ser usados como fragancias; estos extractos pueden absorber hasta un 90% de la radiación UV (Fisher et al., 2009).

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El daño que causa la radiación ultravioleta influye en el envejecimiento a temprana edad en los seres humanos, por lo que los efectos de la radiación solar son extremadamente notables a simple vista (Matsumura & Ananthaswamy, 2004).

Al momento en que la piel está expuesta a la luz del sol, esta libera citoquinas proinflamatorias e inmunosupresoras que reaccionan junto con proteínas, ADN entre otros, favoreciendo el envejecimiento a temprana edad y provocando falta de elasticidad de la piel y eventualmente cáncer de piel. En la actualidad, las personas están buscando nuevas alternativas como lo son los protectores solares en: cremas, geles, lociones, etc., que cumplan con las expectativas del consumidor. Los extractos de algunas plantas o vegetales son capaces de absorber diferentes tipos de radiaciones y se pueden utilizar asociados con otros tipos de componentes para la elaboración de filtros solares (Saewan & Jimtaisong, 2015).

Formulación del problema

¿Es posible utilizar extractos vegetales como filtros para la radiación solar?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar las características y aplicaciones de los extractos vegetales como filtros para la radiación solar en la piel.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la similitud entre un filtro solar común y un filtro solar a base de extractos vegetales.
- Valorar, sobre la base de la composición química de los extractos vegetales, qué tipos de extractos y plantas pueden explotarse potencialmente con estos fines.
- Proponer, sobre la base de un estudio bibliográfico, cómo evaluar el efecto fotoprotector de los filtros solares a base de extractos vegetales.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la radiación ultravioleta es una las principales fuentes de desarrollo de cáncer en la piel en los humanos. La penetración directa de los rayos solares es la causa de múltiples efectos dañinos como: cáncer de piel, envejecimiento prematuro en parte de la dermis y epidermis, manchas no deseadas, entre otras (López-Camarillo et al., 2012).

A medida que pasa el tiempo y la reducción de la capa de ozono, que cada vez avanza de una forma más agresiva, se ha notado un considerable incremento de radiación UVB y yendo de la mano ha ido el aumento de nuevas afecciones en la piel como el melanoma en sus diferentes fases (Cabrera Morales & López-Nevot, 2006).

En algunos países de Europa y América Latina está naciendo un gran interés por cuidarse de los rayos UV, para ello están saliendo al mercado productos que actúan como filtros solares y debido a esta tendencia se están buscando compuestos naturales y que sean amigables con el ambiente (Castro et al., 2015).

Existen muchos productos cosméticos que sirven para el cuidado personal o que son usados para el embellecimiento, sin embargo, estos productos están elaborados a base de compuestos químicos que al momento de aplicarlos a la piel pueden reaccionar de manera desfavorable, generando alergias, por lo que ahora se están buscando nuevas alternativas naturales que cumplan con las características fotoprotectoras de los filtros solares (Saewan & Jimtaisong, 2015).

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. QUEMADURA SOLAR

Una quemadura solar se define como la afección de la piel que resulta de la exposición directa y prolongada a la radiación del sol o a algún tipo de luz ultravioleta. La exposición de la piel a la radiación UV produce múltiples efectos biológicos y estimula la respuesta inmunitaria, creando un desequilibrio de las células Langerhans; estas células al momento de migrar activan las respuestas de los linfocitos T, en especial los linfocitos TH2, provocando una disminución de la habilidad para desencadenar una respuesta inmunitaria adecuada. La radiación UV por sí sola es cancerígena y el efecto que tiene puede inducir las neoplasias (Korac & Khambholja, 2011).

2.1.2. CAUSAS DE QUEMADURA SOLAR

Existen diferentes causas de quemaduras entre las cuales están:

- Exposición prolongada a fuentes de radiación UV
- Exposición a la radiación UV del sol sin protección (Suarez, 2014).

Exposición prolongada a fuentes de radiación UV.

Produce una afección en la piel provocada por una quemadura solar o por una luz ultravioleta que excede o sobrepasa el límite de la capacidad del pigmento protector de la piel humana (melanina). La radiación UV puede provocar mayores quemaduras en las personas de piel clara, en un estimado de 12 a 15 minutos de exposición al sol del mediodía, mientras que una persona de piel oscura es mucho más resistente y puede soportar la misma exposición por horas (Losantos et al., 2017).

Exposición a la radiación UV del sol sin protección

Una de las consecuencias a largo plazo de la exposición a la radiación UV del sol es el envejecimiento prematuro y en situaciones agudas puede causar quemaduras de primero y segundo grado, por lo tanto, no hay tal cosa como un bronceado saludable (Narayanan, Saladi, & Fox, 2010).

Existen varios factores que hacen más probables las quemaduras por parte de la radiación solar:

- Los rayos solares son más fuertes durante las 10:00 de la mañana y las 04:00 de la tarde
- Los rayos de sol son más penetrantes en lugares más altos (msnm) y en lugares cerca de los trópicos. Los reflejos de la arena, del agua o de la nieve puede intensificar extremadamente los rayos del sol.
- La piel de los niños y los bebés es más sensible a los rayos del sol.
- Las personas de piel más clara son más susceptibles a los efectos nocivos de la radiación solar (Narayanan et al., 2010).

2.1.3. SIGNOS Y SÍNTOMAS

Los signos de una quemadura solar pueden aparecer después de varias horas de exposición y el efecto perjudicial que causan se manifiesta entre las 24 y 32 horas (Pfeifer & Besaratinia, 2012). Los posibles síntomas pueden ser: ampollas que pueden aparecer en horas o hasta días después de la exposición, peladura de la piel en las zonas afectadas o quemadas por el sol, piel enrojecida o sensible al tacto, fiebre, escalofríos y náuseas (Narayanan et al., 2010).

La mejor forma para evitar quemaduras solares es siempre tomar medidas preventivas o adecuadas antes de que estas se presenten, entre las cuales están:

Utilización de filtros solares adecuados.

Existen diferentes tipos de protectores solares con un factor de protección de un mínimo de 15, los cuales se tienen que aplicar antes de la exposición al sol, siguiendo las aplicaciones cada dos horas o cada hora y al momento de salir del agua, en caso de que se esté en playas o piscinas. Es necesario volver aplicar después de sudar o después de restregarse con una toalla y todas las partes que pueden haber estado debajo del agua. Se debe tener en cuenta que los protectores solares nunca protegen un 100% de los rayos UV (Pfeifer & Besaratinia, 2012).

Emplear protectores solares aun cuando el día esté nublado

La radiación UV de los rayos del sol suelen atravesar las nubes, existen ciertos medicamentos que contienen hormonas que se usan especialmente para el acné, medicamentos para la hipertensión, la píldora contra el embarazo, antibióticos y para la diabetes, estos medicamentos pueden hacer que la piel se sensibilice provocando una fácil reacción frente a la radiación del sol y haciendo que aumente la fotosensibilización (Raza, Ping, & Merlino, 2008).

2.1.4. CÁNCER DE PIEL

Es una enfermedad que se produce en cualquiera de las capas de la piel, por el desarrollo células cancerosas; uno de los principales factores de riesgo es la exposición a los rayos UV provenientes de la luz del sol o de luces ultravioleta, en este proceso de desarrollo de cáncer existen mutaciones genéticas. Este tipo de cáncer es muy común en la población de piel blanca o piel clara (Pfeifer & Besaratinia, 2012).

Las medidas a manejar para protegerse del sol pueden ayudar a prevenir el cáncer de piel si se utilizan adecuadamente y de manera constante. Las radiaciones UV provenientes del sol, las luces ultravioletas provenientes de fuentes artificiales como son los lechos bronceados y las lámparas solares tienen el mismo peligro por lo que se deben usar siempre las medidas de protección. El cáncer de piel por lo general se presenta en la adultez, pero la causa casi siempre es por las quemaduras que se dan por la exposición del sol desde la niñez (Cefali et al., 2016).

Los tres principales tipos de cáncer de piel son:

- El carcinoma basocelular
- El carcinoma de células escamosas (tiene muy altas posibilidades de curación)
- Melanoma (es el más peligroso) (Narayanan et al., 2010).

2.1.5. CARCINOMA BASOCELULAR (BASALIOMA)

El basalioma como comúnmente se lo conoce es un tumor maligno cutáneo, y fue denominado de esta manera porque se origina básicamente dentro de las células del estrato germinativo basal, que se encuentra dentro de la última capa de la epidermis. Se puede presentar de manera similar en ambos sexos, pero comúnmente es más frecuente encontrarlos

en mujeres que entran en la quinta década de su vida, manifestándose tanto de manera espontánea como mediante nódulos muy pequeños pero que su tamaño crece progresivamente (Pfeifer & Besaratinia, 2012).

Normalmente, este tipo de tumor no produce metástasis, pero al no ser tratado a tiempo es seriamente peligroso. Si este llega a los estratos más profundos de la piel, la malignidad de este tumor puede propagarse hacia la periferia dejando una cicatriz. También puede aparecer en el rostro y es más preocupante en cuanto a lo estético, pero se puede solucionar con una cirugía (Pfeifer & Besaratinia, 2012).

2.1.6. MELANOMA MALIGNO

El melanoma es un tumor maligno que se origina en los melanocitos, que deriva de la cresta neural, que afecta a la piel en un 95% y el otro 5% afecta a los ojos y a las mucosas provocando una neoformación, este tumor a diferencia del carcinoma basocelular produce metástasis linfáticas y hematógenas lo que puede provocar la muerte. Actualmente las cifras de mortandad han disminuido considerablemente; gracias a la detección temprana y a las mejoras en modalidades terapéuticas, estos tumores pueden presentarse periódicamente en las mucosas, en la cubierta cutánea y en las capas pigmentadas del globo ocular (Pfeifer & Besaratinia, 2012).

2.1.7. CARCINOMA ESCAMOCELULAR

Este tipo de cáncer se puede originar a partir del epitelio escamoso; esta malformación afecta a la piel. El principal síntoma de este cáncer de piel se presenta con una protuberancia que va creciendo y su superficie por lo general se torna áspera o escamosa a veces de color rojizo. Se ha implementado un tipo de sistema de clasificación por etapas para agilitar el diagnóstico y aplicar el tratamiento (Pfeifer & Besaratinia, 2012).

2.1.8. AGENTE FOTOPROTECTOR

Las radiaciones que alcanzan el nivel de la superficie de la tierra pueden clasificarse en radiaciones ultravioletas, radiaciones visibles y radiaciones infrarrojas. La radiación infrarroja y visible apenas producen daño a la piel, pero no es el caso de la radiación ultravioleta que sí produce laceraciones en la dermis y epidermis. La radiación UV alcanza entre 100 y 400 nm de longitud de onda, añadiendo algunas de sus características físicas está divida en UVA (400-300nm), UVB (320-290nm) y por último UVC (290-200). Aunque la

radiación UVC está considerada entre una de las más peligrosas para el ser humano estas suelen quedarse atrapadas en la capa de ozono, por lo cual las radiaciones UVA y las radiaciones UVB son las que sí ingresan a la superficie de la tierra causando daños en la piel de los seres humanos. Las radiaciones UVB son las causantes de los eritemas o enrojecimientos, y estas sí penetran más la epidermis a diferencia de las radiaciones UVA (Castro et al., 2015).

2.1.9. FILTROS SOLARES

Los filtros solares generalmente son compuestos de uso tópico en los cuales se utilizan principios activos que cumplen con la función de filtrar ciertas radiaciones solares; estos productos se encuentran en forma de: crema, gel, aerosol, emulsión y barra de labios (Matsui et al., 2009).

Existen dos tipos de filtros solares.

- Filtros físicos
- Filtros químicos (Matsui et al., 2009).

Los filtros físicos son los que reflejan la radiación y la dispersan y los **filtros químicos** son aquellos que la absorben y son hechos de origen vegetal o de manera sintética. Los filtros solares o también llamados filtros inorgánicos son moléculas estables a la luz que dan protección de la radiación UV por dispersión, absorción o reflejo de la misma. Hay dos clases de filtros inorgánicos que están aprobados hasta el momento: dióxido de titanio (TiO_2) y el óxido de cinc (ZnO). Estas dos moléculas son estables a la luz no causan ningún efecto de alergia o sensibilización en la piel (Castro et al., 2015).

La tabla 1 muestra los niveles de Factor de Protección Solar (FPS), de acuerdo a la protección frente a la radiación solar.

Tabla 1. Niveles de FPS frente a la radiación solar.

PROTECCIÓN	FPS (factor de protección solar)	PROPIEDADES
Mínima protección	2-4	Permite bronceado mínimo
Moderada protección	4-6	Permite bronceado moderado
Extra-protección	6-8	Permite bronceado limitado-extra
Máxima protección	8-15	Bronceado escaso, máxima protección
Ultra protección	15 o más	Bronceado nulo, mayor protección

Fuente: (Mayra, 2019).

Dióxido de titanio

Es una sustancia blanquecina que se prepara en suspensión en varias concentraciones entre el 1% y el 10% que se utilizan en polvos, cremas, pomadas y actúa como dermoprotector ante las radiaciones solares. Esta sustancia se encuentra en todas partes ya sea en colorantes, dentífricos, protectores solares, colorantes alimenticios, fármacos y el mal uso está causando efectos dañinos pero considerados como no tóxicos, compatibles con las mucosas a la piel. El dióxido de titanio se encuentra presente en varios medicamentos y puede afectar la fertilidad, el ADN e incrementar el riesgo de cáncer (Sánchez, 2006).

En el año 2009 se realizó un estudio por científicos del centro Jonsson Comprehesive Cáncer de la UCLA (EEUU) en el que se demostró que las nanopartículas en las que se encuentra presente el Dióxido de titanio (TiO_2) están causando un daño genético en ratones y roturas en el ADN, esto hace que se incremente el riesgo de cáncer en los animales y daños en los cromosomas, estas partículas se acumulan en varios órganos y pueden ir a cualquier parte del cuerpo, por lo que este no cuenta con un método efectivo que impida su paso y mucho menos que los elimine, puede incluso atravesar células y membranas fácilmente (Matsumura & Ananthaswamy, 2004).

2.2. FILTROS ORGÁNICOS

Los extractos de vegetales utilizados en la elaboración de filtros solares deben cumplir con características propias de un filtro solar sintético, deben tener una absorción de radiación que esté en el intervalo de 290-320 nm, se deben mantener estables en las condiciones tanto de uso como de fabricación y de igual manera compatibles con todo el material usado en las líneas solares y lo más importante: no deben ser tóxicos (Matsui et al., 2009).

2.2.1. PABA

El ácido para-amino-benzoico, es un agente que se utiliza en las pantallas solares, este funciona reflejando los rayos UV del sol y convirtiéndolo prácticamente en energía, este ácido también es usado para ayudar a reducir las enfermedades gastrointestinales, para el tratamiento de la constipación y para reducir los síntomas del vitíligo. Las reacciones que puede producir el PABA (acido-para-amino-benzoico) consisten en sudoración, erupciones, picazón; esta sustancia, al ser usada directamente sobre la piel ayuda a liberar radicales libres lo cual contribuye al desarrollo de cáncer. Las pantallas que se encuentran hechas a base de PABA dañan el ADN y esto hace que aumente las posibilidades de cáncer de piel (Sánchez, 2006).

2.2.2. MECANISMOS DE ACCIÓN DE LOS PROTECTORES SOLARES

Los filtros solares se dividen en químicos y no químicos, en los filtros solares químicos el principal componente es el carbono. Los protectores solares no químicos forman una capa también llamada pantalla solar, para lograr el mecanismo de acción de las pantallas son necesarios dos procesos: dispersión y absorción (Shau, Manigauha, & Sahu, 2019).

2.2.3. DISPERSIÓN

La dispersión no es otra cosa que la desviación o cambio de trayectoria de los rayos solares, lo cual sucede cuando los rayos chocan contra una película o pantalla solar (Shau et al., 2019).

2.2.4. ABSORCIÓN

La absorción de la radiación solar ocurre cuando las moléculas de los protectores solares absorben los rayos UV del sol. Los fotones son absorbidos y conducidos en forma de calor (Shau et al., 2019).

2.2.5. EXTRACTOS VEGETALES

Los extractos vegetales están constituidos de una extensa variedad de compuestos químicos, siendo una mezcla muy compleja que se obtiene a partir de procesos químicos, físicos o microbiológicos; los componentes interactúan con los receptores de la membrana celular, enzimas, sistemas transportadores de iones etc. (Saewan & Jimtaisong, 2015).

2.3. CLASIFICACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES

Los extractos vegetales se clasifican en:

- Extractos secos
- Extractos semisólidos o blandos
- Extractos fluidos o líquidos (Saewan & Jimtaisong, 2015).

2.3.1. LA PIEL

La piel es un órgano funcional del cuerpo humano cubre aproximadamente entre 1,5 a 2 metros cuadrados en un adulto promedio su función es proteger el medio interno del exterior existen varias capas entre las cuales están:

- **Epidermis**
- **Dermis**
- **Hipodermis** (Pfeifer & Besaratinia, 2012).

Epidermis

La epidermis es la última capa de la piel la cual se encuentra conformada por estratos celulares. El primero o el más interno es el estrato basal, este estrato se encuentra dispuesto en forma de empalizada y se divide continuamente. Las células son empujadas a la superficie haciendo que su núcleo las degenere y las células mueran dando lugar al siguiente estrato o también llamado estrato córneo. este estrato tiene un espesor de acuerdo a las células muertas por lo cual suelta una proteína llamada queratina que también es el principal componente del cabello y de las uñas, la producción de esta proteína es diferente en las diferentes partes del cuerpo, pero la mayor parte de esta proteína se produce en las palmas de la mano y en las plantas de los pies en donde la presión es mayor (Wang, Stanfield, & Osterwalder, 2008).

El estrato lúcido, es el último estrato y se concentra en las áreas engrosadas, las células del estrato lucido contienen eleidina (sustancia transparente a partir de la cual se produce la

queratina. La queratina impide la penetración de bacterias, también permite la movilidad en los animales que producen escamas y la absorción de agua exterior como la pérdida del agua corporal. La melanina actúa como protector de la piel de los rayos UV absorbiendo el pigmento que se oxida y la vuelve más oscuro, la melanina es la responsable del bronceado, mientras más tiempo se encuentre expuesto se obtendrá un bronceado más oscuro (Wang et al., 2008).

Dermis

Esta capa de la piel contiene medios de nutrición, control de temperatura de la piel y medios de comunicación. La dermis consta de dos capas, la capa superior está formada por muchos vasos sanguíneos la cual se extiende por todas las direcciones por donde va el colágeno y la elastina del tejido conjuntivo. El colágeno está conformado por proteínas fibrosas y algunos también poseen elastina. La elastina es la proteína que le da elasticidad a la piel y los espacios entre ellos están llenos de una sustancia acuosa, la capa superior o como la también es llamada capa papilar se halla conformada por papilas son similares a los dedos e idéntica a las vellosidades del intestino delgado (Harrison & Young, 2002).

Hipodermis

La hipodermis es la capa adiposa de la piel se encuentra ubicada debajo de la dermis, esta capa es la que le da el aspecto de obesidad o delgadez, la grasa es la reserva de energía del organismo en situaciones en que el cuerpo no se alimente los ácidos grasos son transformados en energía. Los adipocitos o como comúnmente las llaman están distribuidas en formas diferentes en los hombres y en las mujeres, en el caso de las mujeres los adipocitos se almacenan en las piernas y en los glúteos y en los hombres la grasa se almacena en la zona abdominal, en la hipodermis también se encuentra los folículos pilosos y las glándulas sudoríparas (Harrison & Young, 2002).

2.3.2. MEDIDAS A USAR PARA EVITAR LOS EFECTOS NOCIVOS DEL SOL

Se deben tener en cuenta no solo las exposiciones directas sino también las exposiciones indirectas del sol, que mediante la reflexión también pueden causar daño. Usar gafas y gorra y evitar colocarse perfumes si va a estar al contacto con el sol y siempre tener en cuenta

consultar con su farmacéutico de confianza si ingiere algún medicamento por lo que en algunos casos son fotosensibles (López-Camarillo et al., 2012).

Respecto al uso de los fotoprotectores, debe realizarse hasta cuando haya días nublados y tener en cuenta que los vidrios de ventanas no cumplen ninguna función protectora frente a la radiación UVA. Siempre debe usarse un fotoprotector que esté acorde con el tipo de piel y en cantidad generosa con un tiempo mínimo de 30min antes de la exposición. Se debe tratar de evitar la exposición en horas de la tarde y finalmente usar productos que hidraten la piel luego de una larga exposición solar como lo son: cremas, antiinflamatorios y calmantes (Harrison & Young, 2002).

2.4. ESPECIES VEGETALES

El Ecuador es considerado uno de los países más ricos en flora y fauna a nivel mundial por sus zonas climáticas y por la ubicación en la zona ecuatorial del planeta haciendo que sea un gran receptor de energía solar (Srinivasan, Inala, Nandini, & Kutty, 2018).

Las bondades que prestan algunas plantas, sus aromas y aceites esenciales es un tema existente desde hace mucho tiempo aproximadamente 3500 A.C., los usaban como una fuente curativa, fotoprotectora y cicatrizante entre muchas más (Mayra, 2019).

2.4.1. *Calendula officinalis* L. (CALÉNDULA)

Clasificación taxonómica

Reino: Plantae
División: magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Asteridae
Orden: Campanulales
Familia: Compositae (Asteraceae)
Género: Calendula
Especie: *Calendula officinalis*
Nombre común: Caléndula, flor maravilla (Lastra Valdés & Piquet García, 1999).

Descripción botánica

Calendula officinalis Lin, es una planta herbácea, glandular y aromática, suele ser leñosa únicamente en la base, con una altura entre los 30 a 60 cm, pedúnculos robustos, hojas simples alternas, algo gruesas y remotamente denticuladas sus flores externas ligadas y femeninas color amarilla o anaranjado con varias cabezuelas pedunculadas dentro del círculo que por las noches se cierran y por la madrugada se abren, su reproducción es por medio de semillas (Lastra Valdés & Piquet García, 1999).

Composición química

Contiene carotenoides como licopeno, luteína, flavocromo, galenina, valentiaxantina, auroxantina, microxantina, 5,6 epoxicaroteno, mutatoxantina y lutein epóxido. Aceite esencial (0,1-0,4%) muy abundante en mono y sesquiterpenos oxigenados tales como: mentona,cariofileno, pedunculatina, carvona, isomentona, gerinilacetona, dihidroactinidiolido, cariofilenocetona. Flavonoides derivados del quercetol (quercetin-3-0-glicosido) y del isorramentol, rutosido. Los acaloides triterpenicos pentaciclicos: ácido faradiol-3-miristico, lupol, taraxasterol, armidio, faradiol, faradiol-3-palmitico (Mayra, 2019).

Usos

El aceite como la caléndula en sí, son usados como remedios para quemaduras, incluidas las quemaduras del sol y hematomas, e incluso son muy usados en productos de higiene corporal y cosméticos como: en cremas, emulsiones, champúes, pastas dentales, etc. (Mayra, 2019).

2.4.2. *Matricaria chamomilla* L. (MANZANILLA)

Clasificación taxonómica

Reino: plantae

División: magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Género: Chamaemelum

Especie: Chamaemelum

Nombre común: Manzanilla (Vara-Delgado et al., 2019).

Descripción botánica

Se trata de una planta con una altura de 50 cm de color verde, de tallo cilíndrico, erguido, ramificado, cada una de las ramas presenta en su extremo un botón floral, sus frutos son de color pardo, pequeños, elipsoidales existen dos plantas de manzanilla: *Anthemus nobilis* (manzanilla alemana) y *Matricaria recutita* (manzanilla romana). La manzanilla romana es una planta perenne y su crecimiento es muy bajo, su fragancia es ligeramente más fuerte que la otra, ambas tienen como la margarita, flores que aparecen y perduran hasta el final del verano, esta planta es nativa de Europa y Asia occidental. Actualmente es de amplia distribución (Vara-Delgado et al., 2019).

Composición química

Tanto sus hojas como sus flores contienen un aceite esencial (0.2-0.6%) este está compuesto por azuleno (26-46%), guajazuleno, bisabolo, colinas, cumarinas, bisabol, camazuleno (1-15%), farneseno y furfural además contiene flavonoides (quercetina, quercetol, luteol, apigenina, apina, patuletrina, rutina) antemidina, taninos mucilagouronico (10%) principio amargo, ácido graso, ácido antemico y sales minerales. La parte principal de esta planta son las flores donde se encuentran cumarinas *(Herniarina umbileferona)* entre muchos compuestos más (Vara-Delgado et al., 2019).

Usos

La manzanilla es usada para tratar problemas estomacales, dolores menstruales, caída de cabello, dolores articulares y de cabeza, irritaciones en la piel, estrés, gases, cicatrices, relajante muscular, tranquilizante irritaciones en las mucosas (Mayra, 2019).

2.4.3. *Ilex guayusa* Loes (GUAYUSA)

Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

Clase: Equisetopsida

Subclase: Magnoliidae

Suborden: Asteranae

Orden: Aquifoliales

Familia: Aquifoliaceae

Género: Ilex

Especie: *Ilex Guayusa Loes*

Nombre común: Guayusa (Fabara & Melo, 2014).

Descripción botánica

Es un árbol perenne que se encuentra en la región amazónica, donde es silvestre, pero también está presente en ciertos lugares subtropicales de la región andina en estado cultivado, con una altura promedio de hasta de 10 metros, con un forraje denso, tiene ramas extendidas y flexibles, posee hojas que miden entre los 15 y 21cm de largo y entre 5 y 7.5 cm de ancho la flor de este árbol está compuesta de una corola de color blanco verdosa con pétalos refractarios, estambres en igual número que los pétalos, sus frutos son una baya globosa de casi un cm de ancho y verde, en Ecuador, la guayusa está presente en las Provincias de Sucumbíos, Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe, además de registros en las provincias de Pichincha y Tungurahua (Fabara & Melo, 2014).

Composición química

Esta especie es rica en cafeína con un aproximado de 2%, tiene propiedades energizantes, entre los constituyentes más importantes están las siguientes: quinonas, teofilina, taninos, cumarinas, flavonoides, metilxantinas, saponinas y aceites esenciales. También se han encontrado presencia de alcaloides purínicos como: acido nicotínico colina piridoxina ácido isobutírico y triterpenos que son derivados del ácido clorogénico (Fabara & Melo, 2014).

Usos

En Sudamérica es usado como parte de una tradición y es servida como bebida en el desayuno, también es usado como coadyuvantes en síntomas como gripe, jaqueca y fiebre por sus propiedades curativas, actualmente existen investigaciones que afirman ayudan contra las radiaciones solares (Radice & Vidari, 2007).

2.4.4. *Ocimum basilicum L.* (ALBAHACA)

Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Lamiales

Familia: Lamiaceae

Género: Ocimum

Especie: O. basilicum L.

Nombre común: Albahaca (Mayra, 2019).

Descripción botánica

La albahaca es una planta anual o perenne, rústica, herbácea, arbustiva y vivaz; su tallo es erecto, redondeado por debajo y cuadrangular por arriba, sus ramificado desde la base y con una pelusilla que recubre su superficie, tiene una altura aproximadamente entre los 30 a 90 cm, sus hojas son jugosas, opuestas, largamente pecioladas, ovales, enteras y ligeramente dentadas, posee flores están agrupadas en espiga de verticilos, formados por seis flores cada una de color blancas o rosáceas dispuestas en la parte superior del tallo o en el extremo de sus ramas son de color blancas o rosadas, el fruto esta formado por cuatro aquenios pequeños y lisos (Mayra, 2019).

Composición química

La albahaca contiene una amplia variedad de aceites con compuestos aromáticos muy volátiles, los cuales son los responsables de los olores y sabores característicos de las plantas.

La albahaca está compuesta por una mezcla compleja de monoterpenos, sesquiterpenos, fenilpropanides y contiene de 0,2 a 1% de aceite esencial, entre sus componentes químicos se han encontado 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. Entre los ácidos fenólicos derivados del ácido cinámico como beta-cariofileno, beta-cubebeno, beta-bisaboleno y alfa-murolol. Flavonoides como quercetrosido, kenferol, esculosido, ácido caféico y los compuestos fenólicos de la albahaca son potentes antioxidantes (Mayra, 2019).

Usos

protegen a nuestras células del proceso del 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 a la salud cardiovascular (Mayra, 2019).

2.5. MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE PROTECCIÓN SOLAR

Existen cuatro métodos de determinación del factor de protección solar las cuales son:

- FDA (estadounidense)
- DIN (alemán)
- SAA (australiano)
- COLIPA (europeo) (Choquenet et al., 2008).

Para determinar el FPS se creó el método de verificación por medio de la Agrupación Europea de Fabricantes de Productos Cosmética y Perfumería (COLIPA) es por ello que se lo conoce como método de COLIPA (Choquenet et al., 2008).

El factor de protección solar de un fotoprotector se mide de acuerdo con el estándar de COLIPA. Permitiendo una clasificación de acuerdo a su nivel de fotoprotección:

- Bajo: 2, 4, 6.
- Medio: 8, 10, 12.
- Alto: 15, 20, 25.
- Muy alto: 30, 40, 50.
- Ultra: superior a 50 (Choquenet et al., 2008).

La numeración se refiere al efecto protector que presta un fotoprotector frente a la radiación UV, por lo general este se lo encuentra en el envase del fotoprotector solar. El efecto fotoprotector indica el tiempo que se puede permanecer expuestos al sol con la piel protegida en comparación con una piel sin protección y que puede llegar a formarse un eritema (Choquenet et al., 2008).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. LOCALIZACIÓN

El trabajo se llevó a cabo en la provincia de Esmeraldas, Cantón Quinindé con una latitud de 0.3339927 y una longitud de 79.470545.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El proyecto es una investigación de tipo documental – descriptiva, ya que se proponen soluciones y procedimientos, sobre la base de un estudio bibliográfico, sin la aplicación directa o inmediata de los resultados.

3.3. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo se elaboró de acuerdo a una revisión bibliográfica con la información obtenida de distintos artículos científicos y tesis los cuales fueron publicados en la red de información a nivel mundial, la mayoría de estos están enfocados a la radicación UV (ultravioleta), FPS (factor de protección solar) y extractos vegetales con potencial fotoprotector, toda esta información se la obtuvo de las distintas plataformas de búsqueda y revistas publicadas en el internet.

Se empleó el método científico que permitirá describir las plantas y los tipos de extractos con potencialidad como foto protectores, de forma tal que puedan ser comprobados en el futuro de forma experimental.

El método científico es un proceso que tiene como finalidad establecer relaciones entre hechos para enunciar leyes y teorías que expliquen y fundamenten el funcionamiento del mundo.

3.4. Evaluación de la similitud entre un filtro solar común y un filtro solar a base de extractos vegetales.

En primer lugar, sobre la base de la revisión bibliográfica, se describieron las características de los filtros solares de origen sintético, de forma tal que se pudieron evaluar similitudes y diferencias con los posibles filtros solares obtenidos a base de extractos vegetales.

La industria de los cosméticos en la actualidad busca sacar productos que no tengan ningún tipo de efecto dañino en la piel de los seres humanos por lo cual están buscando alternativas naturales que reemplacen a los químicos, la naturaleza cuenta con una gran diversidad de especies vegetales que cumplen con algunas funciones que alivian la inflamación en la zona cutánea que presenta algún tipo de quemadura por la radiación UV, los extractos vegetales que cuentan con propiedades antiinflamatorias por lo general es porque en su composición se encuentran flavonoides, polifenoles, entre otros más compuestos que no tienen ningún efecto adverso al ser usados en la piel en comparación con los filtros solares sintéticos.

3.5. Valoración, sobre la base de la composición química de los extractos vegetales, qué tipos de extractos y plantas pueden explotarse potencialmente con estos fines.

Se describió la composición química de los extractos vegetales con potencialidad como foto protectores, en base a recopilaciones de distintas revistas y artículos científicos publicados en el internet fundamentalmente información de extractos ricos en polifenoles, los tipos de plantas que pueden explotarse potencialmente con estos fines, teniendo en cuenta los antecedentes encontrados de altas concentraciones de esos metabolitos en la corteza de los árboles maderables y abriéndose de esa manera un campo de aplicación para los residuos de la industria maderera. Aprovechando esos metabolitos para la realización de nuevos filtros solares que ayuden en la absorción de las radiaciones UV, evitando eritemas producidas por el sol ante la exposición excesiva.

3.6. Propuesta de evaluación del efecto fotoprotector de los filtros solares a base de extractos vegetales.

Finalmente, se propuso, sobre la base de un estudio bibliográfico realizado, una metodología para evaluar el efecto fotoprotector de los filtros solares a base de extractos vegetales, empleando para ello lecturas espectrofotométricas.

La espectrofotometría es una técnica analítica basada en la absorción y cuantificación de radiaciones electromagnéticas que absorben las moléculas. Para realizar la espectrofotometría de un fotoprotector se requiere de un espectrofotómetro en el cual podamos seleccionar la longitud de onda que pasa por una solución midiendo la cantidad de luz absorbida (Mayra, 2019).

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Evaluación de similitudes y diferencias entre un filtro solar común y un filtro solar a base de extractos vegetales.

Todos los filtros solares tienen la misma finalidad que es la protección al máximo frente a las radiaciones ultravioleta. Se evaluaron los filtros solares que comúnmente están disponibles en el mercado y que tuvieran estudios científicos de su eficacia frente a los rayos UV- UVA por ser ampliamente utilizados en fotoprotectores. Una de las diferencias de filtros solares comunes o sintéticos es que actúan mediante absorción, reflexión o dispersión (Castanedo, Torres, Valdéz, & Ehnis, 2013).

Espectros UV comparativos de la crema protectora elaborada con los agentes antioxidantes de la *Ilex guayusa* Loes (Guayusa) con marcas comerciales.

El protector solar más efectivo que resultó del estudio realizado por (Fabara & Melo, 2014) es al 5% de agua destilada usando el extracto etanólico en su elaboración, se lo compara con protectores solares con diferentes FPS (factores de protección solar) que se encuentran dentro del mercado.

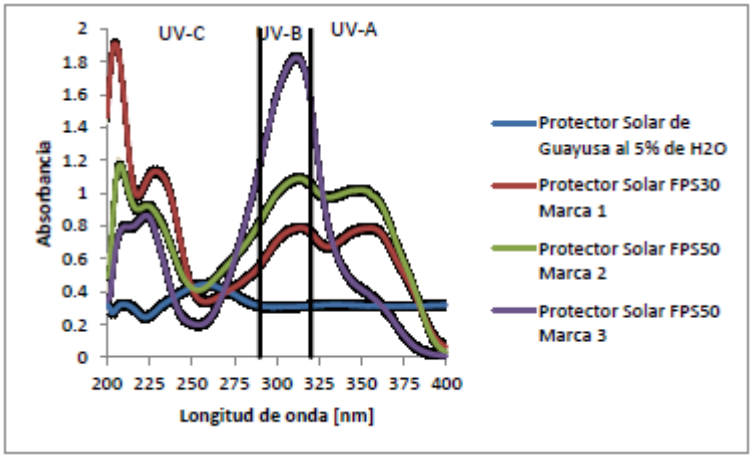


Figura 1. Espectros UV del Protector Solar Elaborado junto con Protectores Solares de Diferentes Marcas Comerciales.

Fuente: (Fabara & Melo, 2014)

Según (Fabara & Melo, 2014), en la figura 1 se indica que las líneas negras y la región sombreada de color gris alrededor de la gráfica representan las barras de error de la misma. En esta figura se puede observar que el protector solar de guayusa tiene menor absorbancia que los demás protectores solares que se encuentran en el mercado dentro la mayoría de las longitudes de onda de la región UV, aunque existen picos como a los 260 nm o en la última porción de UV-A, donde la absorbancia del protector de guayusa supera a las demás marcas comerciales.

Algunos protectores solares comerciales presentan un efecto beneficioso y otros, por el contrario, presentan un efecto adverso como eritemas en la piel envejecimiento prematuro, alergias, hasta irritaciones en las zonas aplicadas (Castanedo et al., 2013).

Los filtros solares a base de extractos vegetales actúan de manera que absorben las radiaciones UV y por medio de una reacción fotoquímica, disminuyen algunos niveles energéticos, no producen alergias o reacciones de hipersensibilidad pudiendo ser utilizados por niños y adultos y aparte producirlos es completamente amigable con el medio ambiente (Castanedo et al., 2013).

Valoración acerca de los extractos vegetales que pueden ser utilizados como fotoprotectores, sobre la base de su composición química.

Según las investigaciones en fuentes bibliográficas se encontró que la actividad fotoprotectora del extracto de *Matricaria chamomilla* Linn. (manzanilla), *Calendula officinalis* Linn. (caléndula), *Ocimum basilicum* Linn. (albahaca) y *Ilex Guayusa Loes* (guayusa), produce un nivel de protección media contra los rayos UV. En su composición existen cinamatos que contribuyen a tener mayor estabilidad ante la radiación UV. La función de los cinamatos es reducir la oxidación de los flavonoides (Mayra, 2019).

Un estudio realizado sobre la detección de la actividad fotoprotectora dio como resultado que la caléndula es usada en la elaboración de fotoprotectores en busca de una manera reducir los daños oxidativos del cuerpo frente a la exposición de la radiación UV, los procedimientos "*in vitro*" han tenido una excelente acogida y presentan una buena analogía referente al método "*in vivo*" porque tiene relación con la absorbancia del fotoprotector (Fisher et al., 2009).

En la tabla 2, se muestra el rendimiento de extracción de los aceites esenciales de la albahaca, caléndula y la manzanilla, así como la evaluación sensorial de los mismos.

Tabla 2. Rendimiento de extracción de aceites esenciales y evaluación sensorial

Planta	**Parte utilizada**	**Rendimiento (mL/100g)**	**Color**	**Olor**	**Apariencia**
Albahaca	Hojas	0,41	Verde claro	Agradable Dulce Propio de la planta	Líquido Oleoso
Caléndula	Flores	0,17	Incoloro	Característico de la planta	Líquido Oleoso
Manzanilla	Flores	0,09	Azul-Amarillo Pálido	Agradable propio de la planta	Líquido Oleoso

Fuente: (Mayra, 2019).

La extracción por hidrodestilación muestra un rendimiento bajo, que oscila entre 0,1 y 3% dependiendo de muchos factores como el tipo de planta, partes que se utilizan, cantidad de la planta, estado fisiológico y elementos del procedimiento. La albahaca presentó un rendimiento mayor de 0,41, seguido del aceite de caléndula con un rendimiento de 0,17 y por último el aceite de manzanilla que presentó el rendimiento más bajo de 0,08 como se puede observar en la tabla 2 (Mayra, 2019).

Se plantea que los aceites recién destilados presentan una tonalidad ligeramente amarilla o incolora, y en su posterioridad pueden oxidarse y tomar una tonalidad como café, amarillo fuerte, verde o marrón en dependencia a sus componentes (Mayra, 2019).

Factor de Protección Solar de Algunos Productos Naturales.

A continuación se muestra el FPS (factor de protección solar) de algunos productos naturales (Fabara & Melo, 2014).

Tabla 3. Factor de Protección Solar de Algunos Productos Naturales.

Producto natural	**FPS (factor de protección solar)**
Aceite de sésamo	8-10
Aceite de germen de trigo	20
Aceite de aguacate	15
Manteca de karité	8-10
Aceite de coco	8-10
Aceite de soja	10
Aceite de macadamia	6
Aceite de jojoba	4

Fuente: (Fabara & Melo, 2014)

Como se muestra en la tabla 3, muchos de los productos naturales poseen un FPS (factor de protección solar) relativamente bajo, encontrándose la mayoría en un promedio de factor de protección solar de diez, por otro lado, también existen productos naturales con niveles muchos más bajos de factor de protección solar como los aceites de espino amarillo, aceite oliva y semillas de cáñamo (Fabara & Melo, 2014).

Aunque los análisis realizados muestran que posiblemente el protector solar de guayusa posee un factor de protección solar menor a 30, en comparación a otras marcas ya establecidas en el mercado, se debería realizar pruebas clínicas con personas para determinar el factor de protección solar exacto del mismo (Fabara & Melo, 2014).

Propuesta de evaluación del efecto fotoprotector de los filtros solares a base de extractos vegetales.

La propuesta de evaluación del efecto fotoprotector de los filtros solares a base de extractos vegetales de este estudio bibliográfico es la evaluación mediante espectrofotometría.

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

En la tabla 4. Se muestran los resultados del FPS de los aceites esenciales en varias muestras combinadas.

Tabla 4. Determinación del FPS de los aceites puros, mezclas binarias y mezcla ternaria.

ACEITES PUROS	**FPS (factor de protección solar)**	**Niveles**
Albahaca	3,1	Bajo
Manzanilla	2,55	Bajo
Caléndula	5,0	Bajo
MEZCLAS BINARIAS		
Albahaca + Manzanilla	4,02	Bajo
Manzanilla + Caléndula	4,4	Bajo
Albahaca + Caléndula	5,7	Bajo
MEZCLA TERNARIA		
Albahaca + Manzanilla + Caléndula	7,3	Medio

Fuente: (Mayra, 2019).

El FPS medido por espectrofotometría permite evaluar el filtro solar por medio de un número que es producto del estudio. Los resultados dados de este estudio en cuanto a los aceites puros y las mezclas binarias son clasificados como un producto que posee una baja protección frente a los rayos UV, por el contrario, los aceites y todas sus mezclas tienen una absorción limitada en la región UVB por lo cual no es considerado de amplio espectro (Mayra, 2019).

Un estudio realizado sobre el efecto fotoprotector del taxo y la albahaca en fototipos III presentó un factor de protección solar nivel 3, demostrando que existe actividad fotoprotectora muy baja, es decir, que tiene una protección limitada (Suarez, 2014).

En cuanto a la evaluación del extracto de albahaca sobre la actividad fotoprotectora que esta presenta frente a la radiación UV, se encontró que tiene un factor de protección solar nivel 5 lo cual quiere decir que tiene una protección media, con un tiempo de protección mayor a la exposición solar. Para la mezcla de todos los aceites esenciales se demostró que se obtenía el mayor efecto fotoprotector puesto que su actividad fotoprotectora fue de 7 (Suarez, 2014).

Se demostró mediante la evaluación "*in vitro*" que para otros extractos vegetales como el extracto de aliso *(Alnus acuminata)* el factor de protección solar fue de 13,27 ± 1,74 en UVB,

en comparación con el control positivo (PABA) el cual tiene un factor de protección solar de 12,37 ±1. En la determinación del factor solar mediante pruebas *in vitro* intervienen varios factores como el diluyente empleado, que tan soluble sea la muestra y la concentración de esta (Suarez, 2014).

CONCLUSIONES

- La mayoría de los productos naturales poseen factores de protección solar relativamente bajos. Aunque cualitativamente se podría decir que el factor de protección solar de los diferentes extractos vegetales cae por debajo de FPS (factor de protección solar) 30, esto solamente se podría corroborar al realizar pruebas clínicas, preferiblemente realizadas por un dermatólogo, pues es muy diferente realizar pruebas en un laboratorio que con personas; pero lo que sí es seguro, es que los polifenoles, presentes en los distintos tipos de extractos vegetales, han demostrado tener efectos protectores de la radiación UV.
- Las industrias están buscando nuevas alternativas para suplantar productos químicos que ocasionen daños o enfermedades a la piel, por lo que están optando por la utilización de extractos vegetales que no causen ningún tipo de reacción alérgica y que sean amigables con el ambiente
- Los extractos vegetales de *Matricaria chamomilla* Linn. (manzanilla), *Calendula officinalis* Linn. (caléndula), *Ocimum basilicum* Linn. (albahaca) y *Ilex Guayusa Loes* (guayusa) tienen un gran potencial para usarse como fotoprotectores debido a las propiedades de absorción y estabilizantes de las radiaciones UV que estas plantas poseen; los extractos vegetales con alto contenido de ceras lo que ayuda a la reflexión de la luz solar y son hipoalergénicos (no causan alteraciones en la piel).
- El efecto fotoprotector de los filtros solares a base de extractos vegetales puede ser evaluado de manera eficiente mediante la técnica de análisis espectrofotométrico.

RECOMENDACIÓN

- Relizar pruebas y estudios en extractos vegetales, de acuerdo a las normas establecidas, para establecer de forma práctica su utilización como agentes fotoprotectores.

REFERENCIAS

Boehm, F., Clarke, K., Edge, R., Fernandez, E., Navaratnam, S., Quilhot, W., . . . Truscott, T. G. (2009). Lichens-photophysical Studies of Potential New Sunscreens. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 95*(1), 40-45. doi:10.1016 / j.jphotobiol.2008.12.008

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.

Castanedo, C., J., Torres, Á., B., Valdéz, G., G., & Ehnis, P., A. (2013). Evaluación in vitro de la protección uva de los bloqueadores solares para prescripción en México. *Gaceta Medica de Mexico, 149*(8), 292-298.

Castro, A., Carhuapoma, M., Ramos, N., Juarez, J., Felix, L., Jauregui, J., . . . Machaca, M. (2015). EFECTO FOTOPROTECTOR DE Macrocystis pyrifera FRENTE A BLOQUEADORES SOLARES EN LA PREVENCIÓN DE LESIONES DE PIEL. *Ciencia E Investigación, 18*(2), 95-98.

Cefali, L. C., Ataide, J. A., Moriel, P., Foglio, M. A., & Mazzola, P. G. (2016). Plant-based active photoprotectants for sunscreens. *38*(4), 346-353. doi:10.1111/ics.12316

Choquenet, B., Couteau, C., Paparis, E., & Coiffard, L. J. M. (2008). Quercetin and Rutin as Potential Sunscreen Agents: Determination of Efficacy by an in Vitro Method. *Journal of Natural Products, 71*. doi:10.1021/np7007297

Costa, S., Detoni, C. B., Branco, C. R. C., Botura, M. B., & Branco, A. (2015). In vitro photoprotective effects of Marcetia taxifolia ethanolic extract and its potential for sunscreen formulations. *Revista Brasileira de farmacognosia, 25*(4), 43-418. doi:10.1016/j.bjp.2015.07.013

Fabara, C., & Melo, V. (2014). *Composición y análisis químico de la especie Ilex guayusa Loes.* UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO, Retrieved from http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/3269

Fisher, C., Quan, T., J.T., P., Shao, Y., Cho, M. K., He, T., & Voorhees, J. J. (2009). Collagen fragmentation promotes oxidative stress and elevates matrix metalloproteinase-1 in

fibroblasts in aged human skin. Am. *Journal Pathol, 23*(101-114). doi:org/10.2353/ajpath.2009.080599

Harrison, G. L., & Young, A. R. (2002). Ultraviolet Radiation-Induced Erythema in Human Skin. *Methods (San Diego, Calif.), 28*(1), 14–19. doi:10.1016/s1046-2023(02)00205-0

Korac, R. R., & Khambholja, K. M. (2011). Potential of herbs in skin protection from ultraviolet radiation. Pharmacognosy Reviews. *5*(10), 164–173. doi:org/10.4103/0973-7847.91114

Lastra Valdés, H., & Piquet García, R. (1999). Calendula officinalis. *Revista Cubana de Farmacia, 33*(3), 188-194.

López-Camarillo, C., Areachaga-Ocampo, E., Lopez-Casamichana, M., Pérez-Plasencia, C., Alvarez-Sánchez, E., & Marchat, L. (2012). Protein Kinases and Transcription Factors Activation in Response to UV-Radiation of Skin: Implications for Carcinogenesis *Revista internacional de ciencias moleculares.*

Losantos, R., Funes-Arnoiz, A., Aguilera, J., Herrera-Ceballos, E., Iriepa, C., Campos, P. J., & Sanpedro, D. (2017). Rational Design and Synthesis of Efficient Sunscreens To Boost the Solar Protection Factor. *Angewandte Chemie International Edition, 56*(10), 2632–2635. doi:org/10.1002/ange.201611627

Matsui, M. S., Hsia, A., Miller, J. D., Hanneman, K., Scull, H., Cooper, K. D., & Baron, E. (2009). Non-sunscreen Photoprotection: Antioxidants Add Value to a Sunscreen. *The journal of investigative dermatology. Symposium proceedings, 14*(1), 56-59. doi:10.1038 / jidsymp.2009.14

Matsumura, Y., & Ananthaswamy, H. N. (2004). Toxic Effects of Ultraviolet Radiation on the Skin. *Toxicology and Applied Pharmacology, 195*(3), 298-308. doi:10.1016/j.taap.2003.08.019

Mayra, T. (2019). *Evaluación del potencial de los aceites esenciales de Albahaca (Ocimum basilicum), Caléndula (Calendula officinalis) y Manzanilla (Matricaria chamomilla) y sus mezclas como fotoprotectores.* UNIVERSIDAD DE CUENCA, Retrieved from http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32084/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf

Narayanan, D. l., Saladi, R. N., & Fox, J. L. (2010). Ultraviolet radiation and skin cancer. Int. *Journal Dermatol, 49*(978-986). doi:org/10.1111/j.1365-4632.2010.04474.x

Pfeifer, G. P., & Besaratinia, A. (2012). Daño del ADN dependiente de la longitud de onda UV y cáncer de piel humano no melanoma y melanoma. *Ciencias fotoquímicas y fotobiológicas: Revista oficial de la Asociación Europea de Fotoquímica y la Sociedad Europea de Fotobiología, 11*(1), 90-97. doi:10.1039 / c1pp05144j

Radice, M., & Vidari, G. (2007). Caracterización fitoquímica de la especie Ilex guayusa Loes. y elaboración de un prototipo de fitofármaco de interés comercial. *Life Sciences Journal, 6*(2). doi:10.17163/lgr.n6.2007.01

Raza, M., Ping, C., & Merlino, G. (2008). From UVs to Metastases: Modeling Melanoma Initiation and Progression in the Mouse. *Journal of Investigative Dermatology, 128*(10), 2381-2391. doi:10.1038/jid.2008.177

Saewan, N., & Jimtaisong, A. (2015). Natural products as photoprotection. *Journal of Cosmetic Dermatology, 14*(1), 47-63. doi:10.1111/jocd.12123

Sánchez, F. (2006). Consideraciones sobre la capa de ozono y su relación con el cáncer de piel. *Rev. Med. Chile, 134*, 1185-1190. doi:org/10.4067/s0034-98872006000900015

Shau, M. S., Manigauha, A., & Sahu, R. K. (2019). Preparation and Assessment of Sunscreen Cream Containing Extract Acquired from Plant Origin. *J Pharm Sci Emerg Drugs, 7*(1). doi:10.4172 / 2380-9477.1000132

Srinivasan, P., Inala, M. S., Nandini, H. S., & Kutty, A. V. M. (2018). A pilot study on sun protection factor of plant extracts: An observational study. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, 11*(4). doi:10.22159/ajpcr.2018.v11i4.23671

Suarez, Y. (2014). *ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD FOTOPROTECTORA IN VITRO DE EXTRACTOS DE ALISO (Alnus acuminata) CON DISTINTA POLARIDAD.* ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Retrieved from http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/3738

Vara-Delgado, A., Sosa-González, R., Alayón-Recio, C. S., Ayala-Sotolongo, N., Moreno-Capote, G., & Alayón-Recio, V. d. C. (2019). Uso de la manzanilla en el tratamiento de las enfermedades periodontales. *Revista Archivo Médico de Camagüey, 23*(3), 403-414.

Wang, S., Stanfield, J. W., & Osterwalder, U. (2008). In vitro assessments of UVA protection by popular sunscreens available in the United States. *Journal of the American Academy of Dermatology, 59*(6), 934-942. doi:org/10.1016/j.jaad.2008.07.043